



Revista Mexicana de Agroecosistemas

Vol. II (Suplemento I), 2024, 19 - 21 de noviembre, ISSN: 2007-9559

VII Congreso Nacional de Recursos Naturales, Sistemas de Producción e Innovación Tecnológica

I Congreso Internacional de Biodiversidad, Innovación y Sustentabilidad

Revista Mexicana de Agroecosistemas

Oaxaca, Volumen XI (Suplemento I), 2024

Memoria de resúmenes



**VII CONGRESO NACIONAL DE RECURSOS NATURALES,
SISTEMAS DE PRODUCCIÓN E INNOVACIÓN
TECNOLÓGICA**

**I CONGRESO INTERNACIONAL DE BIODIVERSIDAD,
INNOVACIÓN Y SUSTENTABILIDAD**

Foto: mural ITVO



REVISTA MEXICANA DE AGROECOSISTEMAS, Vol. XI (Suplemento I), 2024 es un órgano de difusión científica que se publica semestralmente desde 2014 por el Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca; publica resultados de investigaciones científicas originales e inéditas, con enfoque hacia la productividad agrícola, pecuaria, forestal, servicios ecosistémicos y de aprovechamiento y conservación de recursos naturales; también del área social ligada a ese enfoque. La revista está incluida en el listado del *Open Journal System (OJS)*, que incluye *DOI* por artículo y en el Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal (*latindex*).

Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2023-041117195200-102 e ISSN 2007-9559, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor.

Responsable de la última actualización de este suplemento en la División de Estudios de Posgrado e Investigación: Dr. Gerardo Rodríguez-Ortiz y MC. Arely Concepción Ramírez Aragón, Domicilio conocido, Ex hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca, México, C.P. 71233, Tel y Fax. 01 (951) 5170444 y 5170788, <https://revistaremaeitvo.mx/index.php/remae/index>, rmac@voaxaca.tecnm.mx, rmac.itvo@gmail.com. Fecha de última modificación, 20 de diciembre de 2024.

Para su publicación, los artículos son sometidos a arbitraje, su contenido es de la exclusiva responsabilidad de los autores y no representa necesariamente el punto de vista de la Institución; las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación. Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación, sin previa autorización del Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca (ITVO).

Este suplemento I, está dedicado al VII Congreso Nacional de Recursos Naturales, Sistemas de Producción e Innovación Tecnológica y I Congreso Internacional de Biodiversidad, Innovación y Sustentabilidad, desarrollados del 19-21 de noviembre de 2024 en el Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca y coordinado por los cuerpos académicos del ITVO. Esta memoria queda registrada con: <https://doi.org/10.60158/rma.vIIiSuplementoI.448>





Comité de arbitrajes

Dr. Aarón Martínez Gutiérrez, Dr. Ernesto Castañeda Hidalgo, Dr. Gerardo Rodríguez-Ortiz, Dr. Gustavo O. Díaz Zorrilla, Dr. Javier López Baltazar, Dr. José C. Carrillo Rodríguez, Dr. José R. Enríquez del Valle, Dr. Marcos E. Rodríguez Vásquez, Dr. Rodolfo E. Ibarra Orozco, Dr. Salvador Lozano Trejo, Dr. Vicente A. Velasco Velasco, Dr. Yuri Villegas Aparicio, Dra. Gisela M. Santiago Martínez, Dra. Gisela V. Campos Ángeles, M.C.. María I. Pérez León, Dra. Martha P. Jerez Salas, M.C. Judith Ruiz Luna, M.C. Ashmir Ambrosio Lazo, M.C. Edwin Y. Chávez Pascual, M.C. Juan Á. García Aguilar, M.C. Karen del C. Guzmán Sebastián, M.C. Yazmin Pérez Alavez, M.C. Ernesto Hernández Santiago, M.C. María M. Cervantes Machuca, Ing. Isabel E. Bernardino Pérez, Dr. Rodolfo B. de los Santos Romero, Dra. Rosa M. Gómez Ugalde, Dra. Nathali Martínez Salazar, Dra. Johana Vásquez Procopio, Dra. Lina Pliego Marín, Dr. Juan C. Sosa Martínez, Dr. José C. Leyva López, M.C. Marco A. Vásquez Dávila, M.C. Judith Martínez de la Cruz, M.C. Delia A. Cuevas Aguirre, M.C. Alfonso A. Bautista Avendaño, M.C. Oscar Clemente Herrera, M.C. Edilberto Aragón Robles, M.E. Jacobo Montes Yedra, M.C. Josefa I. Pérez Luis, M.C. Domitila Jarquín Rosales, M.C. Gladys I. Manzanero Medina, Ing. Minerva M. Matías, Ing. Hugo H. León Avendaño, Ing. José A. Velasco Clavel.

Coordinación editorial

Dr. Gerardo Rodríguez Ortiz

M.C. Judith Ruiz Luna

Cuerpos Académicos

Diseño de portada y administración de página Web

MC. Arely Concepción Ramírez Aragón/MC. Alfonso Aurelio Bautista Avendaño



CUERPOS ACADÉMICOS

CONOCIMIENTO, APROVECHAMIENTO Y CONSERVACIÓN DE LOS SISTEMAS BIOLÓGICOS Y SU ENTORNO

Rodolfo Benigno de los Santos Romero (Líder)

Rosa María Gómez Ugalde, María Isabel Pérez León, Judith Ruiz Luna

INVESTIGACIÓN APLICADA A LOS RECURSOS AGRÍCOLAS, PECUARIOS Y FORESTALES

Vicente Arturo Velasco Velasco (Líder)

José Raymundo Enríquez del Valle, Yuri Villegas Aparicio, Aarón Martínez Gutiérrez, Gerardo Rodríguez Ortiz, Ernesto Hernández Santiago

DESARROLLO RURAL Y MANEJO SUSTENTABLE DE AGROECOSISTEMAS (DRUMASAE)

Salvador Lozano Trejo (Líder)

Ernesto Castañeda Hidalgo, Gustavo Omar Díaz Zorrilla, Gisela Margarita Santiago Martínez, Gisela Virginia Campos Ángeles, Martha Patricia Jerez Salas, José Cruz Carrillo Rodríguez

INNOVACIÓN AGRÍCOLA SUSTENTABLE

Javier López Baltazar (Líder)

Lina Pliego Marín, Fabián Rojas Manuel

BIODIVERSIDAD FORESTAL Y RESILENCIA AMBIENTAL

Marco Antonio Vásquez Dávila (Líder)

José Cristóbal Leyva López, Judith Martínez de la Cruz, Minerva Menes Matías



PRESENTACIÓN

Biodiversidad, innovación y sustentabilidad: Reflexiones desde el ITVO

Los congresos académico-científicos desempeñan un papel fundamental en el fomento del intercambio de conocimientos, ideas y resultados de investigación entre especialistas, estudiantes y profesionales de diversas disciplinas. Estas reuniones permiten la actualización en los avances del campo, difundir investigaciones, recibir retroalimentación valiosa, establecer redes de colaboración y contribuir al desarrollo científico, tecnológico y social.

La publicación de la memoria de un evento académico es crucial para preservar el legado de las ideas y los debates generados. Estas memorias documentan el estado del arte en un momento histórico específico, asegurando que los aportes de los participantes, tanto jóvenes como consolidados, perduren en el tiempo.

Desde su fundación en 1981, el Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca (ITVO, anteriormente Instituto Tecnológico Agropecuario de Oaxaca) ha organizado numerosos eventos académicos destacados. Algunos de ellos son: XVI Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo (1983), XVIII Reunión Nacional de la Asociación Mexicana de Producción Animal (1984), Seminario Latinoamericano de la mujer y los derechos fundamentales de los pueblos indígenas (1993), XXV Congreso Nacional de Entomología (1990), VIII Reunión Nacional de Caprinocultura (1992), XVII Congreso Nacional de Control Biológico (1994), Taller Pueblos Latinoamericanos y Tecnologías Apropriadas (1994), Primer Simposio sobre la actividad forestal y la participación de los grupos ambientales en Oaxaca (1996), Primer Encuentro de Biología en el Instituto Tecnológico Agropecuario de Oaxaca (1996), Primer Congreso Internacional de Grana Cochinilla y colorantes naturales (1998), III Congreso Mexicano de Etnobiología (1998), Primer Foro Nacional Vinculación y Análisis de la Cafeticultura (1999), Foro Internacional Ecología y Sociedad *Coplanet* (2002), Primer Seminario Internacional de Etnomicología (2003), IV Seminario Internacional Efraím Hernández X., *in memoriam*: Estudios sobre biodiversidad tropical (2006) y el XV Congreso Internacional de Ciencias Ambientales (2016).

De 2017 a 2024 se realizaron siete ediciones del Congreso Nacional de Recursos Naturales, Sistemas de Producción e Innovación Tecnológica. Este 2024 marcó un hito con la transición al ámbito internacional, con el Primer Congreso Internacional de Biodiversidad, Innovación y Sustentabilidad (CIBIS). El VII Congreso Nacional y el I Congreso Internacional se llevaron a cabo del 19 al 21 de noviembre en el ITVO, con la colaboración de diversas instituciones académicas, gubernamentales y sociales, como el CIIDIR Unidad Oaxaca del Instituto Politécnico Nacional, la Secretaría de Medio Ambiente, Biodiversidad, Energías y Sostenibilidad del Gobierno del Estado de Oaxaca, la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, el Capítulo México de la Red Global de Jóvenes por la Biodiversidad y el Consejo Ciudadano para la Biodiversidad de Oaxaca.

La Revista Mexicana de Agroecosistemas (RMAE), fundada en 2014, celebra su décimo aniversario con este número especial, que incluye 177 resúmenes cortos y 34 resúmenes en extenso de las ponencias



presentadas en el Congreso. Los temas se organizaron en seis ejes: 1) Gestión de la biodiversidad; 2) Gestión ambiental; 3) Resiliencia biocultural y estrategias ante el cambio climático; 4) Conocimiento y aprovechamiento de sistemas biológicos, 5) Desarrollo rural y manejo de agroecosistemas y 6) Innovación para la sustentabilidad. Además, se desarrolló el simposio “Innovación y sustentabilidad: Estrategias de Ingeniería Química para el desarrollo comunitario de Oaxaca”.

La Revista Mexicana de Agroecosistemas (RMAE) fue fundada en el 2014 y poco a poco se ha convertido en un referente en el sistema nacional de los tecnológicos, de la investigación nacional e internacional. Con este número especial celebramos el X Aniversario de la revista. Los organizadores del Congreso y los editores de la RMAE rinden homenaje póstumo a la Dra. Margarita Herrera Gamboa, docente de la Ingeniería en Agronomía del ITVO, quien participó como ponente y falleció poco después de la realización del evento.

Marco Antonio Vásquez-Dávila, Judith Ruiz-Luna, Gerardo Rodríguez-Ortiz



Política de revisión de manuscritos

Todos los manuscritos se reciben en español e inglés y se someten mediante la plataforma *OJS* de la revista (<https://revistaremacitvo.mx/index.php/remae/index>) con **carta de originalidad** firmada por el autor de correspondencia. Deben ser originales e inéditos, de alta calidad, acordes con las normas editoriales de RMAE y que no se hayan publicado o se vayan a publicar en otra revista.

Las contribuciones pasan a revisión del editor y estilo para el cumplimiento de las normas editoriales; se verifica nivel de plagio mediante Turnitin®, el cual no debe ser mayor a 20 % de coincidencias.

Todas las contribuciones se envían a arbitraje de “pares ciegos” de al menos dos especialistas del área de reconocido prestigio académico y de instituciones diferentes a la de los autores. Los árbitros revisan el documento en formato Word y hacen llenado del “formato de evaluación” (formato pdf), los cuales remiten al Comité Editorial. Cuando el manuscrito es aprobado por los árbitros y editor de RMAE, se envían al autor de correspondencia archivos Word revisados y formatos de evaluación, para que los autores realicen las correcciones pertinentes. El documento corregido por autores se remite al Comité Editorial, el cual extiende “carta de aceptación del manuscrito”.

Previo a la publicación, la RMAE envía al autor de correspondencia y en formato pdf, la “prueba de galeras” y la “carta cesión de derechos”, que debe ser revisada por si existen cambios menores.

ATENTAMENTE

Comité editorial



Contenido

RESÚMENES CORTOS.....	30
EJE TEMÁTICO I. GESTIÓN DE LA BIODIVERSIDAD (GB).....	30
DISTRIBUCIÓN Y CARACTERÍSTICAS EXTERNAS DE NIDOS DE ABEJAS NATIVAS SIN AGUIJÓN EN EL TRÓPICO SUBHÚMEDO.....	31
Paulina Cesta-Bautista ¹ , Socorro Morales-Flores ² , Elizabeth León-García ² , Denis Ismael Magaña-Ortiz ³ , Eugenio Rangel-León ¹ , Arturo Ángel-Hernández ^{2§}	31
CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DE PLANTAS INJERTADAS DE TOMATE (<i>Solanum lycopersicum</i>) EN RESPUESTA AL SUSTRATO	32
Pedro Santiago López-Márquez ¹ , Lina Pliego-Marín ¹ , Manuel Fabián-Rojas ¹ , Reina María de los Ángeles Gámez-Hernández ¹ , Claudia López-Sánchez ² , López-Baltazar Javier ^{1§}	32
ESTABLECIMIENTO Y SOBREVIVENCIA DE <i>Brosimum alicastrum</i> Swartz EN LA SERRANÍA DE HUIMANGUILLO, TABASCO.....	33
Agrícola Arrieta-Rivera ^{1§} , Sergio De la Cruz-Hernández ¹ , Lorenzo A. Aceves-Navarro ² , Juan De la Cruz-May ¹ , Rodimiro, Ramos-Reyes ³	33
ANÁLISIS ESPACIO TEMPORAL DE LA PRODUCCIÓN CIENTÍFICA SOBRE AGROBIODIVERSIDAD DE CULTIVOS AGRÍCOLAS	34
Víctor Manuel Toribio-Solis ¹ , Mario Rocandio-Rodríguez ^{1§} , Alberto Santillán-Fernández ² , Yolanda del Rocío Moreno-Ramírez ¹ , Julio Cesar Chacón-Hernández ¹	34
VIABILIDAD, IMBIBICIÓN Y GERMINACIÓN EN SEMILLAS DE “CHILE DE AGUA” (<i>Capsicum annuum</i> L.).....	35
Karen del Carmen Guzmán-Sebastián [§] , Vicente Arturo Velasco-Velasco, Rodolfo Benigno de los Santos-Romero, José Raymundo Enríquez-del Valle, Neftalí Sánchez-Celaya, Judith Ruíz-Luna	35
CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y CONTENIDO FENÓLICO DE VARIEDADES DE MAÍCES NATIVOS DEL ESTADO DE OAXACA.....	36
Itandehui Arriaga-González ^{1§} , Lilia L. Méndez-Lagunas ^{1,2} , Laura V. Aquino-González ¹	36
PROPAGACIÓN DE AGAVES CON ENFOQUE SUSTENTABLE	37
Álvaro Zuriel Bailón-Ortiz, Gabino Alberto Martínez-Gutiérrez [§] , Isidro Morales-García, Cirenio Escamirosa-Tinoco.....	37
USO DE BIOESTIMULANTES EN PLANTAS DE CRESTA DE GALLO (<i>Celosia cristata</i>) EN CONDICIONES DE CAMPO	38
José Perea-Bojórquez ¹ , Delfina Salinas-Vargas ¹ , Ramiro Maldonado-Peralta ^{1§} , Andrés León-Villanueva ¹ , María Ángeles Maldonado-Peralta ²	38
PRINCIPALES ESPECIES DE PINO BAJO APROVECHAMIENTO DE RESINA EN MÉXICO.....	39



María Mercedes Cervantes-Machuca ^{1§} , Salvador Lozano-Trejo ² , Gerardo Rodríguez-Ortiz ² , José Raymundo Enríquez-del Valle ² , Daniel Martínez-Santiago ³ , Marcos Emilio Rodríguez-Vásquez ²	39
PERFIL DE COMPUESTOS FENÓLICOS LIBRES Y LIGADOS DEL NEJAYOTE DE CINCO VARIEDADES DE MAÍCES (<i>Zea mays</i> L.)	40
Itandehui Arriaga-González ^{1§} , Lilia L. Méndez-Lagunas ^{1,2} , Laura V. Aquino-González ¹	40
ATRIBUTOS AGROPRODUCTIVOS DE POBLACIONES DE JITOMATE NATIVO DE OAXACA CULTIVADAS EN INVERNADERO	41
Viviana Areli Hernández-Ríos ^{1§} , José Cruz Carrillo-Rodríguez ² , José Luis Chávez-Servia ³ , Marco Antonio Vásquez-Dávila ² , Salvador Lozano-Trejo ² , Gisela Virginia Campos-Angeles ²	41
DIVERSIDAD FLORÍSTICA DE LA ZONA “EL TINTILLO” EN LA RIBERA DEL RÍO GRIJALVA, TABASCO, MÉXICO	42
Alma Deysi Anacleto-Rosas [§] , Adriana de la Cruz-Urbe, Nelly del Carmen Jiménez-Pérez, Guadalupe Bonfil-Magaña, Mórtila Cruz-Ascencio	42
CRECIMIENTO INICIAL DE <i>Pinus patula</i> var. <i>longipedunculata</i> Y <i>Pinus pseudostrobus</i> var. <i>apulcensis</i> EN VIVERO.....	43
María Mercedes Cervantes-Machuca ^{1§} , Gerardo Rodríguez-Ortiz ¹ , Salvador Lozano-Trejo ¹ , Marcos Emilio Rodríguez-Vásquez ¹ , Daniel Martínez-Santiago ² , Ernesto Hernández-Santiago ¹	43
COMPUESTOS FITOQUÍMICOS Y PROPIEDADES FARMACOLÓGICAS DEL “CHILE” (<i>Capsicum annuum</i> L.).....	44
Karen del Carmen Guzmán-Sebastián ^{1§} , Vicente Arturo Velasco-Velasco ¹ , Neftalí Sánchez-Celaya ¹ , Judith Ruíz-Luna ¹ , Luis Cerero-Cruz ²	44
PROPAGACIÓN CLONAL <i>in vitro</i> DE <i>Catsetum integerrimum</i> HOOKER. A PARTIR DE PSEUDOBULBOS.....	45
Diego Olvera-Casanova ¹ , Ángeles Sánchez-Contreras ¹ , Joaquín Qui-Zapata ² , Gilbert Herrera-Cool ³ , José Vidal Cob-Uicab ³ , Guadalupe López-Puc ^{1§}	45
CARACTERIZACIÓN BOTÁNICA DE CINCO VARIEDADES DE ALFALFA EN EL INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL VALLE DE OAXACA.....	46
Ernesto Hernández-Santiago [§] , Vicente Arturo Velasco-Velasco, Carolina Martínez-García, Pedro González-Sibaja, Kevin William Mateos-Escudero, Dagoberto Reyes-Aguilar	46
POTENCIAL AGRONÓMICO DE UN TOMATE NATIVO DE OAXACA (<i>Solanum lycopersicum</i>) COMO PORTAINJERTO	47
Marco Antonio Martínez-Gallardo ¹ , Lina Pliego-Marín ² , Jenaro Martínez-Gallardo ² , Manuel Fabián-Rojas ² , Ángel Maya-Hernández ² , Javier López-Baltazar ^{2§}	47
EFFECTO DE LA TEMPERATURA EN EL DESARROLLO LARVAL DEL AJOLOTE <i>Ambystoma velasci</i> EN CONDICIONES DE LABORATORIO.....	48
Herlindo Ramírez-López [§] , Anayeli Ramírez-Ruperto, Lenin Eleazar Fabian-Canseco, Manuel Castro-Varela	48



CONSERVACIÓN DE ORQUÍDEAS SILVESTRES EN ZONAS DE APROVECHAMIENTO FORESTAL EN LA UZACHI.....	49
Flor López-Olivera ¹ , Ernesto Castañeda-Hidalgo ^{2§} , Laura Jiménez-Bautista ³ , Rosario Aquino-López ¹ , Gisela Margarita Santiago-Martínez ² , Eliza Magdalena Martínez-Antonio ²	49
CONSERVACIÓN E INCREMENTO DE LA VARIABILIDAD GENÉTICA DE <i>Bixa orellana</i> L. EN SAN JUAN COMALTEPEC, OAXACA	50
Lucero del Mar Ruiz-Posadas [§] , Luz Adela Guerrero-Lagunes, Cynthia Castillo-Mendoza, Mitzy Irais Rodríguez-Juárez	50
IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES DE GALLINA CIEGA (<i>Phyllophaga</i> spp., Melolonthidae) EN AGROECOSISTEMAS DE LOS VALLES CENTRALES DE OAXACA, MÉXICO	51
Pablo Salinas-Ventura ^{1§} , José Cruz Carrillo-Rodríguez ¹ , Catarino Perales-Segovia ² , Marco Antonio Vázquez-Dávila ¹ , José Luis Chávez-Servia ³ , Héctor Guzmán Vázquez ³ , Laura Martínez Martínez ³ , Salvador Lozano Trejo ¹	51
ANÁLISIS ESPACIAL DEL CAMBIO DE USO DE SUELO POR MONOCULTIVOS DE AGAVE EN OAXACA, MÉXICO	52
Rigoberto González-Cubas	52
ACUMULACIÓN DE LA BIOMASA AÉREA EN UN BOSQUE DE PINO EN LA REGIÓN MIXTECA OAXAQUEÑA.....	53
Sidronia Hernández-De Jesús ¹ , Rigoberto González-Cubas ^{1§} , Rufino Sandoval-García ² , Prudencia Caballero-Cruz ¹	53
ACUAPONIA DE TRASPATIO PARA LA SOBERANÍA ALIMENTARIA	54
Eliza Magdalena Martínez-Antonio ^{1§} , Carlos Humberto Viveros-Parra ² , Emilio Martínez-Ramírez ² , Ernesto Castañeda-Hidalgo ¹ , Gisela Margarita Santiago-Martínez ¹	54
DISTRIBUCIÓN DEL LANGOSTINO ZURDO (<i>Macrobrachium occidentale</i>) EN OAXACA	55
Tonatiuh Aguirre-Villarreal [§] , Rodolfo B. de los Santos-Romero, Judith Ruiz-Luna	55
RELACIÓN VEGETACIÓN, GEOMORFOLOGÍA Y SUELO EN SISTEMAS LAGUNARES DE CHASCHOC, EMILIANO ZAPATA Y LEONA VICARIO, BALANCÁN, TABASCO	56
Fredi López-Pérez ¹ , Ofelia Castillo-Acosta ^{1§} , Joel Zavala-Cruz ² , Diana López-Pérez ¹	56
PECES DULCEACUÍCOLAS DE LA SUBCUENCA RÍO JALTEPEC	57
Rosa María Martínez Gómez ^{1§} , Emilio Martínez Ramírez ² , Eufemia Cruz Arenas ² , Gabriel Isaías Cruz Ruiz ² , Rosa María Gómez Ugalde ³	57
ESTRUCTURA DE LA VEGETACIÓN SECUNDARIA DE UN BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA EN HUIMANGUILLO, TABASCO.....	58
Deysi López Lopez ¹ , Ofelia Castillo-Acosta ^{1§} , Joel Zavala-Cruz ² , Diana López-Pérez ¹ , José Luis Martínez-Sánchez ¹	58



CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA Y BIOQUÍMICA DE BACTERIAS ÁCIDO LÁCTICAS AISLADAS DEL MAGUEY	59
José Manuel Bohórquez-Cruz ¹ , Ulises Jesús Roldán-Trejo ^{1§} , Víctor Adrián Espinoza-Martínez ² , Lydia Mota de la Garza ³ , Nisarindani Castillejos-Rios ¹ , Luis Enrique Vásquez-Ramírez ¹	59
AQUA-CULTURA SOSTENIBLE	60
Eliza Magdalena Martínez-Antonio ^{1§} , Carlos Humberto Viveros-Parra ² , Ernesto Castañeda-Hidalgo ¹ , José Cruz Carrillo-Rodríguez ¹ , Salvador Lozano-Trejo ¹ , Gisela Virginia Campos-Angeles ¹	60
PROPAGACIÓN <i>ex situ</i> DE <i>Laelia furfuracea</i> MEDIANTE EL USO DE REGULADORES DE CRECIMIENTO	61
María Hipólita Santos Escamilla ^{1§} , Gisela Virginia Campos Angeles ² , José Cruz Carrillo Rodríguez ² , Nancy Gabriela Molina Luna ²	61
EJE TEMÁTICO 2. GESTIÓN AMBIENTAL (GA)	62
EFFECTO DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA SOBRE EL CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DE LECHUGA TIPO MANTEQUILLA (<i>Lactuca sativa</i> L.)	63
Marco Antonio Martínez-Gallardo ^{1§} , Lina Pliego-Marín ² , Ángel Maya-Hernández ² , Jenaro Martínez-Gallardo ² , Manuel Fabián-Rojas ² , Javier López-Baltazar ²	63
CINÉTICA DE IMBIBICIÓN EN SEMILLAS DE <i>Pinus greggii</i> DE DIFERENTES PROCEDENCIAS	64
Raúl Aarón Ramírez-García ¹ , Gisela Virginia Campos-Ángeles ^{2§} , Javier López-Upton ³ , Gerardo Rodríguez-Ortiz ² , José Cruz Carrillo-Rodríguez ² , Hermila Cruz-García ²	64
ESTIMACIÓN DE CARBONO ARBÓREO AÉREO MEDIANTE MUESTREO SIMPLE Y ESTRATIFICADO	65
Yazmin Pérez-Alavez ^{1§} , Gerardo Rodríguez-Ortiz ² , Wenceslao Santiago-García ³ , Iván José Aguilar-Pinacho ¹ , Salvador Lozano-Trejo ² , Marcos Emilio Rodríguez-Vásquez ²	65
DINÁMICA DE PRODUCCIÓN DE <i>Agave</i> EN LA REGIÓN DEL MEZCAL DE OAXACA	66
Rosario Aquino-López ¹ , Ernesto Castañeda-Hidalgo ^{2§} , Gisela Margarita Santiago-Martínez ² , Salvador Lozano-Trejo ² , Martha Patricia Jerez-Salas ²	66
RESILIENCIA DE ESPECIES DE <i>Quercus</i> spp. A INCENDIOS FORESTALES	67
Rosario Aquino-López ¹ , Ernesto Castañeda-Hidalgo ^{2§} , Gisela Margarita Santiago-Martínez ² , Salvador Lozano-Trejo ² , Martha Patricia Jerez-Salas ²	67
ESTIMACIÓN DE LA INFLUENCIA DE LA TOPOGRAFÍA SOBRE LA DISTRIBUCIÓN VEGETAL EN EL ANPSF, AGUASCALIENTES	68
Héctor René Becerril-Cejudo ^{1§} , Víctor Manuel Rodríguez-Moreno ² , Mariana Vázquez-Mora ¹	68
FERTILIDAD DEL SUELO RIBEREÑO EN LA ZONA DEL TINTILLO DEL RÍO GRIJALVA, CENTRO, TABASCO	69
Guadalupe Angulo-De La Cruz [§] , Karla Cristel Cámara-Moguel, Jazmín Gorety Sánchez-Téllez	69



DINÁMICA DE LA TRANSFORMACIÓN DE USO DEL SUELO EN COMALCALCO, TABASCO, MÉXICO	70
Luisa Fernanda Hernández-Gutiérrez ¹ , Adalberto Galindo-Alcántara ² , Silvia del Carmen Ruiz-Acosta ^{3§} , Miguel Ángel Palomeque-De La Cruz ² , Manuel Fidel Domínguez-Azueta ²	70
GRAVEDAD ESPECÍFICA DE LA MADERA DE OYAMEL	71
Isabel Esmeralda Bernardino-Pérez ^{1§} , Gerardo Rodríguez-Ortiz ² , José Raymundo Enríquez-del-Valle ² , Ernesto Hernández-Santiago ² , Gisela Virginia Campos-Ángeles ² , Pablo Espinoza-Zuñiga ³	71
OBTENCIÓN DE COMPOSTA, PARA EL APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS ORGÁNICOS EN EL CAMPUS ACAPULCO DEL TecNM.....	72
Ulises Eduardo Barrera-Cortes, María Guadalupe Bibiano-Quintero, Alejandra Flores-Castro, José Ángel Román-Brito [§]	72
CINÉTICA DE CRECIMIENTO DE LA MICROALGA <i>Pectinodesmus pectinatus</i> EN UN FOTOBIOREACTOR DE TANQUE AGITADO CULTIVADO CON DIÉSEL	73
Delmar Ernesto López-Quiroz ² , Arnulfo Rosales-Quintero ^{1§} , Peggy Elizabeth Álvarez-Gutiérrez ¹ , Juan José Villalobos-Maldonado ¹ , Samuel Enciso-Saenz ¹ , Rosa Isela Ángeles Borraz-De Paz ¹ , Cristian Eduardo Arcos-Roblero ¹ , Carlos Daniel Hidalgo-Gómez ¹	73
IDENTIFICACIÓN DE INSECTICIDAS EN CULTIVOS DE FRUTALES TROPICALES EN EL MUNICIPIO DE COTAXTLA, VERACRUZ.....	74
Irma Rosa Vásquez-Robles ¹ , Isabel Araceli Amaro-Espejo ^{1§} , Juan Valente Megchún-García ¹ , Jeremías Nataren-Velázquez ² , Paula Zúñiga-Ruiz ¹	74
INFLUENCIA DE FACTORES DE SITIO Y MANEJO EN EL CARBONO ACUMULADO EN EL DESFRONDE ESTACIONAL.....	75
Ashmir Ambrosio-Lazo ^{1§} , Gerardo Rodríguez-Ortiz ² , Wenceslao Santiago-García ³ , Iván José Aguilar-Pinacho ¹ , Marcos Emilio Rodríguez-Vásquez ² , Salvador Lozano-Trejo ²	75
EJE TEMÁTICO 3. RESILIENCIA BIOCULTURAL Y ESTRATEGIAS ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO (RBECC).....	76
RENTABILIDAD DE TECHOS VERDES COMO ESTRATEGIA DE AHORRO ENERGÉTICO EN CONDICIONES DE TRÓPICO HÚMEDO	77
Adriana de la Cruz Uribe [§] , José Roberto Hernández Barajas, Miguel Ángel Jesús Castañeda, José Ramón Laines Canepa, Erika Escalante Espinosa	77
ESTIMACIÓN DE LA BIOMASA AÉREA Y CAPTURA DE CARBONO EN UN SISTEMA SILVOPASTORIL: HUEYTAMALCO, PUEBLA.....	78
Scarlette Valencia Lara ¹ , Martha Elena Fuentes López ² , Itzel Galaviz Villa ¹ , Irving Pérez Landa ¹ , Socorro Morales Flores ³ , Arturo Ángel Hernández ^{3§}	78
DIAGNÓSTICO DE SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN ARTESANAL DE MEZCAL	79
Jessica Martinez-Gomez, Rodolfo Amalio Vargas-Méndez [§] , Gloria Lilia Osorio-Gordillo	79



RELACIÓN ENTRE PATRIMONIO BIOCULTURAL Y CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD: UN ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO.....	80
Edwin Yoshimar Chávez-Pascual ^{1§} , Salvador Lozano-Trejo ²	80
LA CONSERVACIÓN SUSTENTABLE DE RECURSOS NATURALES EN LA PEQUEÑA PROPIEDAD: UN CASO EN EL SUR DE VERACRUZ	81
Francisco Javier Vaquera-Aguilar ^{1§} , Baldomero H. Zárate-Nicolás ² , Alberto de los Santos-Pérez ³	81
COMBUSTIBLES DE HUELLA CERO: CONCEPTO, FUENTES Y TECNOLOGÍA PARA UN FUTURO SOSTENIBLE	82
Karina Delgado-Osorio, Rodolfo Amalio Vargas-Méndez [§] , Carlos Manuel Astorga-Zaragoza, Gloria Lilia Osorio-Gordillo.....	82
ANÁLISIS Y PROYECCIÓN DE LAS VARIABLES DE TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN BAJO TRES PERIODOS DE TIEMPO.....	83
Guie' xhuuba Sánchez-López ¹ , Pablo Antúnez ^{2§}	83
RESILIENCIA CULTURAL Y AMBIENTAL: LA EXPERIENCIA DE UNA COOPERATIVA DE ARTESANOS TEXTILES EN OAXACA.....	84
Giselle Carolina Lescas-Montes, Juana Yolanda López-Cruz [§] , Gema Lugo-Espinosa.....	84
DESAFÍOS CLIMÁTICOS PERCIBIDOS Y ALTERNATIVAS AGROECOLÓGICAS EN CAFETALES DE SAN ISIDRO HUAYÁPAM, OAXACA, MÉXICO	85
José Uriel García-Domínguez ^{1§} , Yuri Villegas-Aparicio ² , Aarón Martínez-Gutiérrez ² , Vicente Arturo Velasco- Velasco ² , Gustavo Omar Díaz-Zorrilla ²	85
DISEÑO PARTICIPATIVO DE UNA HERRAMIENTA DE MONITOREO DEL SOCIOECOSISTEMA COSTERO-MARINO EN MAZATLÁN, SINALOA, MÉXICO	86
Abril Montijo-Galindo ^{1§} , Arturo Ruiz-Luna ¹ , Luis Arturo Méndez-Barroso ²	86
CONOCIMIENTO TRADICIONAL Y USO LOCAL DE MAMÍFEROS EN SOCHIAPIAM, OAXACA, MÉXICO	87
Blanca Estela Loaeza-Santiago ^{1§} , Marco Antonio Vásquez-Dávila ¹ , Gladys Isabel Manzanero-Medina ²	87
PALMETUM ALTERNATIVA PARA EL BIENESTAR.....	88
Vanessa G. Parrazal-Perales, Agrícola Arrieta-Rivera, Ana G. Sánchez-Luna, Jotam Salaya-Domínguez, Juan De la Cruz-May.....	88
MEZCAL SUSTENTABLE INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD EN LA PRODUCCIÓN DE MEZCAL	89
Karla Jimena Cruz García [§] , Axel Arturo Sosa Aquino.....	89
COLIFORMES TOTALES Y FUENTES PUNTUALES DE CONTAMINACIÓN EN EL AGROECOSISTEMA CON CAÑA DE AZÚCAR	90
Juan Valente Megchun-García ^{1§} , María del Refugio Castañeda-Chávez ¹ , Alejandra Soto-Estrada ² , Isabel Araceli Amaro-Espejo ¹ , Daniel Arturo Rodríguez-Lagunes ³	90



USO Y MANEJO DE <i>Vanilla</i> (Orchidaceae) EN CUBA: PASADO Y PRESENTE.....	91
Julio I. Martínez-Betancourt ¹ , Marco A. Vázquez-Dávila ^{2§} , Gladys I. Manzanero-Medina ³	91
EXPLORACIÓN ETNOECOLÓGICA DE <i>Tagetes erecta</i> L. (Asteraceae) EN MERCADOS Y PANTEONES DE OAXACA, MÉXICO	92
Gemma Bianey Ponce-López [§] , Marco Antonio Vázquez-Dávila, Martha Patricia Jerez-Salas, José Cruz Carrillo- Rodríguez.....	92
GIGANTES DE LA NATURALEZA: ESPECIES DE GRAN TAMAÑO EN OAXACA, MÉXICO	93
Marco Antonio Vázquez-Dávila ^{1§} , Gladys Isabel Manzanero-Medina ² , Celestino Castro-García ³	93
ETNOENTOMOLOGÍA EN SANTO DOMINGO YANHUITLÁN, OAXACA, MÉXICO.....	94
Guadalupe Betanzos-Cruz ^{1 §} , Marco Antonio Vázquez-Dávila ¹ , Gladys Isabel Manzanero-Medina ²	94
VAINILLA: ACCIONES PARA EL RESCATE E IMPULSO DE UN RECURSO BIOCULTURAL DE MÉXICO	95
Araceli Pérez- Silva ^{1§} , Yunuen E. Torres-Zamudio ² , Guadalupe del C. Rodríguez Jimenes ² , Mónica Rivera Rivera ¹ , Ernestina Paz Gamboa ¹ , Celia Cristóbal Hernández ¹	95
DIFERENCIACIÓN MORFOLÓGICA DE TRES POBLACIONES AFINES A <i>Vanilla odorata</i> PROVENIENTES DE LA CHINANTLA, OAXACA	96
Eduardo Peña-Mojica ¹ , Madeleine Hidalgo-Morales ¹ , Michel Grisoni ³ , Carine Charron ⁴ , Araceli Pérez-Silva ^{2§}	96
EJE TEMÁTICO 4. CONOCIMIENTO Y APROVECHAMIENTO DE SISTEMAS BIOLÓGICOS (CASB)	97
ANÁLISIS DE MICROSATÉLITES DE ADN PARA LA FAMILIA ATYIDAE (CRUSTACEA: DECAPODA).....	98
David Jerónimo-Gómez ^{1§} , Itandehui Gutiérrez-Méndez ² , Rodolfo de los Santos-Romero ¹ , Judith Ruiz-Luna ¹	98
CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE SEMILLAS Y PROPAGACIÓN DE MAGUEYES PULQUEROS EN LA REGIÓN MIXTECA DE OAXACA.....	99
Leydi Morales-Hernández ¹ , Juan Francisco Castellanos-Bolaños ^{2§} , Bertario Sánchez-Rosales ³ , Tomasita Santiago-Jerónimo ¹	99
APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE DEL BAMBÚ MEXICANO (<i>Guadua inermis</i>) BIOCARBÓN ADSORBENTE DE ARSÉNICO	100
Nemi Alcantara-Martínez ¹ , Gabriela Orozco Gutiérrez ^{2§} , Tania Volke-Sepulveda ³ , Celia de la Mora Orozco ⁴	100
EFFECTO DE <i>Trichoderma</i> spp. EN EL CONTROL BIOLÓGICO DE <i>Lasiodiplodia theobromae</i>	101
Marlon Julio Vergara-Monterroza ¹ , Beatriz Gutiérrez-Rivera ^{1§} , Ana Line Vázquez-Larios ¹ , Ángel Cárdenas- Cágal ²	101
DIVERSIDAD MORFOLÓGICA DE GENOTIPOS DE TOMATES SILVESTRES ESTABLECIDOS EN LA REGIÓN DE GUASAVE, SINALOA.....	102
Delfina Salinas-Vargas [§] , Ramiro Maldonado-Peralta, Andrés León-Villanueva	102



BACTERIOCINAS DE <i>Lactiplantibacillus</i> spp., AISLADAS DE LA FERMENTACIÓN DEL MEZCAL..	103
Víctor Adrián Espinoza-Martínez ¹ , Claudia López-Sánchez ² §, Julio César Barrón-Quiroz ² , Felipe de Jesús Palma-Cruz ¹	103
LEVADURAS NO SACCHAROMYCES PRODUCTORAS DE INULINASAS	104
Adriana Palacios-Jauri ¹ , Claudia López-Sánchez ² §, Keila Mirel Vásquez-Agudo ² , Felipe de Jesús Palma-Cruz ¹	104
APROVECHAMIENTO DE PULPA DE CAFÉ PARA ELABORAR HARINA EN SAN JUAN JUQUILA VIJANOS, OAXACA	105
Mayra Atali Terán-Ramírez [§] , Juana Yolanda López-Cruz, Gema Lugo-Espinosa.....	105
COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO Y ATRIBUTOS DE CALIDAD DE POBLACIONES SILVESTRES DE TOMATE MEXICANO <i>Solanum pimpinellifolium</i> CULTIVADAS EN INVERNADERO	106
Andrés León Villanueva [§] , Ramiro Maldonado Peralta, Delfina Salinas Vargas, Juan Antonio Vega Chávez... ..	106
ENTOMOFORISTERÍA EN LOCALIDADES ÉTNICAS DEL SUR DE VERACRUZ.....	107
Leilani Arias Hernandez ¹ §, Arturo Antonio Toledo ¹ , Marco Antonio Vásquez Dávila ²	107
CONDICIÓN NUTRIMENTAL Y CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DE VITROPLANTAS DE <i>Agave angustifolia</i> EN VIVERO.....	108
Maura Elisama Miguel Luna ^{§1} , José Raymundo Enríquez del Valle ² , Isidro Morales García ³ , Gerardo Rodríguez Ortiz ² , Vicente Arturo Velasco Velasco ² , Rodolfo Benigno de los Santos ²	108
VARIACIÓN DE CÉLULAS INMUNOLÓGICAS DE <i>Macrobrachium tenellum</i> DE DIFERENTES HUMEDALES DE LA COSTA DE OAXACA	109
Eduardo Aguilar-Martínez ¹ , Rodolfo Benigno de los Santos-Romero ^{1§} , Marcelo Ulises García-Guerrero ² , María Isabel Pérez-León ¹ , Judith Ruiz-Luna ¹ , Damariz de la Cruz-Cisneros ¹	109
MANEJO DE RESIDUOS Y CONOCIMIENTOS TRADICIONALES EN LA PRODUCCIÓN DE MEZCAL.....	110
Armando Luna-Fuentes ¹ , Cynthia Cruz-Carrasco ^{2§} , Juana Yolanda López Cruz ² , Imbert López Merino ²	110
EVALUACIÓN DE LA INCUBACIÓN NATURAL Y ARTIFICIAL DE LOS HUEVOS DE GUAJOLOTA (<i>Meleagris gallopavo</i> L.)	111
Atziry Julieth Calderon-Morales ^{1§} , Martha Patricia Jerez-Salas ¹ , Salvador Lozano-Trejo ¹ , Marco Antonio Camacho-Escobar ² , América Naomi Hernández-Gutierrez ¹	111
SISTEMA ACUÍCOLA MULTITRÓFICO: UNA ALTERNATIVA EFICIENTE PARA EL CULTIVO DE HORTALIZAS.....	112
Manuel Castro Varela [§] , Manuela Hernández Diaz, Herlindo Ramírez López, Lenin Eleazar Fabián Canseco	112
RENDIMIENTO DE ACEITE ESENCIAL DE HOJAS DE <i>Clinopodium macrostemon</i> (Moc. & Sessé ex Benth.) Kuntze.....	113
Domitila Jarquín-Rosales ^{1§} , Gisela Virginia Campos-Angeles ² , Valentín José Reyes-Hernández ³ , Gerardo Rodríguez-Ortiz ² , Juan José Alpuche-Orsorno ⁴ , Salvador Lozano-Trejo ²	113



PÉRDIDA DE ECOSISTEMAS FORESTALES EN DOS SUBCUENCAS DEL ESTADO DE OAXACA, POR EL INCREMENTO DE PLANTACIONES DE AGAVE.....	114
Rufino Sandoval-García ¹ , Celestino Sandoval García ^{2§} , Carmela Sandoval García ¹ , Pablo Marroquín Morales ³	114
HONGOS SILVESTRES CON IMPORTANCIA ALIMENTICIA Y ECONÓMICA EN EL PUNTO, SANTA CATARINA IXTEPEJL, OAXACA.....	115
Xóchitl Cortes-González [§] , Hugo Humberto León-Avedaño	115
REPRODUCCIÓN VEGETATIVA Y CALIDAD DE PLANTA DE <i>Bursera graveolens</i> (Kunth) Triana & Planch EN OAXACA, MÉXICO	116
Juan Ángel García-Aguilar ^{1§} , José Raymundo Enríquez-del Valle ² , Rufino Sandoval-García ³ , Gerardo Rodríguez-Ortiz ² , José Cristóbal Leyva-López ² , Marcos Emilio Rodríguez-Vásquez ²	116
MICROBIOMAS BACTERIANOS DE LOS AGROECOSISTEMAS DEL GEOPARQUE MUNDIAL DE LA UNESCO MIXTECA ALTA, OAXACA.....	117
Mario Alberto Martínez-Núñez [§] , Quetzalcóatl Orozco-Ramírez.....	117
CONOCIMIENTO TRADICIONAL SOBRE LAS PLANTAS MEDICINALES EN SANTA MARÍA APAZCO NOCHIXTLÁN, OAXACA.....	118
Perla Hernández-Bautista ^{1§} , Ernesto Hernández-Santiago ² , Vicente Arturo Velasco-Velasco ² , Hugo Humberto León-Avedaño ²	118
ESTUDIO DE LA SUPLEMENTACIÓN DE BICARBONATOS SOBRE EL CRECIMIENTO DE MICROALGAS DE LAS CASCADAS “EL CHIFLÓN”.....	119
Blanca Olivia Trejo-Paniagua ¹ , Arnulfo Rosales-Quintero ^{1§} , José Humberto Castañón-González ¹ , Peggy Elizabeth Álvarez-Gutiérrez ¹ , Eberto Novelo-Maldonado ²	119
FAUNA ACUÁTICA INDICADORA DE CALIDAD DE AGUA EN LA MARGEN DERECHA DEL RÍO GRIJALVA, “EL TINTILLO”	120
Mórvila Cruz-Ascencio [§] , Karen Jeraldin Vidal-Acosta, Adriana de la Cruz-Urbe, Guadalupe Lara-de la Cruz, Alma Deysi Anacleto-Rosas.....	120
CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE MAÍCES NATIVOS DE COMUNIDADES MIXTECAS DE LA REGIÓN COSTA DE OAXACA	121
Gisela Jacinto-Hernández ¹ , Mónica Pérez-Nicolás ^{1§} , Arturo De la Rosa-Galindo ¹ , Herminio Aguirre ¹ , Jaime Martínez-Vásquez ² , Eduardo Pérez-Campos ³	121
DIVERSIDAD DE MESOFAUNA Y MACROFAUNA EDÁFICA EN PASTIZAL Y CAFETAL	122
Luis Gerardo Vázquez-Guevara ¹ , Andrés Adrián Urías-Salazar ² , Alejandro García-Ramírez ³ , Leandro Charão Schwertner ⁴ , Luis Eduardo Tamayo-Ruiz ^{2 §}	122
DETERMINACIÓN DE SAPOGENINAS EN DIFERENTES ETAPAS DE LA ELABORACIÓN DEL MEZCAL ARTESANAL DE Agave convallis	123
Claudia Lizbeth Cruz-Vásquez ¹ , Claudia López-Sánchez ² , Felipe de Jesús Palma-Cruz ^{1§}	123



CALIDAD DE SEMILLAS DE <i>Agave</i> sp. MEDIANTE PRUEBAS DE GERMINACIÓN	124
Neftalí Sánchez-Celaya [§] , Judith Ruíz-Luna, Vicente A. Velasco-Velasco, Rodolfo Benigno de Los Santos-Romero, Karen del Carmen Guzmán-Sebastián.....	124
DIVERSIDAD GENÉTICA DE LOS LANGOSTINOS DE LA FAMILIA ATYIDAE (CARIDEA) EN LA COSTA DE OAXACA.....	125
Damariz De la Cruz-Cisneros ^{1§} , Rodolfo B. De Los Santos-Romero ¹ , Ericel Hernández-García ² , Rosa M. Gomez-Ugalde ¹ , Judith Ruiz-Luna ¹ , Eduardo Aguilar-Martínez ¹	125
EFFECTO DE LA PRECIPITACIÓN EN LA CONCENTRACIÓN DE CATIONES INTERCAMBIABLES EN UN SUELO TROPICAL EN SAN JOSÉ PUYACATENGO, TEAPA, MÉXICO	126
Román Roberto Vásquez-Rendon [§] , Victorino Gómez-Valenzuela	126
CRIOPRESERVACIÓN DE CÉLULAS EN SUSPENSIÓN DE <i>Strombocactus disciformis</i> (DE CANDOLLE) BRITTON Y ROSE.....	127
Joel Pérez-Crisanto, Miguel Verastegui-Vidal, Yolanda Pozos-Ruiz, Gerardo Ortiz-Montiel [§]	127
RIQUEZA Y ABUNDANCIA DE MURCIÉLAGOS EN LA CABECERA DE SANTO DOMINGO TONALÁ, HUAJUAPAN DE LEÓN, OAXACA	128
Lizbeth Olguín-Cruz ^{1§} , Rosa María Gómez-Ugalde ¹ , Cintia Natalia Martin-Regalado ^{2,3}	128
VARIACIÓN FENOTÍPICA Y GENOTÍPICA EN CAMARONES DE LA FAMILIA ATYIDAE EN OAXACA.....	129
Damariz De la Cruz-Cisneros [§] , Rodolfo B. De Los Santos-Romero, Eduardo Aguilar-Martínez, Nathali Martínez-Salazar	129
EVALUACIÓN DE REGENERACIÓN NATURAL EN ÁREAS BAJO MANEJO FORESTAL EN SAN PEDRO EL ALTO, ZIMATLÁN.....	130
María del Carmen Zárate-Salinas ^{1§} , José Daniel García-García ¹ , Héctor M. De los Santos-Posadas ² , José Cristóbal Leyva-López ¹ , Moisés Raúl Hernández-Cortez ³	130
IMPORTANCIA DE LA IDENTIFICACIÓN DE LAS PLANTAS ÚTILES: EL CASO DE LOS CAMORREARLES.....	131
Josefa Itzel Pérez-Luis ¹ , Gisela Virginia Campos-Angeles ^{§2} , José Valentín Reyes-Hernández ³ , Gerardo Rodríguez-Ortiz ² , José Cruz Carrillo-Rodríguez ²	131
CARACTERIZACIÓN DE EL SISTEMA AGRÍCOLA TRADICIONAL MILPA EN SANTIAGO TETEPEC, OAXACA	132
Daniel García-López ¹ , Mónica Pérez-Nicolás ^{1§} , Arturo De la Rosa-Galindo ¹ , Jaime Martínez-Vásquez ³ , Herminio Aguirre ¹ , Eduardo Pérez-Campos ²	132
PERCEPCIÓN DE LAS AVES RAPACES EN LA POBLACIÓN DE SANTA MARÍA HUAZOLOTITLÁN, JAMILTEPEC, OAXACA.....	133
Erick Morales-Gómez, Maricela González-Sánchez, Guadalupe Mireya Valdez-Gómez [§] , Juan Carlos Sosa-Martínez, Mariana Díaz-Jarquín.....	133



CONSORCIO MICROBIANO PRESENTE EN LA PRODUCCIÓN DE MEZCAL ARTESANAL ELABORADO CON AGAVE ESPADÍN (<i>Agave angustifolia</i> Haw)	134
Jeziel Bautista-Cruz ¹ , Adriana Palacios-Jauri ² , Claudia López-Sánchez ^{2§} , Felipe de Jesús Palma-Cruz ² , Javier López-Baltazar ¹ , Lina Pliego-Marin ¹	134
EFFECTO DE LA PROCEDENCIA DE JUVENILES DE <i>Macrobrachium tenellum</i> (DECAPODA: PALAEMONIDAE) SOBRE SU CRECIMIENTO, SOBREVIVENCIA Y ACTIVIDAD ENZIMÁTICA	135
Nathali Martínez Salazar ^{1§} , Rodolfo B. De los Santos Romero ¹ , Marcelo García-Guerrero ²	135
REMEDIACIÓN DE PARCELAS PERMANENTES EN SAN PEDRO EL ALTO, ZIMATLÁN, OAXACA	136
María del Carmen Zárate-Salinas ^{1§} , José Daniel García-García ¹ , Héctor M. De los Santos-Posadas ² , José Cristóbal Leyva-López ¹ , Moisés Raúl Hernández-Cortez ³	136
ALTERNATIVA DE APROVECHAMIENTO INTEGRAL DE FRUTOS ORGÁNICOS EN LA SIERRA JUÁREZ, OAXACA.....	137
Juana Yolanda López-Cruz [§] , Pastor T. Matadamas-Ortiz, Victoria Bautista López.....	137
CORTISOL Y CORTICOSTERONA EN PLASMA SANGUÍNEO DE <i>Artibeus jamaicensis</i> (MURCIÉLAGO FRUGÍVORO) DE LOS VALLES CENTRALES, OAXACA.....	138
Rosa María Gómez-Ugalde ^{1§} , Dulce Verónica Santiago-Ramírez ¹ , Heidy Ortiz-López ¹ , Judith Ruiz-Luna ¹ , Arturo Salame-Méndez ²	138
INVESTIGACIÓN EN BIODIVERSIDAD EN EL “RANCHO EL MILAGRO”, DE LAS CHOAPAS VERACRUZ.....	139
Francisco Javier Vaquera-Aguilar ¹ , Francisco Gerardo Lorea Hernández ² , Claudia Gallardo Hernández ³ , Alberto de los Santos-Pérez ^{4§}	139
EJE TEMÁTICO 5. DESARROLLO RURAL Y MANEJO DE AGROECOSISTEMAS (DRMA) 140	
IMPACTOS DEL PROYECTO FRE LOCAL EN COMUNIDADES RURALES AISLADAS: DESAFÍOS HACIA EL DESARROLLO SOSTENIBLE	141
Ernesto Luis Barrera-Cardoso ^{§1} , María del Carmen Echevarría-Gómez ¹ , Julio Pedraza-Garciga ¹ , Reineris Montero-Laurencio ²	141
PROTOTIPO DE ROBOT ANALIZADOR DE NUTRIENTES DE SUELO SUSTENTABLE PARA INVERNADEROS.....	142
Diana Núñez-Ramírez [§] , Ismael Hernández-Ortiz, Cesar David Gudiño-Salgado, Miguel Ramos-Marín, Marco A. Ruíz-Gasca, Daniela Ramírez-Castellanos.....	142
USO DE BIOPRODUCTOS PARA MEJORAR LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ EN LA MIXTECA BAJA POBLANA	143
Gabriel López-Salvador ^{1§} , Pedro José González-Cañizares ² , Javier Iván Sanches-Guerrero ¹	143
LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA COMO SOPORTE DEL DESARROLLO SOSTENIBLE EN COMUNIDADES RURALES DE IMÍAS, GUANTÁNAMO.....	144



Revista Mexicana de Agroecosistemas
Vol. II (Suplemento I), 2024, 19 - 21 de noviembre, ISSN: 2007-9559
VII Congreso Nacional de Recursos Naturales, Sistemas de Producción e Innovación Tecnológica
I Congreso Internacional de Biodiversidad, Innovación y Sustentabilidad

Robuam Peña-Dominguez ^{§1} , Reineris Montero-Laurencio ² , Yoandra Pulsant-Limonta ¹ , Yelenne Marcelo-Luis ¹	144
POTENCIALIDADES PARA EL USO DE FUENTES RENOVABLES DE ENERGÍA EN VAQUERÍAS TÍPICAS CUBANAS: EXPERIENCIAS DEL PROYECTO “FRE LOCAL”	145
Lisbet Mailin López-González [§] , Yudelkis Ponce-Valdés, Julio Pedraza- Garciga, Orestes-Hermida García, Ernesto Luis Barrera-Cardoso	145
POLÍGONOS DEMOSTRATIVOS DE AGROENERGÍA: ESPACIOS INNOVADORES DE APRENDIZAJE EN APOYO A LA POLÍTICA DE TRANSICIÓN ENERGÉTICA	146
Julio Pedraza-Garciga ¹ , Janet Jimenez-Hernández ¹ , Lisbet Mailin López-González ^{§1} , Omar Pérez-Navarro ² , Ernesto Luis Barrera-Cardoso ¹	146
DENOMINACIÓN DE ORIGEN DEL MEZCAL: ENTRE EL DESARROLLO RURAL Y LAS TRAMPAS DE POBREZA	147
Dessiree Xiqui	147
FRE LOCAL EN RÍO CAUTO. IMPACTOS DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA EN COMUNIDADES RURALES AISLADAS	148
Yanelis de La Caridad Pompa-Montes de Oca ² , Ernesto Luis Barrera-Cardoso ^{§1} , Maite Riquenes-Pérez ² , Adelmis Estrada-Rodríguez ² , Yans Guardia-Puebla ²	148
USO Y MANEJO DE HERBICIDAS EN EL CULTIVO DE CAÑA	149
Ana Gabriela Gallegos-Gaspar ¹ , Isabel Araceli Amaro-Espejo ^{1§} , María del Refugio Castañeda-Chávez ¹ , Ángel de Jesús Isidoro-Pio ² , Juan Valente Megchún-García ¹	149
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS EXTERNAS DEL HUEVO DE GUAJOLOTA (<i>Meleagris gallopavo</i> L.) ALIMENTADAS CON UNA DIETA ALTERNATIVA MÁS FORRAJES	150
América Naomi Hernández-Gutiérrez ^{1§} , Martha Patricia Jerez-Salas ¹ , Marco Antonio Camacho-Escobar ² , Salvador Lozano-Trejo ¹ , Marco Antonio Vásquez-Dávila ¹	150
IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA SEMBRANDO VIDA EN TRES EJIDOS DEL SURESTE DE VERACRUZ	151
Juana Ortiz-Timoteo [§] , Odilón Manuel Sánchez-Sánchez	151
DISEÑO POR SIMULACIÓN DE MICRORRED ELÉCTRICA HÍBRIDA PARA LA COMUNIDAD CUARTO CONGRESO, SANCTI SPÍRITUS, CUBA	152
Eliecer Sotolongo Hernández [§] , Julio Pedraza Garciga, Yudelkys Ponce Valdés	152
EVALUACIÓN MULTICRITERIO CON ENFOQUE DE PROCESOS PARA LA ELECTRIFICACIÓN EN COMUNIDADES RURALES	153
Daniel Enrique Yero-Gómez [§] , Yaima Brito-Ibarra, Yudelkys Ponce-Valdés	153
ELECTRIFICACIÓN RURAL EN CUBA: UNA MIRADA DESDE EL PROYECTO FRE LOCAL, EL DESARROLLO ENERGÉTICO SOSTENIBLE E INDICADORES DE VULNERABILIDAD ENERGÉTICA	154



Reineris Montero-Laurencio	154
APORTE DE LOS PEQUEÑOS RUMIANTES A LA SEGURIDAD Y SOBERANÍA ALIMENTARIA EN LA MIXTECA OAXAQUEÑA.....	155
Araceli Mariscal-Méndez, Alfonso Pedro Santos-Martínez [§] , Héctor Maximino Rodríguez-Magadan, Teódulo Salinas-Ríos, Magaly Aquino-Cleto, Jorge Hernández-Bautista	155
ESCARABAJOS RIZÓFAGOS (COLEOPTERA: MELOLONTHIDAE) DE IMPORTANCIA AGRÍCOLA Y SU RELACIÓN CON FACTORES EDAFOCLIMÁTICOS EN SANTA MARÍA TECOMAVACA....	156
Axel Teodoro Cortes-Dávila ^{1§} , Jesús Alberto Cruz-López ² , Salvador Lozano-Trejo ¹ , Ernesto Castañeda-Hidalgo ¹ , Antonio Martínez- Ruíz ²	156
RESERVORIO DE CARBONO Y NITRÓGENO EN DIFERENTES SISTEMAS DE PRODUCCIÓN EN SUBCUENCA RÍO COPALITA, OAXACA.....	157
Celestino Sandoval-García ^{1§} , Israel Cantú-Silva ²	157
LA CROMATOGRFÍA COMO HERRAMIENTA EN EL DIAGNOSTICO DE SUELOS CAFETALEROS EN LA NUEVA ESPERANZA, PUTLA.....	158
Rosalía Ortiz-Heraz ¹ , Edilberto Aragón-Robles ^{2§} , Lina Pliego-Santillán ² , Gustavo Omar Díaz-Zorrilla ²	158
AGRICULTURA SINTRÓPICA; UNA EXPERIENCIA COMO AGROECOSISTEMA EN LOS VALLES CENTRALES DE OAXACA.....	159
Cecilia Solis-Lopez ¹ , Ernesto Castañeda-Hidalgo ^{§2} , Gisela Margarita Santiago-Martínez ² , Salvador Lozano-Trejo ² , José Cruz Carrillo-Rodríguez ² , Martha Patricia Jerez-Salas ²	159
CONSERVACIÓN DE MAÍZ NATIVO EN COMUNIDADES DEL MUNICIPIO DE HOPELCHÉN, CAMPECHE	160
Vanessa Vianey Espejo-Dzib, Yesenia del Carmen Briceño-Velazquez, Pedro Salvador-Morales [§] , Mónica Beatriz López-Hernández, Enrique Arcocha-Gómez, José Manuel Anchevida-Varguez, Miguel Ángel Gómez-Jiménez, Miguel Arcángel Burgos-Campos	160
EVALUACIÓN <i>in vitro</i> DE <i>Triuchodema</i> spp. CONTRA <i>Fusarium</i> spp. QUE AFECTAN HUERTAS DE PLÁTANO.....	161
Francisco Javier Delgado-Virgen ^{1§} , Selene Yubetsi Pelayo-Ibarra ¹ , María Daniela Delgado-Calvario ¹ , Efrén Neftalí Padilla-Bargas ¹ , Manuel de Jesús Bermúdez-Guzmán ² , Claudia Lizette Torres-Bracamontes ¹ , Ana Cecilia Ramírez-López ¹ , Luis Enrique Gómez-Sánchez ³	161
EVALUACIÓN DE HERBICIDAS EN EL CULTIVO DE CHÍA (<i>Salvia hispanica</i>) EN LOS ALTOS DE JALISCO, MÉXICO	162
Martín Molina-Valenzuela ¹ , Susana Elisabeth Ramírez-Sánchez ^{2§} Primitivo Díaz-Mederos ² , José Luis Arispe-Vázquez ³	162
USO DE ADYUVANTES EN HERBICIDAS PARA EL CONTROL DE ARVENSES EN EL CULTIVO DE LIMÓN.....	163



Emiliano Gaona-Ocampo ¹ , José Luis Arispe-Vazquez ^{2§} , Susana Elizabeth Ramírez-Sánchez ³ , Leslie Carnero-Avilés ⁴ , Roció Toledo-Aguilar ² , David Heriberto Noriega-Cantú ² , José Francisco Díaz-Nájera ⁵ , Maricela Apáez-Barrios ⁵ , Sergio Ayvar-Serna ⁵ , José Terrones-Salgado ⁶	163
EVALUACIÓN DE DIETAS DE ALTO RENDIMIENTO EN POLLOS DE ENGORDA.....	164
Francisco Peralta-Díaz ^{1§} , María Isabel Pérez-León ² , Yuri Villegas-Aparicio ² , Alejandro Miguel Aragón-Calvo ³ , Gerardo Rodríguez-Ortiz ² , Rosa María Gómez-Ugalde ²	164
APORTACIÓN DEL MIAF A LA DE SEGURIDAD ALIMENTARIA Y ECONOMÍA LOCAL EN LA MIXTECA OAXACA	165
Carlos Gerardo Hernández-Aguilar ^{1§} , Gisela Margarita Santiago-Martínez ¹ , Ernesto Castañeda-Hidalgo ¹ , Salvador Lozano-Trejo ¹ , Martha Patricia Jerez-Salas ¹ , Juan Regino-Maldonado ²	165
DIAGNÓSTICO DEL POTENCIAL TURÍSTICO DE CUILAPAM DE GUERRERO, OAXACA.....	166
Oscar Clemente-Herrera ¹ , María Isabel Pérez-León ^{1§} , José Pérez-Castellanos ² , Rodolfo Benigno de los Santos-Romero ¹ , Ernesto Hernández-Santiago ¹ , Rosa María Gómez-Ugalde ¹	166
USO DE ADYUVANTES EN HERBICIDAS PARA EL CONTROL DE ARVENSES EN EL CULTIVO DE MAÍZ	167
Emiliano Gaona Ocampo ¹ , José Luis Arispe-Vazquez ^{2§} , Susana Elizabeth Ramírez-Sánchez ³ , Leslie Carnero-Avilés ⁴ , Roció Toledo-Aguilar ² , David Heriberto Noriega-Cantú ² , José Francisco Díaz-Nájera ⁵ , Maricela Apáez-Barrios ⁵ , Sergio Ayvar-Serna ⁵ , José Terrones Salgado ⁶	167
EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DE HÍBRIDOS DE <i>Solanum lycopersicum</i> EN UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN ALTERNATIVO EN CONDICIONES DE INVERNADERO	168
Teresa de Jesús Nereida Hernández-Salinas ¹ , Gabriel Córdova -Gámez ² , Graciela Zárate-Altamirano ² , Lina Pliego-Marín ^{2§}	168
MANEJO DEL AGROECOSISTEMA PAPAYA EN LA COSTA DE OAXACA.....	169
Arturo De la Rosa-Galindo ¹ , Eduardo Pérez-Campos ² , Mónica Pérez-Nicolás ^{1§} , Pedro Cisneros-Saguilán ¹ , Alfredo Paulo-Maya ³ , Juan de Dios Ruiz-Rosado ⁴ , Margarito Martínez-Cruz ²	169
EJE TEMÁTICO 6. INNOVACIÓN PARA LA SUSTENTABILIDAD (IS)	170
VALIDACIÓN DE MEDIDOR PORTÁTIL: SECADO Y CORRELACIÓN ENTRE ÍNDICE SPAD Y CLOROFILA EN <i>Jatropha curcas</i>	171
Yolanda Hernández-de la Cruz [§] , Guadalupe López-Puc, Angeles Sánchez-Contreras	171
GENES ANTIFÚNGICOS EN <i>Zea mays</i> ssp. <i>parviglumis</i> , <i>Zea diploperennis</i> , <i>Zea luxurians</i> Y MAÍZ.....	172
José Luis Hernández-Morales ^{1§} , María del Socorro Pina-Canseco ¹ , Patricia Vásquez-Luis ³ , Nora Hilda Rosas-Murrieta ² , Alma Dolores Pérez-Santiago ³ , Marco Antonio Sánchez-Medina ³	172
DISEÑO Y MANUFACTURA DE UNA MÁQUINA PROCESADORA DE PELLETS HECHOS A BASE DE BIOMASA.....	173
Elizabeth Salmerón-Martínez [§] , Marco Antonio Ruíz-Gasca, Eduardo Galicia-Hernández, Benjamín Loeza-Santana, Daniela Ortiz-Rodríguez, Carlos Mauricio Ramírez-Terrazas	173



ACTIVIDAD DE ACEITES ESENCIALES DE <i>Bursera glabrifolia</i> Y <i>B. simaruba</i> CONTRA UREDOSPORAS DE <i>Hemileia vastatrix</i>	174
Emanuel Hernández-Cortés ^{1§} , Edgar García-Sánchez ² , Luicita Lagunez-Rivera ¹ , Rodolfo Solano ¹ , Alfonso Vásquez López ¹	174
COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE PLANTAS DE PAPAYA CULTIVADAS EN POSICIÓN INCLINADA EN CASA SOMBRA EN LA MIXTECA POBLANA, MÉXICO	175
Fortunato Jiménez Cruz ¹ , Fredy Mera Zuñiga ¹ , Salvador Vazquez Martinez ^{2§}	175
EVALUACIÓN MICROBIOLÓGICA Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE JUGO DE PIÑA-TÉ MATCHA CON <i>Lactobacillus acidophilus</i>	176
Rosa Yvette Alavez-López, Ernestina Paz-Gamboa [§] , María de los Ángeles Vivar-Vera, Araceli Pérez-Silva, Marisol de Montserrat Tejeda-Paz	176
MEDIDOR IOT DE FACTOR DE POTENCIA PARA CARGAS LINEALES Y NO LINEALES.....	177
Luis Esteban Pichardo Sánchez [§] , Antonio García Santiago, Marco Antonio Ruíz Gasca, Diana Núñez Ramírez, Gabriel Giovanni Castillo López, Mauricio Pichardo Sánchez	177
DETERMINACIÓN DE LAS CONDICIONES DE GERMINACIÓN DE UREDOSPORAS DE <i>Hemileia vastatrix</i> <i>in vitro</i>	178
Emanuel Hernández-Cortés ^{1§} , Edgar García-Sánchez ² , Luicita Lagunez-Rivera ¹ , Rodolfo Solano ¹ , Alfonso Vásquez López ¹	178
SISTEMA DE INTERNET DE LAS COSAS (IOT) PARA LA AUTOMATIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA.....	179
Salvador Vázquez Martínez ¹ , Fortunato Jiménez Cruz ² , Fredy Mera Zuñiga ² Agustín Aranda Cruz ¹ , Jahir González Bonilla ¹ , Nayeli Anahí López Ortiz ³	179
EVALUACIÓN DE LA VIDA EN ANAQUEL DE CUATRO VARIEDADES DE HONGOS COMESTIBLES EN COMITÁN, CHIAPAS.....	180
Miguel Ángel Gómez-Jiménez, Pedro Salvador-Morales, Miguel Arcángel Burgos Campos, Enrique Arcocha-Gómez	180
CONCENTRADO DE AGUAMIEL: CASO DE ÉXITO EN CORPORATIVO MAGUEYERO SAN ISIDRO S.A DE C.V., TLAXCALA.....	181
Areli Flores-Morales ^{1§} , María de Lourdes Nohpal Licon ¹ , Angeles Sánchez-Contreras ^{2§}	181
IMPORTANCIA DE LOS AZÚCARES EN AGAVES MEZCALEROS DE OAXACA.....	182
Suzel Rios-Ramirez ^{1§} , Víctor Conde-Martínez ¹ , Rodolfo García Nava ¹ , José Alberto Escalante Estrada ¹ , José Raymundo Enríquez del Valle ²	182
APLICACIÓN PARA PREDECIR EL VOLUMEN FUSTAL DE ESPECIES FORESTALES (VERSIÓN I): UNA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA DE ACCESO LIBRE	183
Pablo Antúnez.....	183



CRECIMIENTO Y ENRAIZADO DE BROTES DE FRESA <i>Fragaria × ananassa</i> (Duchesne ex Weston) Duchesne ex Rozier EN CULTIVO <i>in vitro</i>	184
Yutzil Duran-Duran ^{1§} , José Raymundo Enríquez-del-Valle ² , Vicente Arturo Velasco-Velasco ²	184
UTILIZACIÓN DE MICORRIZAS EN EL CULTIVO DE LECHUGA BAJO UN SISTEMA ACUAPÓNICO CON TILAPIA.....	185
Lenin Eleazar Fabian-Canseco [§] , Lucia Torres-Rueda, Herlindo Ramírez-López, Guadalupe Mora-Baez, Sarahí Esperanza Rivera-Moreno.....	185
VINAZAS DE MEZCAL COMO CORRECTOR DEL pH EN FERTILIZANTES ORGÁNICOS.....	186
Edson Jordy Amador-Santiago ^{1§} , José Cruz Carrillo-Rodríguez ¹ , José Luis Chávez Servía ² , Gisela Virginia Campos-Ángeles ¹ , Araceli M. Vera-Guzmán ² , Gustavo O. Díaz Zorilla ¹	186
AISLAMIENTO E IDENTIFICACIÓN PARCIAL DE MICROORGANISMOS PRESENTES EN EL MUCÍLAGO DEL MAÍZ OLOTÓN	187
Yürguen Omar Martínez-Pacheco ¹ , Aarón Martínez-Gutiérrez ^{2§} , José Luis Hernández-Morales ³ , Óscar Clemente-Herrera ² , Antonio Turrent Fernández ⁴	187
ALTURA E ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR DEL MAÍZ A TRAVÉS DE IMÁGENES OBTENIDAS CON UN DRON.....	188
Pedro Salvador-Morales ^{1§} , Neftaly Gijón-Yescas ² , Yameli Aguilar-Duarte ³ , Vicente de la Cruz Muñoz ⁴ , Enrique Arcocha Gómez ¹ , Brallan Chan Ek ¹ , Zeyli Alejandra Pineda León ¹ , Miguel Ángel Gómez Jiménez ¹	188
EVALUACIÓN <i>in vitro</i> DE EXTRACTOS VEGETALES Y CEPAS NATIVAS DE <i>Trichoderma</i> CONTRA <i>Fusarium</i>	189
Lucia Torres-Rueda [§] , Guadalupe Mora-Báez, Cristal Guzmán-de Luna, Soledad Lara-Vázquez, Oriana Lizeth Méndez-Cruz.....	189
CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE FRUTOS DE TOMATE (<i>Solanum lycopersicum</i>) SOBREEXPRESANTES DEL GEN CRIPTOCROMO-I DE ARABIDOPSIS.....	190
Lorenzo Luis-Hernández ¹ , Ángel Ramón Flores-Sosa ² , Erika Cruz-Mejía ¹ , Lina Pliego-Marín ¹ , Manuel Fabián- Rojas ¹ , Dulce María Rivera-Pastrana ² , Reina María de los Angeles Gámez-Hernández ¹ , Javier López-Baltazar ^{1§}	190
ENTORNOS DE PRÁCTICAS VIRTUALES CON JAILS: UNA SOLUCIÓN ECONÓMICA Y SEGURA EN EL ITVO.....	191
Josué Luis Tomás, Carlos Enrique Morales Bautista [§] , Manuel Fabian Rojas, Abraham Santa Ana Flores.....	191
ESTUDIO DE MANEJO INTEGRADO DE LA MICROCUENCA DEL MUNICIPIO DE CUILÁPAM DE GUERRERO, OAXACA.....	192
Carlos Enrique Morales Bautista ¹ , Oscar Clemente Herrera ¹ , María Isabel Pérez León ¹ , Juan Bustamante Luján ¹ , José Pérez Castellanos ²	192
THIDIAZURON Y ÁCIDO GIBERÉLICO EN CALIDAD FÍSICA DE DOS CULTIVARES DE MANZANA EN TEZIUTLÁN, PUEBLA	193



Emmanuel Víctor-Gómez [§] , Gregorio Arellano-Ostoa, Víctor Conde-Martínez, Sergio Humberto Chávez-Franco, Olga Tejada-Sartorius	193
BIOMASA FRESCA DE CULTIVO DE ALFALFA Y EL ÍNDICE DE VEGETACIÓN DE DIFERENCIA NORMALIZADA (<i>NDVI</i>).....	194
Pedro Saúl Vásquez Rasgado [§] , Zoila Carmen Lagunas Sánchez, Margarita Herrera Gamboa	194
AUTOMATIZACIÓN DE CÁMARA DE ACLIMATIZACIÓN PARA PLÁNTULAS	195
Roberto Kevin Benítez Peña, Katia Angélica Martínez Arrazola, Mariana Díaz Jarquín, Hermila Cruz García, Eric Chávez Ortiz [§]	195
APLICACIÓN MÓVIL PARA EL SEGUIMIENTO DE ENTREGAS DE PRODUCTOS PREFABRICADOS POR HERROZINC	196
Esperanza Belén Mesinas Santiago [§] , Ambrosio Cardoso Jiménez, Rubén César Reyes Juárez, Hiber Yair Ambrosio López.....	196
<i>Bauveria</i> sp. Y <i>Metarhizium</i> sp. EN EL CONTROL BIOLÓGICO DEL PICUDO NEGRO DEL AGAVE (<i>Scyphophorus acupunctatus</i>)	197
Daniel Eduardo Canseco-Santiago ^{§1} , José Raymundo Enríquez-del-Valle ¹ , Gerardo Rodríguez-Ortiz ¹ , Marcos Emilio Rodríguez-Vásquez ¹ , Vicente Arturo Velasco-Velasco ¹ , Gloria Paulina Pérez-Félix ² , Everardo López-Bautista ³	197
APLICACIÓN WEB PARA LA GESTIÓN DE SERVICIOS TURÍSTICOS	198
Ruby García Vargas, Benedicto Ramírez Santiago [§] , Mavelt Pérez Hernández, Ángel Maya Hernández.....	198
DESARROLLO DE UN SISTEMA WEB DE ADMINISTRACIÓN MUNICIPAL EN CUILÁPAM DE GUERRERO, OAXACA.....	199
Sandra Lily Santiago Velásquez, Emmanuel Almaraz Chávez, Eric Chávez Ortiz [§] , Benedicto Ramírez Santiago, Mavelt Pérez Hernández.....	199
EFFECTO DE DOS CITOQUININAS EN CULTIVO DE TEJIDOS <i>in vitro</i> DE <i>Agave angustifolia</i> HAW.	200
Fátima Manuel-Zárate ^{1§} , José Raymundo Enríquez-del Valle ¹ , Alfonso Vásquez-López ² , Gerardo Rodríguez-Ortiz ¹ , Vicente Arturo Velasco-Velasco ¹ , José Cruz Carrillo-Rodríguez ¹	200
EFFECTO DE BIOFERTILIZANTES EN EL DESARROLLO DE LISIANTHUS (<i>Eustoma grandiflorum</i> Raf.) BAJO CONDICIONES SEMICONTROLADAS	201
Zenaida Ramirez-Morales ¹ , Gisela Margarita Santiago-Martínez ^{2§} , Ernesto Castañeda-Hidalgo ² , Salvador Lozano-Trejo ² , Jesús Baltazar-Estrada Castellanos ³	201
BIOGRAN: BIOMETANO PARA CONTROL DEL GORGOJO (<i>Sitophilus zeamais</i> Motschulsky, (Coleoptera: Curculionidae)) EN GRANOS DE MAÍZ	202
Genaro Pérez-Jiménez ^{1§} , Giovanna I. Fuentes Escobar ² , César del Ángel Hernández-Galeno ³ , Antonio Vidal-Martínez ⁴ , Josset Sánchez-Olarte ⁵	202
SIMPOSIUM: INNOVACIÓN Y SUSTENTABILIDAD	203



Estrategias de Ingeniería Química para el desarrollo comunitario de Oaxaca.....	203
ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO TÉRMICO EN UN COLECTOR SOLAR DE TUBOS DE ALUMINIO PARA LA DESHIDRATACIÓN DE PRODUCTOS AGROALIMENTARIOS.....	204
Gabriela Itai Olivera-Cruz ¹ , Johana Eluney Reyes-García ¹ , Monserrat Jazmín García -Silva ¹ , Emilio Hernández-Bautista ^{1§} , Iván Antonio García-Montalvo ² , Sadoth Sandoval-Torres ³	204
PERFIL FITOQUÍMICO Y EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE TRES ESPECIES VEGETALES DE QUELITES	205
Angeles Regina García-Gutiérrez, Fernando Pérez-Mendoza, Karla Gabriela Juárez-Segovia, Carlos Francisco Varapizuela-Sánchez, Marco Antonio Sánchez-Medina [§]	205
MICROESFERAS FUNCIONALES DE ALGINATO Y QUITOSANO CARGADAS CON BETACAROTENOS DE CHILE HUACLE CON POTENCIALES APLICACIONES ALIMENTARIAS	206
Jairus Jamin Silva-Flores ¹ , Gonzalo Santos-López ^{3§} , Frank M. León-Martínez ² , Flor de Belem Pérez-Chávez ¹ , Noemi González-Zarate ¹ , Minerva Donají Méndez-López ¹	206
FORMACIÓN DE MATRICES BIOPOLIMÉRICAS A BASE DE QUITOSANO CON POTENCIAL TRATAMIENTO DE AGUAS CONTAMINADAS.....	207
Emiliano-Sebastián Santiago Arévalo ¹ , Gonzalo Santos-López ^{2§} , Javier Díaz-Santiago ² , Flor de Belem Pérez-Chávez ¹ , Noemi González-Zarate ¹ , Minerva Donají Méndez-López ¹	207
IDENTIFICACIÓN DE METABOLITOS BIOACTIVOS EN EL HONGO <i>Calvatia gigantea</i> EN CULTIVO <i>in vitro</i>	208
Yamil Evelyn Chavez-Mendoza ¹ , Baleria María Hernández Chávez, Marco Antonio Sánchez Medina, Iván Antonio García Montalvo, Diana Matías Pérez, Alma Dolores Pérez-Santiago [§]	208
DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOS PARA LA ELABORACIÓN DE VASOS A PARTIR DE HOJAS DE ELOTE (<i>Zea mays</i>).....	209
Sara Betina Pacheco-Leyva ¹ , Oscar Yael Guzman-Marquez ¹ , Luis Humberto Robledo-Taboada ¹ , Emilio Hernández-Bautista ² , Grysel Pimentel-Nogales ³ , Aymara Judith Díaz-Barrita ^{2§}	209
SIMULACIÓN DEL PROCESO DE ABSORCIÓN Y DESORCIÓN DE ACETONA EN UNA COLUMNA POR ETAPAS DE EQUILIBRIO.....	210
Marcos Daniel González-Martínez, Alexia Itzel Antonio-Lázaro, Shirley del Carmen Nataren-López, Miriam Reyes-Ayuso, Mario Díaz-González [§]	210
<i>Fomitopsis pinicola</i> Y SU TOLERANCIA A LOS METALES PESADOS EN CULTIVO <i>in vitro</i>	211
Samuel Rueda Cruz, Yesenia López Aragón, Marco Antonio Sánchez Medina, Iván Antonio García Montalvo, Aymara Judith Díaz Barrita, Alma Dolores Pérez Santiago [§]	211
HIDROGELES DE ALGINATO FORMADOS POR ENTRECRUZAMIENTOS FÍSICOS COMO MATRICES PARA REMOCIÓN DE COBRE EN AGUAS CONTAMINADAS.....	212
Lluvia Javier-Méndez ¹ , Gonzalo Santos-López ³ , Frank M. León-Martínez ² , Flor de Belem Pérez-Chávez ^{1§} , Noemi González-Zarate ¹ , Minerva Donají Méndez-López ¹	212



FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE UN ADHESIVO ALIMENTARIO PARA VASOS DE HOJA DE ELOTE (<i>Zea mays</i>).....	213
Gladys Marlene Cruz-Ruiz ¹ , Marco Antonio Sánchez-Medina ² , Luis Humberto Robledo-Taboada ² , Emilio Hernández-Bautista ¹ , Aymara Judith Díaz-Barrita ^{1§}	213
RESÚMENES EN EXTENSO	214
USO Y MANEJO DE HERBICIDAS EN EL CULTIVO DE CAÑA.....	215
Ana Gabriela Gallegos-Gaspar ¹ , Isabel Araceli Amaro-Espejo ^{1§} , María del Refugio Castañeda-Chávez ¹ , Ángel de Jesús Isidoro-Pio ² , Juan Valente Megchún-García ¹	215
USO DE BIOESTIMULANTES EN PLANTAS DE CRESTA DE GALLO (<i>Celosia cristata</i>) EN CONDICIONES DE CAMPO	222
José Perea-Bojórquez ¹ , Delfina Salinas-Vargas ¹), Ramiro Maldonado-Peralta ^{1§} , Andrés León-Villanueva ¹ , María Ángeles Maldonado-Peralta ²	222
BIOGRAN: BIOMETANO PARA CONTROL DEL GORGOJO (<i>Sitophilus zeamais</i> Motschulsky, (Coleoptera: Curculionidae)) EN GRANOS DE MAÍZ	232
Genaro Pérez-Jiménez ^{1§} , Giovanna I. Fuentes Escobar ² , César del Ángel Hernández-Galeno ³ , Antonio Vidal-Martínez ⁴ , Josset Sánchez-Olarte ⁵	232
IDENTIFICACIÓN DE INSECTICIDAS EN CULTIVOS DE FRUTALES TROPICALES EN EL MUNICIPIO DE COTAXTLA, VERACRUZ.....	240
Irma Rosa Vásquez-Robles ¹ , Isabel Araceli Amaro-Espejo ^{1§} , Juan Valente Megchún-García ¹ , Jeremías Nataren-Velázquez ² , Paula Zúñiga-Ruiz ¹	240
THIDIAZURON Y ÁCIDO GIBERÉLICO EN CALIDAD FÍSICA DE DOS CULTIVARES DE MANZANA EN TEZIUTLÁN, PUEBLA	250
Emmanuel Víctor-Gómez [§] , Gregorio Arellano-Ostoa, Víctor Conde-Martínez, Sergio Humberto Chávez-Franco, Olga Tejeda-Sartorius	250
EFFECTO DE BIOFERTILIZANTES EN EL DESARROLLO DE LISIANTHUS (<i>Eustoma grandiflorum</i> Raf.) BAJO CONDICIONES SEMICONTROLADAS	256
Zenaida Ramirez-Morales ¹ , Gisela Margarita Santiago-Martínez ^{2§} , Ernesto Castañeda-Hidalgo ² , Salvador Lozano-Trejo ² , Jesús Baltazar Estrada-Castellanos ³	256
CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE FRUTOS DE TOMATE (<i>Solanum lycopersicum</i>) SOBREEXPRESANTES DEL GEN CRIPTOCROMO-I DE ARABIDOPSIS.....	262
Lorenzo Luis-Hernández ¹ , Ángel Ramón Flores-Sosa ² , Erika Mejía-Ramírez ¹ , Lina Pliego-Marín ¹ , Manuel Fabián-Rojas ¹ , Dulce María Rivera-Pastrana ² , Reina María de los Ángeles Gámez-Hernández ¹ , Javier López-Baltazar ^{1§}	262
CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DE PLANTAS INJERTADAS DE TOMATE (<i>Solanum lycopersicum</i>) EN RESPUESTA AL SUSTRATO	270



Pedro Santiago López-Márquez ¹ , Lorenzo Luis-Hernández ¹ , Lina Pliego-Marín ² , Manuel Fabián-Rojas ² , Reina María de los Ángeles Gámez-Hernández ² , Claudia López-Sánchez ³ , Ángel Maya-Hernández ² , Javier López-Baltazar ^{2§}	270
VALIDACIÓN DE MEDIDOR PORTÁTIL: SECADO Y CORRELACIÓN ENTRE ÍNDICE SPAD Y CLOROFILA EN <i>Jatropha curcas</i>	278
Yolanda Hernández-de la Cruz, Guadalupe López-Puc, Ángeles Sánchez-Contreras [§]	278
EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE SEMILLAS DE <i>Agave</i> sp MEDIANTE PRUEBAS DE GERMINACIÓN Y VIABILIDAD	286
Neftalí Sánchez-Celaya ^{1§} , Judith Ruíz-Luna ² , Vicente A. Velasco-Velasco ² , Rodolfo B. De Los Santos-Romero ² , Karen del Carmen Guzmán-Sebastián ¹	286
RESILIENCIA CULTURAL Y AMBIENTAL: LA EXPERIENCIA DE UNA COOPERATIVA DE ARTESANOS TEXTILES EN OAXACA.....	292
Giselle Carolina Lescas-Montes, Juana Yolanda López-Cruz [§] , Gema Lugo-Espinosa.....	292
FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE UN ADHESIVO ALIMENTARIO PARA VASOS DE HOJA DE ELOTE (<i>Zea mays</i>).....	299
Gladys Marlene Cruz-Ruiz ¹ , Marco Antonio Sánchez-Medina ² , Luis Humberto Robledo-Taboada ³ , Emilio Hernández-Bautista ¹ , Aymara Judith Díaz-Barrita ^{1§}	299
CONCENTRADO DE AGUAMIEL: CASO DE ÉXITO EN CORPORATIVO MAGUEYERO SAN ISIDRO S.A DE C.V., TLAXCALA.....	306
Areli Flores-Morales ^{1§} , María de Lourdes Nohpal-Licon ¹ , Angeles Sánchez-Contreras ²	306
EVALUACIÓN DE DIETAS EN POLLOS DE ENGORDA ROSS 308.....	314
Francisco Peralta-Díaz ^{1§} , María Isabel Pérez-León ² , Yuri Villegas-Aparicio ² , Alejandro Miguel Aragón-Calvo ³ , Gerardo Rodríguez-Ortiz ² , Rosa María Gómez-Ugalde ²	314
ESTIMACIÓN DE LA INFLUENCIA DE LA TOPOGRAFÍA SOBRE LA DISTRIBUCIÓN VEGETAL EN EL ÁREA NATURAL PROTEGIDA SIERRA FRÍA, AGUASCALIENTES	319
Héctor René Becerril-Cejudo ^{1§} , Víctor Manuel Rodríguez-Moreno ² , Mariana Vázquez-Mora ¹	319
INFLUENCIA DE FACTORES DE SITIO Y MANEJO EN EL CARBONO ACUMULADO EN EL DESFRONDE ESTACIONAL.....	328
Ashmir Ambrosio-Lazo ^{1§} , Gerardo Rodríguez-Ortiz ² , Wenceslao Santiago-García ³ , Iván José Aguilar-Pinacho ¹ , Marcos Emilio Rodríguez-Vásquez ² , Salvador Lozano-Trejo ²	328
CINÉTICA DE IMBIBICIÓN EN SEMILLAS DE <i>Pinus greggii</i> DE DIFERENTES PROCEDENCIAS ...	335
Raúl Aarón Ramírez-García ¹ , Gisela Virginia Campos-Ángeles ^{2§} , Javier López-Upton ³ , Gerardo Rodríguez-Ortiz ² , José Cruz Carrillo-Rodríguez ² , Hermila Cruz-García ²	335
GRAVEDAD ESPECÍFICA DE LA MADERA DE OYAMEL	341



Isabel Esmeralda Bernardino-Pérez ^{1§} , Gerardo Rodríguez-Ortiz ² , José Raymundo Enríquez-del-Valle ² , Ernesto Hernández-Santiago ² , Gisela Virginia Campos-Ángeles ² , Pablo Espinoza-Zuñiga ³	341
EVALUACIÓN DE REGENERACIÓN NATURAL EN ÁREAS BAJO MANEJO FORESTAL EN SAN PEDRO EL ALTO, ZIMATLÁN.....	346
María del Carmen Zárate-Salinas ^{1§} , José Daniel García-García ¹ , Héctor M. De los Santos-Posadas ³ , José Cristóbal Leyva-López ² , Moisés Raúl Hernández-Cortez ⁴	346
CRECIMIENTO INICIAL DE <i>Pinus patula</i> var. <i>longipedunculata</i> Y <i>Pinus pseudostrobus</i> var. <i>apulcensis</i> EN VIVERO.....	353
María Mercedes Cervantes-Machuca ^{1§} , Gerardo Rodríguez-Ortiz ¹ , Salvador Lozano-Trejo, Marcos Emilio Rodríguez-Vásquez ¹ , Daniel Martínez-Santiago ² , Ernesto Hernández-Santiago ¹	353
REMEDIACIÓN DE PARCELAS PERMANENTES EN SAN PEDRO EL ALTO, ZIMATLÁN, OAXACA	360
María del Carmen Zárate-Salinas ^{1§} , José Daniel García-García ¹ , Héctor M. De los Santos-Posadas ² , José Cristóbal Leyva-López ¹ , Moisés Raúl Hernández-Cortez ³	360
ESTIMACIÓN DE CARBONO ARBÓREO AÉREO MEDIANTE MUESTREO SIMPLE Y ESTRATIFICADO	367
Yazmin Pérez-Alavez ^{1§} , Gerardo Rodríguez-Ortiz ¹ , Wenceslao Santiago-García ² , Iván José Aguilar-Pinacho ¹ , Salvador Lozano-Trejo ¹ , Marcos Emilio Rodríguez-Vásquez ¹	367
DIVERSIDAD DE MESOFAUNA Y MACROFAUNA EDÁFICA EN PASTIZAL Y CAFETAL	374
Luis Gerardo Vázquez-Guevara ¹ , Andrés Adrián Urías-Salazar ² , Alejandro García-Ramírez ³ , Leandro Charão Schwertner ⁴ , Luis Eduardo Tamayo-Ruiz ^{2§}	374
DESAFÍOS CLIMÁTICOS PERCIBIDOS Y ALTERNATIVAS AGROECOLÓGICAS EN CAFETALES DE SAN ISIDRO HUAYÁPAM, OAXACA, MÉXICO.....	381
José Uriel García-Domínguez [§] , Yuri Villegas-Aparicio, Aarón Martínez-Gutiérrez, Vicente Arturo Velasco-Velasco, Gustavo Omar Díaz-Zorrilla	381
COLIFORMES TOTALES Y FUENTES PUNTUALES DE CONTAMINACIÓN EN EL AGROECOSISTEMA CON CAÑA DE AZÚCAR	388
Juan Valente Megchun-García ^{1§} , María del Refugio Castañeda-Chávez ¹ , Alejandra Soto-Estrada ² , Isabel Araceli Amaro-Espejo ¹ , Daniel Arturo Rodríguez-Lagunes ³	388
PROPAGACIÓN CLONAL <i>in vitro</i> DE <i>Catsetum integerrimum</i> HOOKER. A PARTIR DE PSEUDOBULBOS.....	396
Diego Olvera-Casanova ¹ , Angeles Sánchez-Contreras ¹ , Joaquín Qui-Zapata ² , Gilbert Herrera-Cool ³ , José Vidal Cob-Uicab ³ , Guadalupe López-Puc ^{1§}	396
IDENTIFICACIÓN DE METABOLITOS BIOACTIVOS EN EL HONGO <i>Calvatia gigantea</i> EN CULTIVO <i>in vitro</i>	403
Yamil Evelyn Chávez-Mendoza, Baleria María Hernández Chávez, Marco Antonio Sánchez Medina, Iván Antonio García Montalvo, Diana Matías Pérez, Alma Dolores Pérez-Santiago [§]	403



<i>Fomitopsis pinicola</i> Y SU TOLERANCIA A LOS METALES PESADOS EN CULTIVO <i>in vitro</i>	409
Samuel Rueda Cruz, Yesenia López Aragón, Marco Antonio Sánchez Medina, Iván Antonio García Montalvo, Aymara Judith Díaz Barrita, Alma Dolores Pérez Santiago§	409
CRIOPRESERVACIÓN DE CÉLULAS EN SUSPENSIÓN DE <i>Strombocactus disciformis</i> (DC.) BRITTON & ROSE.....	416
Joel Pérez-Crisanto, Miguel Verastegui-Vidal, Yolanda Pozos-Ruiz, Gerardo Ortiz-Montiel§	416
CINÉTICA DE CRECIMIENTO DE LA MICROALGA <i>Pectinodesmus pectinatus</i> EN UN FOTOBIOREACTOR DE TANQUE AGITADO CULTIVADO CON DIÉSEL	424
Delmar Ernesto López-Quiroz ¹ , Arnulfo Rosales-Quintero ^{2§} , Peggy Elizabeth Álvarez-Gutiérrez ² , Juan José Villalobos-Maldonado ² , Samuel Enciso-Saenz ² , Rosa Isela Ángeles Borraz-De Paz ² , Cristian Eduardo Arcos-Roblero ² , Carlos Daniel Hidalgo-Gómez ²	424
ESTUDIO DE LA SUPLEMENTACIÓN DE BICARBONATOS SOBRE EL CRECIMIENTO DE MICROALGAS DE LAS CASCADAS “EL CHIFLÓN”	431
Blanca Olivia Trejo-Paniagua ¹ , Arnulfo Rosales-Quintero ^{1§} , José Humberto Castañón-González ¹ , Peggy Elizabeth Álvarez-Gutiérrez ¹ , Eberto Novelo-Maldonado ²	431
FORMACIÓN DE MATRICES BIOPOLIMÉRICAS A BASE DE QUITOSANO CON POTENCIAL TRATAMIENTO DE AGUAS CONTAMINADAS.....	439
Santiago Arévalo Emiliano-Sebastián ¹ , Gonzalo Santos-López ^{2§} , Javier Díaz-Santiago ² , Flor de Belem Pérez-Chávez ¹ , Noemi González-Zarate ¹ , Minerva Donají Méndez-López ¹	439
APLICACIÓN PARA PREDECIR EL VOLUMEN FUSTAL DE ESPECIES FORESTALES (VERSIÓN I): UNA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA DE ACCESO LIBRE	447
Pablo Antúnez.....	447
APLICACIÓN MÓVIL PARA EL SEGUIMIENTO DE ENTREGAS DE PRODUCTOS PREFABRICADOS POR HERROZINC	454
Esperanza Belen Mesinas Santiago, Ambrosio Cardoso Jiménez§, Rubén César Reyes Juárez, Hiber Yair Ambrocio López.....	454



Revista Mexicana de Agroecosistemas

Vol. II (Suplemento I), 2024, 19 - 21 de noviembre, ISSN: 2007-9559

VII Congreso Nacional de Recursos Naturales, Sistemas de Producción e Innovación Tecnológica

I Congreso Internacional de Biodiversidad, Innovación y Sustentabilidad

RESÚMENES CORTOS

EJE TEMÁTICO I. GESTIÓN DE LA BIODIVERSIDAD (GB)



DISTRIBUCIÓN Y CARACTERÍSTICAS EXTERNAS DE NIDOS DE ABEJAS NATIVAS SIN AGUIJÓN EN EL TRÓPICO SUBHÚMEDO

DISTRIBUTION AND EXTERNAL CHARACTERISTICS OF NESTS OF NATIVE STINGLESS BEES IN THE SUB-HUMID TROPIC

Paulina Cesta-Bautista¹, Socorro Morales-Flores², Elizabeth León-García², Denis Ismael Magaña-Ortiz³,
Eugenio Rangel-León¹, Arturo Ángel-Hernández^{2§}

¹Instituto Tecnológico de Boca del Río, Carretera. Veracruz-Córdoba Km.12 C.P. 94290. Boca del Río, Ver.

²INIFAP, Campo Experimental La Posta del Centro de Investigación Regional Golfo Centro, Km. 22.5, Carretera Federal Veracruz-Córdoba, Paso del Toro, Medellín de Bravo, Veracruz. C.P. 94277. ³Instituto Tecnológico de Mérida Yucatán, Av. Tecnológico S/N Km. 4.5 C.P. 97118, Mérida, Yucatán. [§]Autor de correspondencia: (angel.arturo@inifap.gob.mx).

RESUMEN

Las abejas nativas sin aguijón conforman un grupo muy diverso, en México se reportan 46 especies agrupadas en 16 géneros de tal forma que las diferentes especies presentan variaciones en el tamaño, color, comportamiento y anidación. La identificación morfológica es compleja por lo que puede complementarse a través de la estructura y de la entrada del nido. Por lo que el objetivo de este trabajo fue conocer los sitios de anidación y características de entradas al nido de abejas nativas sin aguijón para la identificación. El trabajo se llevó a cabo en el municipio de Medellín de Bravo, Veracruz, en los meses de julio-septiembre 2024, se contempló un área de 130 ha destinadas a la ganadería, se realizaron recorridos de campo para la identificación de nidos, estos fueron georreferenciados y evidenciados con fotografías. Se describieron los nidos hallados y se registró la especie vegetal donde se encontraron. Con las características del nido descritas por Romero et al. (2023) se realizó la identificación de las abejas sin aguijón. En los 14 sitios georreferenciados (19.016729, -96.138455) se ubicaron dos especies de abejas sin aguijón: *Nannotrigona*

perilampoides y *Scaptotrigona pectoralis*. Las abejas *N. perilampoides* construyen la entrada de su nido en forma tubular que puede llegar a medir hasta 15 cm. El tubo está elaborado con una delgada película de cerumen muy blando de color amarillento con apertura simple. La *N. perilampoides* mantiene entre cinco a 15 individuos de abejas guardianas en la entrada de su nido. Esta especie se encontró en árbol de mulato (*Bursera simaruba*). La entrada del nido de las abejas de *S. pectoralis* mide entre 3 y 6 cm, tiene forma de trompeta, es de color parecido a la corteza del árbol donde nidifica y está hecho de una mezcla de cera y resinas de consistencia rígida. En la entrada del nido de esta especie se observan 10 abejas guardianas. Esta especie se encontró en árbol de mulato (*Bursera simaruba*). Las características externas del nido pueden proporcionar un método alternativo para la identificación de abejas nativas sin aguijón.

Palabras clave: biodiversidad, meliponini, polinizadores.



CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DE PLANTAS INJERTADAS DE TOMATE (*Solanum lycopersicum*) EN RESPUESTA AL SUSTRATO

GROWTH AND FRUIT YIELD OF GRAFTED TOMATO PLANTS (*Solanum lycopersicum*) IN RESPONSE TO SUBSTRATE

Pedro Santiago López-Márquez¹, Lina Pliego-Marín¹, Manuel Fabián-Rojas¹, Reina María de los Ángeles Gámez-Hernández¹, Claudia López-Sánchez², López-Baltazar Javier^{1§}

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. Ex Hacienda de Nazareno SN Agencia de Policía Nazareno, 71230 Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca. ²Instituto Tecnológico de Oaxaca. Av. Ing. Víctor Bravo Ahuja No. 125, esquina Calzada Tecnológico. 68030. §Autor de correspondencia: javier.lb@voaxaca.tecnm.mx.

RESUMEN

El injerto de solanáceas es una alternativa sustentable para proporcionar tolerancia a problemas bióticos (enfermedades) y abióticos (salinidad y sequía). Estudios recientes han demostrado que el injerto puede influir de manera positiva en el rendimiento, crecimiento, así como en la calidad del fruto. En este estudio se evaluó el crecimiento y la producción de plantas de tomate injertadas en respuesta al sustrato bajo condiciones de invernadero. Los tratamientos consistieron en la combinación de plantas de tomate saladette injertadas sobre plantas de un tomate nativo de Oaxaca y no injertadas, ambas cultivadas en arena de río y lombricomposta en invernadero. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con tres repeticiones y un total de doce unidades experimentales. El cultivar utilizado como injerto fue 'Tobala' (KWS®). A las 18 semanas después del inicio de los tratamientos, hubo un efecto significativo de la interacción injerto x sustrato, las plantas de tomate cultivar 'Tobala' sin injertar cultivadas en lombricomposta alcanzaron la mayor altura de planta y el mayor diámetro de tallo mientras que el número de

hojas por planta, no fue afectado por los tratamientos. Durante 16 semanas de cosecha, el rendimiento total, el número total de frutos por m² y el peso promedio por fruto, solamente fueron afectados por el factor de estudio injerto en donde las plantas de tomate sin injertar tuvieron el mayor valor para estas tres variables de estudio. No obstante, el número de frutos necrosados, rajados y manchados m⁻², no fueron afectados por los tratamientos. Los niveles más altos de textura y acidez titulable fueron obtenidos en frutos cosechados de plantas sin injertar y cultivadas en lombricomposta en tanto que los sólidos solubles no fueron afectados por los tratamientos. Se sugiere que el cultivar 'Tobala' presenta una buena capacidad y carga genética para generar buen crecimiento y rendimiento en plantas de tomate, razón por lo que el injerto no modificó las variables estudiadas. Es necesario evaluar el efecto del mismo portainjerto en otras cultivares comerciales de tomate saladette para corroborar si su comportamiento es similar o no.

Palabras clave: calidad de fruto, injerto, lombricomposta, rendimiento.



ESTABLECIMIENTO Y SOBREVIVENCIA DE *Brosimum alicastrum* Swartz EN LA SERRANÍA DE HUIMANGUILLO, TABASCO

ESTABLISHMENT AND SURVIVAL OF *Brosimum alicastrum* Swartz IN THE MOUNTAIN RANGE OF HUIMANGUILLO, TABASCO

Agrícola Arrieta-Rivera^{1§}, Sergio De la Cruz-Hernández¹, Lorenzo A. Aceves-Navarro², Juan De la Cruz-May¹, Rodimiro, Ramos-Reyes³

¹Tecnológico Nacional de México/IT Zona Olmeca, Prol. Ignacio Zaragoza S/N, Villa Ocuiltzapotlán, Centro, Tabasco. ²Colegio de Postgraduados Campus Tabasco, Periférico Carlos A. Molina S/N, Carretera Cárdenas-Huimanguillo km 3.0, ³ECOSUR unidad Villahermosa, Carretera a Reforma km. 15.5 s/n Ra, Guineo 2da. Sección, Tabasco. 86280. §Autor de correspondencia: (agricola.ar@zolmeca.tecnm.mx).

RESUMEN

El objetivo del presente estudio consistió en evaluar la adaptación y sobrevivencia de ramón (*Brosimum alicastrum* Swartz), durante un periodo de 6 meses en la parte Serrana del municipio de Huimanguillo, Tabasco, donde bajo condiciones de campo se trasplantaron 100 arbolitos de un mes de edad a raíz desnuda, obtenidos de un vivero donde se utilizó como sustrato inerte tepexil. Las plantas se establecieron en un diseño experimental completamente al azar. Las variables evaluadas mensualmente, fueron altura y diámetro; encontrándose un incremento en la altura de 4.4 cm por mes, con una media de 35.5 cm, y una desviación estándar de 2.9, durante el tiempo que duró el experimento. En cuanto al diámetro, se observó un incremento de 0.06 mm

por mes y una desviación estándar de 0.03 mm, alcanzándose un promedio final de 0.61 mm, manteniendo un promedio de 6 hojas por planta. Los resultados mostraron que esta especie tuvo una buena adaptación y sobrevivencia del 94 % en esa área natural. Asimismo, se encontró que no hubo diferencias significativas entre las unidades experimentales relativas al crecimiento de las plantas de ramón. En todas ellas se observaron resultados favorables utilizando esta técnica a raíz desnuda. Lo anterior mostró que esta especie puede establecerse, adaptarse y sobrevivir en ambientes naturales con condiciones de suelo de lomeríos y clima tropical.

Palabras clave: crecimiento, raíz desnuda, sobrevivencia, trasplante.



ANÁLISIS ESPACIO TEMPORAL DE LA PRODUCCIÓN CIENTÍFICA SOBRE
AGROBIODIVERSIDAD DE CULTIVOS AGRÍCOLAS

SPATIAL-TEMPORAL ANALYSIS OF SCIENTIFIC PRODUCTION ON AGROBIODIVERSITY
OF AGRICULTURAL CROPS

Víctor Manuel Toribio-Solis¹, Mario Rocandio-Rodríguez^{1§}, Alberto Santillán-Fernández², Yolanda del
Rocío Moreno-Ramírez¹, Julio Cesar Chacón-Hernández¹

¹Universidad Autónoma de Tamaulipas-Facultad de Ingeniería y Ciencias. Mariano Matamoros s/n, Zona Centro, Ciudad Victoria, Tamaulipas. México. ²Colegio de Postgraduados, IxM Conahcyt, carretera Haltunchén-Edzná, km. 17.5, Sihochac, Champotón, Campeche, México. [§]Autor de correspondencia: (mrocandio@docentes.uat.edu.mx).

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue analizar, mediante técnicas bibliométricas, la investigación publicada en artículos científicos donde se evaluó la agrobiodiversidad de cultivos agrícolas, para identificar metodologías de análisis, especies vegetales y la aplicación de sus resultados. La palabra clave utilizada para la búsqueda de los textos fue agrobiodiversidad y agrobiodiversity. Se consideraron los textos disponibles en las principales editoriales (Elsevier, Scopus, y Springer), base de datos de artículos de revistas de acceso abierto (Conricyt, Scielo, Redalyc, Latindex, Claryvate Analytics, periódica y DOAJ), y el motor de búsqueda web de libre acceso Google Académico. De 2000 a 2023 se identificaron 450 textos, la frecuencia de su publicación mostró una tendencia lineal creciente ($R^2 = 0.77$; $p < 0.0001$). Los países con mayor frecuencia fueron:

USA (36 textos), México (34), India (31), Brasil (29), Colombia (25) y Ecuador (25). Los cultivos de mayor análisis fueron en países asiáticos: arroz y caña de azúcar, en América del Norte: maíz y frijol, América del Sur: papa y café, y en Europa; trigo, uva y tomate. Mientras que las metodologías de análisis se centraron en índices de diversidad como Shannon-Wiener, Margalef y Simpson; y técnicas estadísticas: descriptivas (frecuencias), inferencia (correlación de Pearson y Spearman, análisis de varianza y pruebas de medias por Tukey y Duncan) y multivariadas (clúster y componentes principales). El 63.25 % de los textos se limitó a describir la agrobiodiversidad, lo que deja un área de oportunidad para desarrollar investigación sobre la diversidad genética orientada a la productividad y conservación.

Palabras clave: agricultura, análisis de contenido, artículo científico, bibliometría, conservación.



VIABILIDAD, IMBIBICIÓN Y GERMINACIÓN EN SEMILLAS DE “CHILE DE AGUA”
(*Capsicum annuum* L.)

VIABILITY, IMBIBITION AND GERMINATION IN “CHILE DE AGUA” (*Capsicum annuum* L.)
SEEDS

Karen del Carmen Guzmán-Sebastián[§], Vicente Arturo Velasco-Velasco, Rodolfo Benigno de los Santos-Romero, José Raymundo Enríquez-del Valle, Neftalí Sánchez-Celaya, Judith Ruíz-Luna

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, División de Estudios de Posgrado e Investigación, Ex Hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca, México. C. P. 71233. [§]Autor de correspondencia: (karen_guzmansenastian@hotmail.com).

RESUMEN

El “chile de agua” (*Capsicum annuum* L.) es una hortaliza que se consume en los Valles Centrales de Oaxaca. Los agricultores extraen las semillas de los frutos fisiológicamente maduros de forma tradicional, por lo que es necesario estudiar los estándares de calidad. El objetivo fue analizar el potencial germinativo de 6 procedencias de semillas de “chile de agua”, para determinar cuatro parámetros de calidad. Se realizó una prueba de viabilidad adicionando tetrazolio ($C_{19}H_{15}ClN_4$) al 0.5 % durante 24 h a 25 °C. Una prueba de imbibición con agua destilada donde se registró el peso (g) de las semillas a las 0, 2, 4, 6 y 18 horas transcurridas. Posteriormente, se registró hasta el día 11, el número de semillas germinadas establecidas en cajas Petri sobre papel absorbente húmedo, y en condiciones de obscuridad a temperatura ambiente. Se calculó el índice de velocidad de germinación. Se usó el diseño experimental completamente aleatorio con factorial 6 (procedencias) $\times$ 2 (sección del fruto donde se extrajo la semilla), con tres repeticiones. La unidad experimental se conformó por 20

semillas. Se realizaron análisis de varianza, pruebas de medias Tukey ($p \leq 0.05$) y análisis clúster. El análisis de varianza mostró significancia en la ganancia de peso ($p = 0.0016$), germinación (%) ($p = 0.0068$), e índice de velocidad de germinación ($p = 0.0133$) entre la procedencia de las poblaciones. Lo contrario sucedió con la viabilidad (%) en la prueba de tetrazolio, ya que las procedencias fueron no significativas ($p \leq 0.05$). Las semillas procedentes de Etlá mostraron la más alta viabilidad (99.17 %). La mayor absorción de agua en la imbibición se presentó en las semillas procedentes de Tlapacoyan (0.2457 g) y Zimatlán (0.2406 g). La germinación y la velocidad de germinación no mostraron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre las procedencias. Las semillas procedentes de Etlá, mostraron la mayor germinación con 96.65 %. Las semillas adheridas a la zona de la placenta mostraron significativamente ($p \leq 0.05$) los valores más altos, por lo que presentan un mayor potencial germinativo.

Palabras clave: ISTA, potencial germinativo, tetrazolio, Valles Centrales.



CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y CONTENIDO FENÓLICO DE VARIEDADES DE MAÍCES NATIVOS DEL ESTADO DE OAXACA

PHYSICAL CHARACTERIZATION AND PHENOLIC CONTENT OF LANDRACES OF OAXACA, MEXICO.

Itandehui Arriaga-González^{1§}, Lilia L. Méndez-Lagunas^{1,2}, Laura V. Aquino-González¹

¹Instituto Politécnico Nacional. CIIDIR Unidad Oaxaca, Laboratorio de Tecnología Agroalimentaria, Hornos #1003, Col. Noche Buena Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, C.P.71230, México. ²Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), Insurgentes Sur, Colonia Crédito Constructor. Alcaldía Benito Juárez, C.P.03940, México. [§]Autor de correspondencia: (iarriaga1800@alumno.ipn.mx).

RESUMEN

Oaxaca cuenta con gran diversidad de maíces nativos pigmentados valorados por su colorido y uso, a los cuales se les atribuyen compuestos bioactivos preventivos de enfermedades relacionadas con la oxidación celular. El objetivo fue evaluar dureza indirecta (DI) con el peso de 100 granos e índice de flotación (IF), dureza directa (DD) por compresión en texturómetro, proporciones anatómicas (PA), relación de endospermo vitreo (EV) y harinoso (EH), y contenido de fenoles totales (CFT) de cinco variedades nativas del estado de Oaxaca: Chalqueño blanco (CB), Mixe amarillo (MA), Chiquito morado (CM), Serrano rojo (SR) y Bolita azul (BA). Se empleó un diseño experimental de una vía con las variedades de maíces como variable independiente y cinco niveles. Se implementó una prueba de ANOVA y Tukey ($p \leq 0.05$). Se encontraron diferencias significativas en el tamaño del grano (excepto longitud). CB y SR fueron granos duros con valores más bajos de peso (30-40 g/100 granos) e

IF más altos (14-24), menor DD de 112.5-173.5 newtons (N). Las PA mostraron diferencias significativas, el mayor porcentaje de pericarpio fue 5.74 % en SR, endospermo 87.20 % en CB, germen 11.32 % en CM y del 2.98% en BA. Respecto a tipo de endospermo CB tuvo el 55 % de EV y el 45% EH. El CFT mostró diferencias significativas entre variedades, sobre todo en SR y BA que mostraron un mayor contenido de CFT con 112-115 mg EAG, mayor tamaño de grano, DI media con IF del 39.39-40.26, DD de 122.5-173.5N, PA del 4.91 %-5.74 % de pericarpio, endospermo 82.50 % - 85.36 %, germen 6.75 % - 10.08 %, piloriza 1.67 % - 2.98 %, EV entre 38.77 % - 48.75 % y una relación del 33.75 % - 46.59 % de EH. Los maíces nativos pigmentados Serrano rojo y Bolita azul podrían ser una fuente para la extracción de algunos compuestos bioactivos para formular alimentos funcionales, materiales y fármacos.

Palabras clave: dureza, fenoles, fracciones-anatómicas, nativos.



PROPAGACIÓN DE AGAVES CON ENFOQUE SUSTENTABLE

AGAVE PROPAGATION WITH A SUSTAINABLE APPROACH

Álvaro Zuriel Bailón-Ortiz, Gabino Alberto Martínez-Gutiérrez[§], Isidro Morales-García, Cirenio Escamirosa-Tinoco

Instituto Politécnico Nacional-Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca. Hornos 1003, Col. Noche Buena, Santa Cruz Xoxocotlán 71230, Oaxaca, México. §Autor de correspondencia: (abailono2300@alumno.ipn.mx, gamartinezg@ipn.mx).

RESUMEN

El rápido crecimiento de la industria mezcalera en el país ha incrementado la demanda de los agaves silvestres y cultivados, lo cual ha provocado que se tomen decisiones precipitadas en la multiplicación de estas especies como respuesta rápida al requerimiento actual de plantas de agave para siembra, principalmente por empresarios productores de agave y mezcal, consolidados. Una de estas decisiones es la propagación *in vitro*, la cual se ha desarrollado principalmente como estrategia de recuperación o conservación del acervo genético vegetal en peligro de extinción, sin embargo, para la multiplicación masiva no es una opción viable, debido a que las plantas producidas por este medio manifiestan alta uniformidad genética y resistencia a diversos ambientes y mayor susceptibilidad a problemas fitosanitarios. El cambio climático, nos obliga al aprovechamiento sostenible de las especies vegetales y exige la conservación de la variabilidad genética de las especies. El objetivo de este trabajo fue comparar los métodos de propagación sexual y asexual de los

agaves, principalmente sus diferencias en cuanto a costos de producción, tiempo de crecimiento en vivero y algunos aspectos ambientales. En entrevistas con productores de plantas de agave, se obtuvo información de costos de producción por cada método de propagación, así mismo se calculó el número de semillas por kilogramo de seis especies, su porcentaje de germinación y porcentaje estimado de pérdida; además se revisaron las ventajas y desventajas en cuanto a uniformidad y posibles efectos en el ambiente por cada método de propagación. Las plantas de agave obtenidas por propagación *in vitro* presentaron los costos 250 - 300 % más altos y con alta uniformidad, contrario a las obtenidas por semilla, este último método fue el que más utilizan los productores de agave e indicaron que conserva la entomofauna polinizadora y es fácil de realizar. Por lo tanto, la propagación por semilla se presenta como la alternativa, económica, ecológica y sustentablemente viable.

Palabras clave: agave mezcalero, aprovechamiento, conservación, propagación, sustentabilidad.



USO DE BIOESTIMULANTES EN PLANTAS DE CRESTA DE GALLO (*Celosia cristata*) EN
CONDICIONES DE CAMPO

USE OF BIOSTIMULANTS IN COCK'S COMB PLANTS (*Celosia cristata*) UNDER FIELD
CONDITIONS

José Perea-Bojórquez¹, Delfina Salinas-Vargas¹, Ramiro Maldonado-Peralta^{1§}, Andrés León-Villanueva¹,
María Ángeles Maldonado-Peralta²

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Guasave. Carretera a la Brecha, S/N. Burrioncito, Guasave, Sinaloa. CP. 81149. ²Universidad Autónoma de Guerrero, Unidad Académica Región de la Costa Chica, Licenciatura en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Cruz grande, Municipio de Florencio Villareal, Guerrero, México. [§]Autor de correspondencia: (ramiro.mp@guasave.tecnm.com).

RESUMEN

El objetivo se planteó para medir el efecto de los bioestimulantes en cultivo de cresta de gallo (*Celosia cristata*) en su producción en la zona de Guasave, Sinaloa, México. El trabajo se realizó en el campo experimental del Instituto Tecnológico Superior de Guasave. Se evaluó a campo abierto el efecto de cinco bioestimulantes: 1) XP-Amino, 2) X-Plendor, 3) SeaMYNE, 4) SYNTEK, 5) Testigo, 6) Greenforce+micros y 7) invernadero. Se midieron variables agronómicas, biomasa total (g) y Área foliar (m²). El diseño experimental y tratamientos fueron establecidos y analizados en un diseño completamente al azar con tres

repeticiones. Cada unidad experimental fue una planta. Los resultados obtenidos indican que en todas las características medidas se detectaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$). La aplicación del bioestimulante SeaZYME presentó la mayor acumulación de biomasa. Las plantas cultivadas en condiciones protegidas de maya sombra generaron flores de mayor calidad en diámetro y peso seco de flor. El bioestimulante SeaZYME, presentó mejor valor con 146 g en la producción de biomasa, donde promovió el crecimiento e incrementaron la calidad.

Palabras clave: bioestimulantes, biomasa, maya sombra, SeaZYME.



PRINCIPALES ESPECIES DE PINO BAJO APROVECHAMIENTO DE RESINA EN MÉXICO

MAIN PINE SPECIES UNDER RESIN UTILIZATION IN MEXICO

María Mercedes Cervantes-Machuca^{1§}, Salvador Lozano-Trejo², Gerardo Rodríguez-Ortiz², José Raymundo Enríquez-del Valle², Daniel Martínez-Santiago³, Marcos Emilio Rodríguez-Vásquez²

^{1,2}Estudiante, investigador, Tecnológico Nacional de México (TecNM)/Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca (ITVO). División de Estudios de Posgrado e Investigación (DEPI). Ex hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca, México. C.P. 71233. ³Tecnm/Instituto Tecnológico Superior de San Miguel el Grande, Tlaxiaco, Oaxaca, México. [§]Autor de correspondencia: (mariacervantesmachuca96@gmail.com).

RESUMEN

Las resinas se clasifican en sintéticas y naturales, dentro de la última se encuentra la resina proveniente de las coníferas y es utilizada principalmente como colofonia y trementina; en el país, el aprovechamiento de resina con fines comerciales tuvo sus inicios en 1920, siendo Jalisco, Oaxaca, Estado de México y Michoacán los principales estados de la República Mexicana que realizan el aprovechamiento de resina. El objetivo fue analizar la variabilidad de especies de coníferas utilizadas para aprovechamiento de resina en México. La investigación se realizó en 2024 para identificar la dinámica de producción de resina por especie; se realizó una revisión bibliográfica exhaustiva en plataformas de información científica, se utilizó artículos científicos y folletos técnicos como fuente documental para sistematizar la información, haciendo énfasis a nivel nacional y de aquellos taxones que se aprovechan en México. A nivel nacional son diversas las especies utilizadas en el aprovechamiento de resina, *Pinus pringlei* encabeza la lista con una producción estimada de

5.46 kg/cara/año y con 45 trabajos publicados en aprovechamiento de resina; a su vez, *P. oocarpa* y *P. lawsoni* producen 4.33 y 4.02 kg/cara/año respectivamente. Sin embargo, *P. teocote* solo presenta 2 kg/cara/año, y puede deberse a la falta de estudio para esta especie ya que solo presenta 2 trabajos publicados. A través de información científica publicada, son 12 las especies utilizadas a nivel nacional; de esta manera, *P. pringlei*, *P. leiophylla*, *P. pseudostrobus* y *P. michoacana* son las más estudiadas. A diferencia de *P. oaxacana*, *P. rudis*, *P. herrerae*, *P. oocarpa* y *P. greggii* quienes son las especies menor estudiadas. Son varios los estados a nivel nacional que utilizan diferentes especies de pino para el aprovechamiento de resina; sin embargo, no en todas las especies utilizadas se han enfocado las investigaciones, es por ello la importancia de evaluar la producción de resina para cada especie utilizada y con esto hacer una valoración económica para determinar por regiones la aceptabilidad de las especies en la producción de resina.

Palabras clave: colofonia, coníferas, resina, trementina.



PERFIL DE COMPUESTOS FENÓLICOS LIBRES Y LIGADOS DEL NEJAYOTE DE CINCO
VARIEDADES DE MAÍCES (*Zea mays* L.)

PROFILE OF FREE AND BOUND PHENOLIC COMPOUNDS OF NEJAYOTE FROM FIVE
CORN BREEDS (*Zea mays* L.)

Itandehui Arriaga-González^{1§}, Lilia L. Méndez-Lagunas^{1,2}, Laura V. Aquino-González¹

¹Instituto Politécnico Nacional. CIIDIR Unidad Oaxaca, Laboratorio de Tecnología Agroalimentaria, Hornos #1003 Col. Noche Buena Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, C.P.71230, México. ²Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), Insurgentes Sur, Colonia Crédito Constructor. Alcaldía Benito Juárez, C.P.03940, México. [§]Autor de correspondencia: (iarriaga1800@alumno.ipn.mx).

RESUMEN

La nixtamalización (NIX) como tratamiento térmico alcalino del maíz ablanda, hidroliza las paredes vegetales y libera compuestos bioactivos (CB) como proteínas, grasas, fibras y fenoles. De la NIX se obtienen granos tratados (GN) y un líquido llamado nejayote (NEJ) que contiene compuestos lixiviados del maíz, pero que es desechado y causa contaminación. Los compuestos predominantes del NEJ son el ácido ferúlico y las antocianinas en maíces pigmentados, pero no se ha profundizado en la búsqueda de otros compuestos. El objetivo fue obtener el perfil fenólico de las fracciones libres (FL) y ligadas (FLIG) del NEJ de cinco variedades de maíces: Chalqueño blanco (CB), Mixe amarillo (MA), Chiquito morado (CM), Serrano rojo (SR) y Bolita azul (BA)

mediante HPLC-UV. Se empleó un diseño de una vía con las variedades de maíces como variable independiente y cinco repeticiones. Los datos se analizaron una prueba de ANOVA y Tukey ($p \leq 0.05$). El contenido fenólico total de las FL estuvo en un rango de 409-687 mg EAG y de 73-150 mg EAG en la FLIG. En la identificación de las fracciones de NEJ por HPLC-UV se encontraron siete ácidos hidroxicinámicos (AF): siríngico, vanílico, hidroxibenzoico, cafeico, sinápico, ferúlico, p-cumárico y dos flavonoides: quercetina y kaemferol. El NEJ de maíces pigmentados podría ser una fuente valiosa y de bajo costo para la obtención de compuestos bioactivos con posibles aplicaciones en el sector industrial.

Palabras clave: ácidos-hidroxicinámicos, flavonoides, fracciones-fenólicas, maíz-nativo.



ATRIBUTOS AGROPRODUCTIVOS DE POBLACIONES DE JITOMATE NATIVO DE OAXACA CULTIVADAS EN INVERNADERO

AGRO-PRODUCTIVE ATTRIBUTES OF GREENHOUSE-GROWN POPULATIONS OF NATIVE TOMATO FROM OAXACA

Viviana Areli Hernández-Ríos^{1§}, José Cruz Carrillo-Rodríguez², José Luis Chávez-Servia³, Marco Antonio Vásquez-Dávila², Salvador Lozano-Trejo², Gisela Virginia Campos-Angeles²

^{1,2}Estudiante, Investigador, TecNM-ITVO, Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca. ³Instituto Politécnico Nacional, CIIDIR Unidad Oaxaca. Ex Hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca, México. C.P 71230. [§]Autor de correspondencia (rioshdzrojas38@gmail.com).

RESUMEN

México alberga una notable diversidad de poblaciones de jitomate nativo (*Solanum lycopersicum* L.), que se caracterizan por sus variadas morfologías, tamaños, colores y sabores, lo que las convierte en valiosos recursos fitogenéticos. El objetivo fue evaluar la variabilidad en los atributos agroproductivos de una colección de poblaciones de jitomate nativo de Oaxaca, cultivadas en invernadero utilizando dos sistemas de producción: el suelo (convencional) y el sistema hidropónico. El estudio se llevó a cabo en los invernaderos del Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, en donde se implementó un diseño experimental de bloques al azar. Los resultados revelaron que el sistema de suelo tuvo un efecto significativo en la promoción de una mayor altura en comparación con el sistema hidropónico. Por otro lado, el sistema hidropónico destacó en el peso total del primer al quinto racimo, así como en el diámetro polar y ecuatorial de los frutos. Sin embargo, no se observaron

diferencias significativas en el peso y diámetro promedio de los frutos ni en el número total de frutos por planta entre ambos sistemas. Entre las poblaciones estudiadas, se encontró que las poblaciones L-080, L-090, X-01-I, I-44, L-107 y I-45 presentaron las mayores alturas, superando los 2.3 metros, y se consideran de crecimiento indeterminado. En cuanto al rendimiento por planta, se observó que las poblaciones H-67, I-10, I-16, H-22 y H-80 produjeron más de 2 kg/planta en ambos sistemas de producción. En conclusión, este estudio revela que los sistemas de producción de suelo e hidropónico exhiben diferencias sustanciales en cuanto a la altura de las plantas a 90 y 120 días después del trasplante. Mientras que el sistema de suelo favoreció una mayor altura, el sistema hidropónico mostró valores superiores en el peso total de frutos hasta el quinto racimo y en el diámetro polar de los frutos.

Palabras clave: altura, hidroponía, rendimiento, *Solanum lycopersicum*, suelo.



DIVERSIDAD FLORÍSTICA DE LA ZONA “EL TINTILLO” EN LA RIBERA DEL RÍO
GRIJALVA, TABASCO, MÉXICO

FLORISTIC DIVERSITY OF THE “EL TINTILLO” ZONE ON THE BANKS OF THE
GRIJALVA RIVER, TABASCO, MEXICO

Alma Deysi Anacleto-Rosas[§], Adriana de la Cruz-Uribe, Nelly del Carmen Jiménez-Pérez, Guadalupe
Bonfil-Magaña, Mórtila Cruz-Ascencio

*Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, División Académica de Ciencias Biológicas, Carretera
Villahermosa-Cárdenas km 0.5, C.P. 86287, Villahermosa, Tabasco, México. §Autor de correspondencia:
(alma.anacleto@ujat.mx).*

RESUMEN

El cambio climático y las actividades humanas han acelerado la deforestación de diversos ecosistemas a nivel mundial. En Tabasco la vegetación ribereña ha sido afectada por la erosión de los ríos, por lo cual para caracterizar la vegetación de un área la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (*SEMARNAT*) pide realizar el trabajo de campo que respalde el análisis de la composición florística, así como identificar las especies enlistadas en la Norma Oficial Mexicana 059. El objetivo fue evaluar la composición florística y el estado de conservación presente en la margen derecha del río Grijalva en la zona de “El Tintillo”, Centro, Tabasco. Se registraron 21 familias, 29 géneros y 33 especies botánicas. Las

familias más representativas son Asteraceae con 6 especies y Euphorbiaceae con 3 especies. Las formas biológicas más abundantes son: herbáceas (22 especies), árboles (8 especies) y arbustos (3 especies). Se registraron 7 especies introducidas y 26 nativas, así como abundantes plántulas de *Salix humboldtiana*. “El Tintillo” es una zona en constante impacto ambiental por la construcción de los bordes que estabilizan e impiden la erosión del río evitando afectaciones a las comunidades aledañas, por lo cual se propone un programa de rescate de plántulas de especies arbóreas nativas para reforestar las márgenes del río Grijalva.

Palabras clave: árboles tropicales, humedales, listado florístico, reforestación, vegetación ribereña.



CRECIMIENTO INICIAL DE *Pinus patula* var. *longipedunculata* Y *Pinus pseudostrobus* var. *apulcensis*
EN VIVERO

INITIAL GROWTH OF *Pinus patula* var. *longipedunculata* AND *Pinus pseudostrobus* var. *apulcensis*
IN NURSERY

María Mercedes Cervantes-Machuca^{1§}, Gerardo Rodríguez-Ortiz¹, Salvador Lozano-Trejo¹, Marcos Emilio Rodríguez-Vásquez¹, Daniel Martínez-Santiago², Ernesto Hernández-Santiago¹

¹Tecnológico Nacional de México (TecNM), Campus Valle de Oaxaca (ITVO). Ex hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca, México. C.P. 71233. ²TecNM/Instituto Tecnológico Superior de San Miguel el Grande, Tlaxiaco, Oaxaca, México. [§]Autor de correspondencia: (mariacervantesmachuca96@gmail.com).

RESUMEN

La calidad de plántula en vivero es de gran importancia para el éxito en la supervivencia en campo; así mismo, una buena fertilización permite una calidad alta en las características morfológicas y asegura un mayor crecimiento y desarrollo en campo. El objetivo fue evaluar características morfológicas del crecimiento inicial de dos especies de pino en vivero. En 2022 se sembraron semillas de *Pinus pseudostrobus* var. *apulcensis* (Lindl.) Shaw y *P. patula* var. *longipedunculata* Loock ex Martínez, se realizó el trasplante de 240 plántulas en bolsas de polietileno y tubete para establecer un diseño experimental completamente aleatorizado con arreglo factorial 2×6×2 (especie, dosis de fertilización, envase). El fertirriego se realizó a nivel de sustrato (150 mL por planta) con la solución universal de Steiner al 20, 40, 60 80 y

100 %. En plántulas se midió altura (cm), diámetro basal del tallo (mm) y longitud de la raíz (cm). Se realizaron análisis de varianza y pruebas de medias (Tukey, 0.05). Todas las variables morfológicas presentaron diferencias significativas ($p \leq 0.001$); *P. patula* presentó la mayor altura (16.77 cm) con respecto a *P. pseudostrobus* (13.76 cm), pero un menor crecimiento de raíces (25.98 cm). La siembra en bolsa presentó mayor crecimiento en diámetro (3.56 mm), altura (19.87 cm) y longitud de raíz (37.60 cm). El tamaño del envasado y la fertilización a edades tempranas de plántulas beneficia su crecimiento en diámetro, altura y desarrollo de raíces.

Palabras clave: calidad de planta, contenedores, producción de plantas, vivero.



COMPUESTOS FITOQUÍMICOS Y PROPIEDADES FARMACOLÓGICAS DEL “CHILE”

(*Capsicum annuum* L.)

PHYTOCHEMICAL COMPOUNDS AND PHARMACOLOGICAL PROPERTIES OF “CHILI”

(*Capsicum annuum* L.)

Karen del Carmen Guzmán-Sebastián^{1§}, Vicente Arturo Velasco-Velasco¹, Neftalí Sánchez-Celaya¹, Judith Ruíz-Luna¹, Luis Cerero-Cruz²

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, División de Estudios de Posgrado e Investigación, Ex Hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca, México. C. P. 71233. ²Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario No. 78, Carretera Zaachila-San Miguel Peras, kilómetro 3.5, Villa de Zaachila, Oaxaca, México. C. P. 71310. [§]Autor de correspondencia: (karen_guzmansenastian@hotmail.com).

RESUMEN

Los frutos del género *Capsicum*, conocidos comúnmente como “chile” son consumidos a nivel global como parte de la dieta de la población. En la antigüedad se usó como medicina tradicional para tratar algunos padecimientos. Actualmente se han documentado diversos usos y propiedades biológicas que confiere a la salud humana. El objetivo de esta revisión bibliográfica es divulgar los principales compuestos bioactivos y beneficios de algunos morfotipos de *Capsicum annuum* L. Se realizó una revisión de tipo descriptiva con publicaciones científicas del año 2019 a 2023. Se documentaron los siguientes compuestos: a) compuestos fenólicos: luteolina, quercetina, rutina, apigenina y catequina; b) flavonoides: β -caroteno, α -caroteno, luteína, zeaxantina y criptoxantina y c) vitaminas A, B1, B6, C y E. Propiedades farmacológicas estudiadas: antioxidantes, antiinflamatorios, analgésicos, estimulación del sistema inmunológico, complementario en tratamientos de enfermedades contra el cáncer, diabetes tipo II y obesidad. La capsaicina inhibe cambios bioquímicos provocados por la radiación. Concentración de compuestos fitoquímicos: en chile guajillo (en peso seco) 200.02 mg 100 g⁻¹ de

ácido ascórbico, 1.89 mg 100 g⁻¹ de cianidina-3-glucósido, 116.88 mg 100 g⁻¹ de ácido gálico; en chile jalapeño 9.15 mg g⁻¹ de capsaicina, 4.65 mg g⁻¹ de quercetina, 3.68 mg equivalentes de β -caroteno g⁻¹, 24.89 mg g⁻¹ de ácido ascórbico; en “chile de agua” 1.27 g 100g⁻¹ de proteínas totales, 0.7 g 100g⁻¹ de grasas totales, en pungencia 19256.33 unidades Scoville (uS) en placenta del fruto, 11034.70 uS en semillas y 9525.33 uS en el pericarpio; en “chile de árbol” 0.38 mg g⁻¹ de capsaicina y 0.06 mg g⁻¹ de dihidrocapsaicina; en chile “chiltepín” 0.08 mg g⁻¹ de capsaicina y 0.25 mg g⁻¹ de dihidrocapsaicina; en “Chile mirasol” 1.18 mg g⁻¹ de capsaicina y 0.25 mg g⁻¹ de dihidrocapsaicina; en “Chile criollo” tipo serrano: 0.11mg g⁻¹ de capsaicina y 0.05mg g⁻¹ de dihidrocapsaicina. Los compuestos fitoquímicos del “chile” son una alternativa natural complementaria en el tratamiento y prevención de enfermedades relacionadas con el envejecimiento celular y diabetes. El morfotipo y el grado de madurez del fruto son un factor condicionante del nivel de concentración de los compuestos.

Palabras clave: ácido ascórbico, bioactivos, capsaicina, pungencia.



PROPAGACIÓN CLONAL *in vitro* DE *Catasetum integerrimum* HOOKER. A PARTIR DE
PSEUDOBULBOS

in vitro CLONAL PROPAGATION OF *Catasetum integerrimum* HOOKER. FROM PSEUDOBULBS

Diego Olvera-Casanova¹, Ángeles Sánchez-Contreras¹, Joaquín Qui-Zapata², Gilbert Herrera-Cool³, José
Vidal Cob-Uicab³, Guadalupe López-Puc^{1§}

¹Parque Científico Tecnológico de Yucatán. Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco (CIATEJ), Subsede sureste, A.C. Tablaje catastral 31264 km 5.5, carr. Sierra Papacal-Chuburná Puerto Mérida, Yucatán, México. ² Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco (CIATEJ), Subsede Zapopan El Bajío, Zapopan, Jalisco, México. ³ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Chetumal, Carr. Chetumal-Bacalar Km 25. CP. 77963. Quintana Roo, México, Camino Arenero 1227. §Autor de correspondencia: (glopez@ciatej.mx).

RESUMEN

La orquídea epífita *Catasetum integerrimum* Hooker. tiene flores verde-amarillentas, y es utilizada en medicina tradicional para el tratamiento de mordidas de serpiente, heridas en la piel, diabetes, controlar la presión arterial y aliviar el dolor. Su efectividad en humanos no ha sido comprobada, sin embargo, en ratones ha mostrado actividad antinociceptiva y antiinflamatoria, con efectos similares al naproxeno. Esta especie se encuentra amenazada por la recolección ilegal de sus poblaciones silvestres para su venta, la deforestación, urbanización, cambio climático e introducción de especies invasoras. Debido a estas amenazas es necesario desarrollar estrategias para su conservación *ex situ*, por lo que el cultivo de tejidos es una excelente alternativa, ya que permite mayores porcentajes de germinación, producción de plántulas y su multiplicación en periodos cortos de tiempo, en comparación a las condiciones naturales. Por esta razón, el objetivo fue evaluar el efecto de la composición del medio de cultivo en la propagación clonal *in vitro* de *C. integerrimum*, a partir de pseudobulbos, estableciéndolos en medios semisólidos con Murashige y Skoog (MS)

al 100 % y 50 % de concentración con 0.45 μM , 6.82 μM y 13.2 μM de 6-Bencilaminopurina (BAP) e incubados a 25°C en condiciones de fotoperiodo durante 3 meses. Al concluir el tiempo de cultivo, se evaluó el número y longitud de brotes producidos por cada explante y estos datos fueron analizados mediante ANOVA y prueba Fisher *LSD* con un nivel de significancia de 5 %. Se observó que hay diferencia significativa entre las concentraciones de BAP, donde la concentración de 6.82 μM produjo un promedio dos brotes por explante. Por otro lado, para la longitud de los brotes, el efecto de la concentración del medio MS fue significativa, donde la concentración del 100 % resultó en brotes con una longitud de hasta 7.63 cm. Se concluye que para la propagación clonal de *C. integerrimum* a partir de pseudobulbos la concentración de 6.82 μM de BAP y MS al 100 % resulta en la mayor producción y longitud de brotes, lo que permitiría la obtención de 12,800 plántulas en un periodo de 24 meses, a partir de 50 pseudobulbos iniciales.

Palabras clave: bencilaminopurina, conservación *ex situ*, Murashige y Skoog, orquídea.



CARACTERIZACIÓN BOTÁNICA DE CINCO VARIEDADES DE ALFALFA EN EL
INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL VALLE DE OAXACA

BOTANICAL CHARACTERIZATION OF FIVE ALFALFA VARIETIES IN THE INSTITUTO
TECNOLÓGICO DEL VALLE DE OAXACA

Ernesto Hernández-Santiago[§], Vicente Arturo Velasco-Velasco, Carolina Martínez-García, Pedro
González-Sibaja, Kevin William Mateos-Escudero, Dagoberto Reyes-Aguilar

*Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca (ITVO). Carretera al ITAO s/n. Ex Hacienda de Nazareno,
Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca. §Autor de correspondencia: (ernesto.hs@voaxaca.tecnm.mx).*

RESUMEN

La caracterización botánica estima la variabilidad genética de una colección mediante el uso de descriptores definidos. El objetivo de este estudio fue caracterizar botánicamente cinco variedades de *Medicago sativa* (Aragón, Atlixco, San Miguel, Oaxaca y Victoria) utilizando los descriptores para *Medicago* del Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (descriptores del sitio y medio ambiente, así como para los caracteres vegetativos y reproductivos de la especie). El área donde se realizó el trabajo fue en un invernadero ubicado en la Unidad de Manejo Ambiental, este lugar está ubicado en las coordenadas 17° 01' 13" LN y 96° 45' 53' LO, a una altitud de 1506 m. La topografía del lugar era plana. Las semillas de cada variedad se sembraron en bolsas de plástico negras de una capacidad de 29 x 39 cm, para cada variedad se utilizaron 20 bolsas, el sustrato utilizado fue tierra de monte y arena en una proporción de 2:1. El pH del suelo fue de 7.9, con una textura franco-arenosa y una estructura del

suelo tipo migajón. El color del suelo fue 10YR. Los días a germinación se presentó a los 10 días de la siembra en tres variedades. El hábito de crecimiento en las variedades es erecto, La forma del tallo cercano al meristemo es terete, en la parte media a basal son cuadrangulares, la marca de los foliolos en todas las variedades es entera, la forma de la marca es llana, los tricomas en la superficie del foliolo son escasos en el haz y escasos en el envés, la vellosidad en el peciolo y en las estípulas es escasa. La forma de la estípula es entera. El tipo de inflorescencia fue racimo. La primera variedad que presentó las inflorescencias fue Oaxaca a los 165 días después de la siembra. Los frutos que presentaron las variedades es una vaina contráctil, esta se presentó primeramente en la variedad Oaxaca a los 240 días después de la siembra. La forma de la vaina es discoide, la pilosidad de la vaina es escasa, sin presencia de espinas en la vaina. La forma de las semillas es reniforme y de color marrón amarillento.

Palabras clave: descriptor, flor, *Medicago sativa*, morfología, semilla.



POTENCIAL AGRONÓMICO DE UN TOMATE NATIVO DE OAXACA (*Solanum lycopersicum*) COMO PORTAINJERTO

AGRONOMIC POTENCIAL OF A NATIVE TOMATO (*Solanum lycopersicum*) FROM OAXACA AS ROOTSTOCK

Marco Antonio Martínez-Gallardo¹, Lina Pliego-Marín², Jenaro Martínez-Gallardo², Manuel Fabián-Rojas², Ángel Maya-Hernández², Javier López-Baltazar^{2§}

¹Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario No. 192. Domicilio conocido, Santa María Tlahuitoltepec, Mixe, Oaxaca. CP 70265. ²Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. Ex Hacienda de Nazareno SN Agencia de Policía Nazareno, 71230, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca. [§] Autor de correspondencia: (javier.lb@voaxaca.tecnm.mx).

RESUMEN

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es una de las principales hortalizas a nivel mundial y sus especies silvestres o nativas estrechamente relacionadas son reservorios de genes con uso potencial para la generación de variedades tolerantes o resistentes a factores bióticos y abióticos específicos de importancia agronómica. En los Valles Centrales de Oaxaca, México existe un tomate nativo conocido como 'Cuatomate' con potencial a ser utilizado como portainjerto de variedades comerciales de tomate de invernadero. Se evaluó el comportamiento agronómico del 'Cuatomate' (*Solanum lycopersicum* L. var. *Ceraciforme* como portainjerto y como injerto se utilizó el cultivar 'El Cid' (Harris Moran®), también se utilizaron plantas de tomate cv 'El Cid' sin injertar. El segundo factor de estudio consistió en dos cubiertas de plástico de invernadero: blanco lechoso al 25 % sombra y un blanco transparente. Se utilizaron tres repeticiones y un total de doce unidades experimentales aleatorizadas según un diseño experimental en bloques completos al azar, utilizando 20 plantas de tomate por unidad

experimental. Las variables dependientes evaluadas fueron: peso total de frutos por planta, número total de frutos cosechados por planta y peso promedio de fruto. Las plantas de tomate cv 'El Cid' injertadas en el portainjerto 'Cuatomate' y cultivadas en invernadero cubierto con plástico transparente, produjeron el mayor rendimiento expresado en peso total de frutos/planta y el mayor número de frutos/planta. Sin embargo, el mayor peso promedio de frutos fue obtenido en las plantas de tomate cv 'El Cid' injertadas en el portainjerto 'Cuatomate' en comparación a las plantas de tomate sin injertar y sin importar el tipo de plástico utilizado como cubierta del invernadero. Se concluye que el 'Cuatomate' presenta potencial de ser utilizado como portainjerto de algunos cultivares de tomates comerciales de invernadero. Sin embargo, hacen falta más experimentos científicos para seguir explorando y conociendo dicho potencial agronómico.

Palabras clave: cubierta plástica de invernadero, rendimiento, *Solanum lycopersicum*, tomate nativo.



EFFECTO DE LA TEMPERATURA EN EL DESARROLLO LARVAL DEL AJOLOTE *Ambystoma velasci* EN CONDICIONES DE LABORATORIO

EFFECT OF TEMPERATURE ON LARVAL DEVELOPMENT THE AXOLOTL
(*Ambystoma velasci*) UNDER LABORATORY CONDITIONS

Herlindo Ramírez-López[§], Anayeli Ramírez-Ruperto, Lenin Eleazar Fabian-Canseco, Manuel Castro-Varela

Tecnológico Nacional de México: Campus Tlatlauquitepec (TecNM-ITSTL), Ingeniería en Acuicultura, Carretera Federal Amozoc-Nautla 1200+600, Almoloni, Tlatlauquitepec, Puebla. C. P. 73900. [§]Autor de correspondencia: (herlindoramlop@gmail.com).

RESUMEN

Un aspecto importante para el mantenimiento en cautiverio de una especie es conocer las características fisicoquímicas del agua de cultivo, por esta razón, el objetivo de la investigación fue establecer la temperatura idónea para el crecimiento de larvas de *Ambystoma velasci* y desarrollar tecnología para el cultivo de la especie. Se evaluaron tres tratamientos térmicos por triplicado en peceras de 60 L: temperatura ambiente (TA), 20 °C (T20) y 25 °C (T25) con un periodo experimental de 60 días. Las larvas fueron alimentadas a saciedad aparente, una vez cada tercer día con un promedio de 100 nauplios de artemia/ajolote. Para dar seguimiento al desarrollo productivo se determinó quincenalmente la longitud (mm) y peso (g) de las larvas. Para el registro de la supervivencia se realizó diariamente la revisión visual de cada unidad experimental y de manera semanal se revisó con ayuda de un estereoscopio el desarrollo de las extremidades anteriores y posteriores. Para los parámetros longitud total, peso total, temperatura

y supervivencia se realizó un ANOVA factorial de una vía con un nivel de confianza del 95 %, en cuanto al desarrollo de extremidades se realizó un análisis cualitativo en relación con el tiempo de surgimiento y finalización del desarrollo. Al final de la experimentación se estableció que la temperatura no tiene un efecto sobre la ganancia de peso y longitud de las larvas, sin embargo, es mayor (0.31 ± 0.19 g y 32.39 ± 6.51 mm), cuando se encuentran en un rango entre 19.2 ± 1.59 °C y 21.1 ± 1.07 °C. Respecto al desarrollo de extremidades la temperatura no presentó una relación positiva con las distintas temperaturas, iniciando el desarrollo entre los 25 y 28 días después de la eclosión con un peso de 0.063 ± 0.02 g y una longitud de 20.8 ± 2.34 mm, completando las cuatro extremidades entre los 58 y 62 días. El mantenimiento de larvas a temperatura ambiente garantiza un óptimo y adecuado crecimiento, así como una supervivencia entre el 22 % y 51 %, por lo cual se recomienda realizar separación de tallas para reducir encuentros antagónicos y canibalismo entre ellos.

Palabras clave: extremidades, larva, supervivencia.



CONSERVACIÓN DE ORQUÍDEAS SILVESTRES EN ZONAS DE APROVECHAMIENTO FORESTAL EN LA UZACHI

CONSERVATION OF WILD ORCHIDS IN FOREST MANAGEMENT AREAS IN THE UZACHI

Flor López-Olivera¹, Ernesto Castañeda-Hidalgo², Laura Jiménez-Bautista³, Rosario Aquino-López¹, Gisela Margarita Santiago-Martínez², Eliza Magdalena Martínez-Antonio²

^{1,2}Estudiante, investigador, PSP; Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca (ITVO). División de Estudios de Posgrado e Investigación (DEPI). Ex hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca, México. C.P. 71233. ³Subdirección General de la Unión de Comunidades Productoras Forestales Zapotecos-Chinantecos (UZACHI). ⁴Autor de correspondencia: (casta_h50@hotmail.com).

RESUMEN

El rescate de orquídeas silvestres es un modelo innovador para integrar su conservación con prácticas de manejo forestal sostenible; este enfoque protege la biodiversidad y promueve la salud del ecosistema. La investigación se realizó en 2024 con el objetivo de rescatar orquídeas silvestres en áreas de aprovechamiento forestal en comunidades de la Unión de Comunidades Zapotecas y Chinantecas (UZACHI). Para la conservación *in situ* se realizó una recolección de las orquídeas silvestres afectadas por el aprovechamiento forestal en dos unidades de manejo ambiental (UMA), Capulalpam de Méndez y Santiago Xiacuí. Las orquídeas recolectadas fueron trasladadas a orquidearios comunitarios para su crecimiento y reproducción, donde fueron podadas para optimizar su adaptación y desarrollo y garantizar su viabilidad para su posterior reincorporación al medio natural. Se realizó un inventario de las especies y su clasificación taxonómica para su registro y análisis de diversidad con los índices de Simpson y Shannon. Se encontró que la UMA de Capulalpam presenta una baja diversidad biológica, con un índice de Simpson de 2.94 e índice de Shannon de 1.31. Esto indica la predominancia de una especie,

Rhynchoetele aptera (La Llave & Lex.) Soto Arenas & Salazar, con 64 individuos, y *Prosthechea vitellina* (Lindl.) W.E.Higgins (23), *Maxillaria cucullata* Lindl. 1840 (15), *Arpophyllum* La Llave & Lex. (12) y *Prosthechea varicosa* (8). La UMA de Xiacuí los índices tienen valores superiores, el de Simpson de 3.63 y el de Shannon de 1.44, lo que significa una diversidad moderada y una distribución más equitativa de las especies presentes; lo que indica un ecosistema más equilibrado y saludable. La especie predominante fue *Prosthechea vitellina* (132 individuos; *Rhynchoetele aptera* (La Llave & Lex.) Soto Arenas & Salazar (100), *Rhynchoetele maculata* (75), *Prosthechea varicosa* (Lindl.) W.E.Higgin (22), *Isochilus oaxacanus* Salazar & Soto Arenas (11), *Maxillaria cucullata* Lindl. (9) y *Rhynchoetele ehrenbergii* (1). Esto podría atribuirse a la implementación de buenas prácticas de conservación, manejo forestal sostenible y condiciones ambientales favorables. Estos factores contribuyen a la riqueza de especies de orquídeas, lo que a su vez tiene implicaciones positivas para la resiliencia del ecosistema y su capacidad de adaptación a cambios ambientales.

Palabras clave: distribución, diversidad, especies, índice, rescate.



CONSERVACIÓN E INCREMENTO DE LA VARIABILIDAD GENÉTICA DE *Bixa orellana* L.
EN SAN JUAN COMALTEPEC, OAXACA

CONSERVATION AND INCREASED GENETIC VARIABILITY OF *Bixa orellana* L. IN SAN
JUAN COMALTEPEC, OAXACA

Lucero del Mar Ruiz-Posadas[§], Luz Adela Guerrero-Lagunes, Cynthia Castillo-Mendoza, Mitzy Irais
Rodríguez-Juárez

Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Km. 36.5 Carretera Federal México-Texcoco. Montecillo.
Texcoco, Edo. de México, México. [§]Autor de correspondencia: (lucpo@colpos.mx).

RESUMEN

El achiote, *Bixa orellana* L., es valorado en la medicina tradicional, la gastronomía y el comercio. Su relevancia económica proviene de las semillas que contienen carotenoides como la bixina y la norbixina, utilizados en las industrias alimentaria, cosmética, farmacéutica y textil. Se cultiva en San Juan Comaltepec, Oaxaca, donde el genotipo local presenta un aislamiento reproductivo, lo que representa un riesgo frente a amenazas como el cambio climático. Por lo anterior, la presente investigación tiene como objetivos: a) conocer el estado actual del cultivo de achiote en la comunidad para identificar qué factores culturales lo afectan y b) implementar acciones de conservación *ex situ* de *B. orellana* L. para aumentar la diversidad genética de la especie. Se realizaron entrevistas semi-estructuradas a los productores de San Juan Comaltepec, enfocadas a conocer el contexto etnobotánico de la especie. Se generó y validó una guía de descriptores varietales para caracterizar morfológicamente al genotipo

local. Por donación de la red de achiote, se obtuvieron, para ser introducidas en la comunidad, plantas del genotipo GabiFer Vi procedentes de Yucatán. La selección del genotipo yucateco fue basada en su resistencia a plagas y enfermedades y a su productividad. San Juan Comaltepec cuenta con 25 parcelas de achiote, de las cuales solo los productores de 13 utilizan el recurso achiote para venta y consumo personal. Con las semillas, las mujeres del lugar elaboran "luchos", que se venden en el mercado local. La guía de descriptores reveló que el genotipo local posee características distintivas a otros genotipos, lo que llevó a asignarle el nombre de "Comal" y a proponer su inclusión en el catálogo nacional de variedades vegetales. La introducción del genotipo GabiFer VI ha enriquecido el acervo genético de achiote en la región. El genotipo introducido, GabiFer VI, ha fortalecido la permanencia del recurso achiote y aumentado la productividad del cultivo en la comunidad.

Palabras clave: achiote, comal, conservación.



IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES DE GALLINA CIEGA (*Phyllophaga* spp., Melolonthidae) EN
AGROECOSISTEMAS DE LOS VALLES CENTRALES DE OAXACA, MÉXICO

IDENTIFICATION OF WHITE GRUB LARVA SPECIES (*Phyllophaga* spp., Melolonthidae) IN
AGROECOSYSTEMS OF THE CENTRAL VALLEYS OF OAXACA, MEXICO

Pablo Salinas-Ventura^{1§}, José Cruz Carrillo-Rodríguez¹, Catarino Perales-Segovia², Marco Antonio
Vásquez-Dávila¹, José Luis Chávez-Servia³, Héctor Guzmán Vásquez³, Laura Martínez Martínez³, Salvador
Lozano Trejo¹

¹Tecnológico Nacional de México (TecNM), Campus Valle de Oaxaca (ITVO). Ex hacienda de Nazareno, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, México. C.P. 71233. ²TecNM, Instituto Tecnológico El Llano Aguascalientes. Km 18, carretera Aguascalientes-San Luis Potosí, El Llano, México. C.P. 20330. ³Instituto Politécnico Nacional, CIIDIR-Oaxaca, Oaxaca, México. [§]Autor de correspondencia: (m17920135@voaxaca.tecnm.mx).

RESUMEN

El complejo de especies de coleópteros edafícolas conocido como gallina ciega (*Phyllophaga* spp.) constituye una plaga rizófaga de gran importancia en diversos cultivos agrícolas, como maíz (*Zea mays* L.) y frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Este estudio exploratorio y cualitativo tuvo como objetivo identificar las especies de *Phyllophaga* presentes en algunos agroecosistemas de tres localidades del suroeste de los Valles Centrales de Oaxaca, México. El trapeo y colecta de *Phyllophaga* se realizó en los siguientes agroecosistemas y localidades: maíz de riego y pastizal en Cuilapam de Guerrero; frijol de riego en la Villa de Zaachila; y milpa y huerta de

aguacate en Santa Inés del Monte. Durante los meses, mayo y junio de 2023, se recolectaron manualmente larvas de gallina ciega, y posteriormente, se capturaron adultos mediante trampas de luz blanca. Se identificaron seis especies: *Ph. antennalis* (Moser, 1921), *Ph. porodera* (Bates, 1888), *Ph. cinnamomea* (Blanchard, 1850), *Ph. lenis* (Horn, 1887), *Ph. obsoleta* (Blanchard, 1850) y una especie no determinada (*Ph. sp.*). Adicionalmente, se identificó la presencia de *Xiloryctes telephus* (Burmeister, 1847).

Palabras clave: complejo de especies, entomología edáfica, *Phaseolus vulgaris*, plagas rizófagas, *Zea mays*.



ANÁLISIS ESPACIAL DEL CAMBIO DE USO DE SUELO POR MONOCULTIVOS DE AGAVE EN OAXACA, MÉXICO

SPATIAL ANALYSIS OF LAND USE CHANGE DUE TO AGAVE MONOCULTURES IN OAXACA, MEXICO

Rigoberto González-Cubas

Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de San Miguel el Grande. Km. 1.2 Carretera a la comunidad de Morelos S/N, San Miguel el Grande, Tlaxiaco, Oaxaca. 71140. \$Autor de correspondencia: (rigocubas_II@hotmail.com).

RESUMEN

La diversidad ecológica contribuye en los servicios ecosistémicos de los bosques, como el almacenamiento de carbono, el ciclo de nutrientes y la descomposición de materia orgánica, sin embargo, los monocultivos tienen efectos negativos en el medio ambiente como la pérdida de la biodiversidad. Por lo que, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el cambio del uso de suelo en el municipio de Santiago Matatlán, Oaxaca durante el periodo de 2015 a 2024, mediante el uso de imágenes de alta resolución (Planet 4.7 m/pixel) y con ello identificar la dinámica de pérdida y ganancia de la cobertura vegetal que permitan catalogar zonas prioritarias para la conservación y restauración siguiendo la metodología de la FAO (1996), donde a partir del

proceso se derivaron tres clases de uso de suelo y vegetación. El análisis se desarrolló con una clasificación no supervisada (k-means) y validación en campo. Los resultados mostraron un incremento de áreas de cultivo de agave del 1.7 % por año durante el período de 2015 al 2024; mientras que, los bosques tuvieron una disminución del 1.24 % por año, lo cual se explica, en gran medida, por qué muchas áreas han sido cambiadas por plantaciones de agave y la pérdida de productividad del suelo, así como a la alteración del régimen de precipitación. El aumento de áreas de cultivo en el municipio es un motivo de preocupación, ya que se deben considerar como áreas prioritarias para sistemas agroforestales debido al tipo de suelo erosionable.

Palabras clave: cambio de uso del suelo, cobertura vegetal, imágenes satelitales.



ACUMULACIÓN DE LA BIOMASA AÉREA EN UN BOSQUE DE PINO EN LA REGIÓN MIXTECA OAXAQUEÑA

ACCUMULATION OF AERIAL BIOMASS IN A PINE FOREST IN THE MIXTECA REGION OF OAXAQUEÑA

Sidronia Hernández-De Jesús¹, Rigoberto González-Cubas^{1§}, Rufino Sandoval-García², Prudencia Caballero-Cruz¹

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de San Miguel el Grande. Km. 1.2 Carretera a la comunidad de Morelos S/N, San Miguel el Grande, Tlaxiaco, Oaxaca. 71140. ²Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Departamento Forestal. Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. [§]Autor de correspondencia: (rigocubas_II@hotmail.com).

RESUMEN

La acumulación de biomasa forestal aérea refleja la productividad de un sitio específico y desempeña un papel clave en el manejo forestal sostenible. Sin embargo, aún se desconoce cómo los cambios ambientales y antropogénicos afectan la dinámica de la biomasa forestal. Por lo que, en este trabajo se evaluó la acumulación de biomasa aérea (BA) en rodales naturales dominados por *Pinus pseudostrobus* var. *apulcensis* (Lindl.) Shaw en el municipio de San Miguel el Grande, Región Mixteca del estado de Oaxaca y con ello determinar su relación con variables ambientales. La metodología consistió implementar un muestreo sistemático en una superficie de 0.25 ha (2,500 m²) en el cual se instalaron 16 trampas de 1 m², donde se registró la acumulación mensual de los diferentes tipos de componentes (hoja, ramas, corteza, y cono) del arbolado durante un año; Las variables climáticas y el registro del material vegetativo se realizaron de forma mensual iniciando la primera colecta en agosto de 2022 a julio de 2023, todas las muestras se llevaron al

laboratorio de ciencias básicas para su secado y pesaje. Para identificar la relación con las variables ambientales se utilizó el análisis de componentes principales (ACP). Los resultados indican que existe una acumulación de biomasa aérea total de 2,385 kg ha⁻¹/año de los cuales el 57 % corresponden a hojas, el 27 % a ramas, el 1 % a corteza, el 12 % a conos y el 3 % a otros. La mayor producción mensual de biomasa se registró en el mes de junio a julio con el 20 %, mientras que la menor se observó en el mes de agosto a septiembre con 2 %. Los resultados del ACP de las variables ambientales mostraron una alta correlación con relación a los tipos de componentes, en donde la velocidad del viento promedio influyó en la caída de las hojas, la temperatura máxima se relacionó con la caída de conos y otros tipos de componentes y así mismo la temperatura mínima y precipitación se correlacionó en la caída de ramas y corteza. La mayor acumulación del componente hoja, es motivo de preocupación y debe ser manejado con prácticas silvícolas.

Palabras clave: biomasa aérea, bosque, cambio climático, variables ambientales.



ACUAPONIA DE TRASPATIO PARA LA SOBERANIA ALIMENTARIA

BACKYARD AQUAPONICS FOR FOOD SOVEREIGNTY

Eliza Magdalena Martínez-Antonio^{1§}, Carlos Humberto Viveros-Parra², Emilio Martínez-Ramírez²,
Ernesto Castañeda-Hidalgo¹, Gisela Margarita Santiago-Martínez¹

¹Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca (ITVO), División de Estudios de Posgrado e Investigación (DEPI), Ex Hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, C. P. 71233, Oaxaca, México.

²Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Oaxaca, Hornos No. 1003, Col. Noche Buena, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, México, C.P. 71230.

[§]Autor de correspondencia (elizamartinezantonio@gmail.com).

RESUMEN

El trabajo se realizó con el objetivo de capacitar para la implementación de una Unidad de Producción Familiar Acuapónica (UPFA) para la producción de tilapia (*Oreochromis niloticus*) y lechuga (*Lactuca sativa* L.) en el municipio de San Andrés Huayápam, estado de Oaxaca. La implementación incluyó la intervención social en la comunidad, la formación de un equipo de trabajo, selección del espacio, diseño e instalación del sistema acuapónico acorde a capacidades, evaluación y monitoreo. El grupo de trabajo se conformó por una UPFA integrada por cinco personas (familia Villagómez), dos investigadores y un estudiante de maestría del CIIDIR. Tras la formación del grupo de trabajo, se organizaron actividades de aprendizaje y de diseño e instalación del sistema acuapónico para operar con la UPFA a lo largo de 10 meses. El sistema acuapónico instalado consistió en un estanque con capacidad de 8 m³, una cama hidropónica de 3.2 m² con capacidad de 100 plantas de lechuga, un sedimentador, un clarificador, un nitrificador y un

reservorio de agua. Los parámetros fisicoquímicos del agua (pH, Oxígeno Disuelto (OD) temperatura del agua y ambiental, concentración de amoníaco (NH₃), amonio (NH₄⁺), nitrito (NO₂⁻) y nitrato (NO₃⁻) y la productividad en términos de crecimiento de peces (talla y peso) y número de lechugas producidas por la UPFA fueron evaluados durante el mismo periodo. El sistema produjo 133 tilapias y tres cosechas de 100 lechugas cada una, 80 % destinadas al autoconsumo y el excedente para la venta en la comunidad. Aunque el crecimiento de las tilapias no fue el esperado (450 g) debido a las bajas temperaturas ambientales durante los tres meses de mayor frío y al incremento de compuestos nitrogenados como NH₃-NH₄⁺ y NO₂⁻ disueltos en el agua. A pesar de ello, los integrantes de la UPFA lograron el aprendizaje deseado, aprender a establecer un sistema de producción alternativo que contribuye a la seguridad, la nutrición familiar y es una alternativa de generación de ingresos financieros.

Palabras clave: amonio, nitritos, tilapia.



DISTRIBUCIÓN DEL LANGOSTINO ZURDO (*Macrobrachium occidentale*) EN OAXACA

DISTRIBUTION OF THE LEFT-HANDED SHRIMP (*Macrobrachium occidentale*) IN OAXACA

Tonatiuh Aguirre-Villarreal[§], Rodolfo B. de los Santos-Romero, Judith Ruiz-Luna

Tecnológico Nacional de México, Campus Valle de Oaxaca (ITVO), Ex Hacienda de Nazareno, Xoxocotlán Oaxaca, México. C.P 71233. [§]Autor de correspondencia: (IBI7990587@voaxaca.tecnm.mx).

RESUMEN

Para poder conservar y manejar de manera sustentable las especies que conforman los recursos acuáticos es importante conocer todos los aspectos básicos de su biología. Para el caso de *Macrobrachium occidentale* un langostino que se encuentra distribuido en el Pacífico mexicano no se tiene mucha información sobre cómo sus poblaciones en las diferentes cuencas del estado de Oaxaca. El objetivo principal del estudio es determinar la distribución de *M. occidentale* en las cuencas, Copalita, Tonameca, y Santa María Colotepec con desembocadura al Pacífico sur en Oaxaca. Para este estudio se realizó una recolecta de organismos verificando todas las zonas posibles en donde se pudiese encontrar, esto incluye el sustrato de fondo, macrofitas acuáticas, raíces sumergidas de árboles y sustratos artificiales. El esfuerzo de muestreo cubrió un área promedio de 100 m lineales en ambas orillas del río durante 20 minutos. Los organismos fueron sacrificados mediante choque térmico y conservados en una solución de alcohol al 70 %. Para la identificación taxonómica se utilizaron las claves taxonómicas de

Valencia et al. (2007), Luis-Hernández (2007) y García-Velazco (2014). Además de que se realizaran cuadros comparativos de las tres diferentes cuencas incluyendo en ellos latitud y longitud de las cuencas, tipo de sustrato, temperatura, pH, profundidad y densidad encontrada de organismos. Se generaron una serie de mapas de distribución de la especie mediante el programa QGIS para colocar puntos georreferenciados de donde se encuentran los organismos y anexando las capas ambientales respectivas para establecer sus condiciones preferenciales de hábitat. Los análisis de similitud de hábitat indican que ésta especie de langostino prefiere los sustratos rocosos con alto flujo de agua y altas concentraciones de oxígeno disuelto (> 5 ppm). Se estableció una relación directa entre el tamaño del organismo y la distancia respecto a la línea de costa. Se puede con esta información establecer propuestas para reclutamiento y conservación de esta especie.

Palabras clave: acuáticos, carideos, cuencas, taxonomía.



RELACIÓN VEGETACIÓN, GEOMORFOLOGÍA Y SUELO EN SISTEMAS LAGUNARES DE CHASCHOC, EMILIANO ZAPATA Y LEONA VICARIO, BALANCÁN, TABASCO

VEGETATION, GEOMORPHOLOGY AND SOIL RELATIONSHIP IN CHASCHOC, EMILIANO ZAPATA, LEONA VICARIO, BALANCÁN, LAGOON SYSTEMS, TABASCO

Fredi López-Pérez¹, Ofelia Castillo-Acosta^{1§}, Joel Zavala-Cruz², Diana López-Pérez¹

¹Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT). División Académica de Ciencias Biológicas. Cuerpo Académico Consolidado de Ecología, Restauración y Manejo de Comunidades Tropicales. Carretera Villahermosa-Cárdenas km. 0.5 S/N, Entronque a Bosques de Saloya CP. 86150. Villahermosa, Tabasco, México. ² Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco. Periférico Carlos A. Molina s/n km 3 carr. Cárdenas-Huimanguillo, Cárdenas, Tabasco C. P. 86500. México. §Autor de correspondencia: (ofecas57@gmail.com).

RESUMEN

El objetivo fue evaluar la estructura, composición florística de árboles y la relación con unidades geopedológicas de los sistemas lagunares Chaschoc, Emiliano Zapata y Leona Vicario, Balancán, Tabasco. Se realizó el mapa de formas del terreno y la descripción y clasificación de perfiles de suelo basándose en el sistema WRB 2014, para generar el mapa geopedológico. Se establecieron 18 parcelas de 25 m × 25 m, considerando las formas del terreno. Se midió la altura de todos los individuos con medidas ≥ 10 cm de diámetro a 1.30 m del suelo (diámetro normal), y se realizó la identificación taxonómica. Se describió la estructura vertical en el estrato bajo (1-10 m), medio (11-20 m) y alto (21 m). Se calculó el índice de valor de importancia (IVI), diversidad florística con el índice de Shannon-Wiener (H') y la similitud florística con el coeficiente de Sorensen (IS). Prevalecen en ambas lagunas las geoformas de llanura de inundación lagunar, llanura de inundación fluvial, pie de ladera

inundable y escarpe inundable con suelos Gleysols, y ladera suave con Acrisoles y Cambisoles. En la llanura de inundación se registraron 103 individuos en Chaschoc y 108 en Leona Vicario. En planicie de inundación y escarpe se censaron 91 y 54 individuos respectivamente, y en ladera suave 29 individuos en Chaschoc y 67 en Leona Vicario. Las especies con mayor IVI en ambas lagunas fueron *Haematoxylum campechianum* L., *Salix humboldtiana* Willd. y *Quercus oleoides* Schltdl. & Cham. La clase diamétrica dominante en ambas lagunas fue de 10 a 19 cm. La diversidad en Chaschoc fue mayor en escarpe ($H' = 2.09$) y menor en la llanura de inundación fluvial y lagunar ($H' = 1.83$), y en Leona Vicario en ladera suave ($H' = 2.63$). El 70 % de las especies encontradas en los sistemas lagunares corresponden a vegetación secundaria.

Palabras clave: encinar tropical, llanura de inundación, matorrales inundables, mucales, selvas inundables.



PECES DULCEACUÍCOLAS DE LA SUBCUENCA RÍO JALTEPEC

FRESH-WATER FISH OF THE RÍO JALTEPEC SUB-BASIN

Rosa María Martínez Gómez^{1§}, Emilio Martínez Ramírez², Eufemia Cruz Arenas², Gabriel Isaías Cruz Ruiz², Rosa María Gómez Ugalde³

¹Investigador independiente. ² Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca, Área de Acuacultura, Departamento de Investigación, Calle Hornos No 1003, Municipio Santa Cruz Xoxocotlán, C.P. 71230, Oaxaca, México. ³ Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. Ex – Hacienda Nazareno, Xoxocotlán, Oax. C. P. 68000, Oaxaca, México. [§] Autor de correspondencia: (profundulusoaxaca@gmail.com).

RESUMEN

Los peces son uno de los recursos más utilizados por las comunidades humanas riveras del estado de Oaxaca. Particularmente los habitantes de Santa María Nativitas Coatlán del municipio de Santiago Lachiguiri en la región Istmo realiza la extracción de peces para consumo local. Sin embargo, se desconoce que especies extraen. Con el objetivo de brindar información que permita a los habitantes de la zona realizar un aprovechamiento sustentable de sus recursos, se obtuvo la ictiofauna de la subcuenca Jaltepec de la cuenca Río Coatzacoalcos, mediante la consulta de las bases de datos de la colección de peces continentales del CIIDIR Unidad Oaxaca, del IPN, con registro ante la SEMARNAT OAX-PEC-I22-0302. Se reconocieron un total de 25 especies. La riqueza de especies registradas se encuentra distribuida en ocho familias y 17

géneros. De estas especies, solamente una es exótica: *Oreochromis niloticus*, la tilapia del Nilo. Dentro de esta lista, 11 especies son de importancia pesquera para la comunidad, por mencionar algunas: *Dajaus monticola*, *Maskaheros regani*, *Parachromis friedrichsthalii*, *Rhamdia guatemalensis*, *Thorichthys callolepis*, *Thorichthys maculipinnis*, *Trichromis salvini*, *Vieja fenestrata* y *Vieja guttulata*. Es importante resaltar que dentro de las especies encontradas tres están incluidas en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-20210 que son *Rhamdia guatemalensis* con categoría Pr (sujeta a protección especial), *Xiphophorus clemenciae* con categoría A (amenazada) y *Priapella intermedia* con categoría Pr, de las cuales las dos primeras son especies endémicas de México.

Palabras clave: cuenca, especies en categoría de riesgo, especies exóticas, especies nativas, ictiofauna.



ESTRUCTURA DE LA VEGETACIÓN SECUNDARIA DE UN BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA EN HUIMANGUILLO, TABASCO

STRUCTURE OF THE SECONDARY VEGETATION OF A CLOUD FOREST IN HUIMANGUILLO, TABASCO

Deysi López Lopez¹, Ofelia Castillo-Acosta^{1§}, Joel Zavala-Cruz², Diana López-Pérez¹, José Luis Martínez-Sánchez¹

¹Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT). División Académica de Ciencias Biológicas. Cuerpo Académico Consolidado de Ecología, Restauración y Manejo de Comunidades Tropicales. Carretera Villahermosa-Cárdenas km. 0.5 S/N, Entronque a Bosques de Saloya CP. 86150. Villahermosa, Tabasco, México. ² Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco. Periférico Carlos A. Molina s/n km 3 carr. Cárdenas-Huimanguillo Cárdenas, Tabasco C. P. 86500. México. §Autor de correspondencia: (ofecas57@gmail.com).

RESUMEN

El bosque mesófilo de montaña ocupa el 1 % de la superficie forestal en México. Se distribuye en zonas de transición entre climas tropicales y templados, y alberga una alta biodiversidad. Sin embargo, el cambio de uso del suelo para la producción agropecuaria está fragmentando y reduciendo la superficie de este bosque, como es el caso de la sierra de Huimanguillo, Tabasco. La presente investigación tuvo como objetivo evaluar las condiciones actuales de la estructura y composición florística del bosque mesófilo de montaña ubicado en el ejido Villa Guadalupe, Huimanguillo, Tabasco. Se seleccionó el sitio mejor conservado de este relicto de bosque mesófilo de montaña en el cerro de Microondas, en una altitud de 900 msnm. Clima A (C). Posteriormente se estableció un cuadro de 50 m × 50 m (2500 m²), el cual fue subdividido en subcuadros de 10 m × 10 m (100 m²). Fueron censados todos los árboles enraizados en esa superficie. Se tomaron el DN y altura de todos los

individuos, así como su localización geográfica con GPS. Se obtuvo el IVI. Los resultados del censo de árboles fueron de 1039 individuos, pertenecientes a 244 especies, 38 géneros y 24 familias botánicas. Se localizaron dos estratos, el estrato de menos de 10 metros fue el más abundante y el menor fueron pocos árboles mayores de 20 m. Las especies dominantes del sitio son: *Miconia argentea* (Sw.) DC., *Psychotria elata* (Sw.) Hammel, *Cyathea myosuroides* (Liebm.) Domin y *Morella cerífera* (L.) Small. En el estrato arbóreo dominan: *Liquidambar styraciflua* L., *Simira salvadorensis* (Standl.) Steyerl. y *Quercus skinneri* Benth. Las especies más frecuentes y dominantes en el área de estudio corresponden a vegetación secundaria, indicando que está alterado. No obstante, conserva una buena diversidad de especies de vegetación original, debido a su difícil acceso al ubicarse en relieves de laderas y cumbres escarpadas ubicadas entre 800 y 1020 msnm.

Palabras clave: bosque de niebla, ecotono, encinar, helechos arborescentes, ladera escarpada.



CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA Y BIOQUÍMICA DE BACTERIAS ÁCIDO LÁCTICAS AISLADAS DEL MAGUEY

MORPHOLOGICAL AND BIOCHEMICAL CHARACTERIZATION OF LACTIC ACID BACTERIA ISOLATED FROM MAGUEY

José Manuel Bohórquez-Cruz¹, Ulises Jesús Roldán-Trejo^{1§}, Víctor Adrián Espinoza-Martínez², Lydia Mota de la Garza³, Nisarindani Castillejos-Ríos¹, Luis Enrique Vásquez-Ramírez¹

¹Universidad Regional del Sureste, Escuela de Nutrición, Libramiento sur No. 100, Esq. Hornos, ex hacienda el Rosario, San Sebastián, Tutla. ²Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Oaxaca, División de Estudios de Posgrado e Investigación, Avenida Ing. Víctor Bravo Ahuja No. 125 Esquina Calzada Tecnológico. ³Laboratorios de Especialidades Inmunológicas S.A. de C.V., Av. Gran Canal S/N Locales 3 y 4, Ampliación Casas Alemán, Alcaldía Gustavo A. Madero, C.P. 07580, CDMX. [§]Autor de correspondencia: (2Ouoldant@ursee.edu.mx).

RESUMEN

La caracterización morfológica y bioquímica se centra en la identificación y análisis detallado de bacterias ácido lácticas (*BAL*) presentes en el maguey, una planta con una larga tradición en la producción de bebidas como el mezcal. Las *BAL* son bacterias grampositivas que tienen la capacidad de fermentar carbohidratos, principalmente azúcares, produciendo ácido láctico como uno de sus principales productos finales; siendo este proceso de fermentación fundamental en la producción de productos fermentados. La caracterización morfológica incluyó el análisis de la estructura y forma de las *BAL* donde se observaron características típicas como son cocos y bacilos; en la identificación bioquímica se obtuvo el perfil detallado de las cepas aisladas mediante la galería API 50 CHL, permitiendo inferir el género

y especie de las mismas. Las cepas encontradas se identificaron como *Lactococcus lactis* spp. *lactis*, *Lactobacillus plantarum* y *Lactobacillus brevis*. Estos hallazgos no solo amplían el conocimiento sobre la diversidad microbiana del maguey, sino que también resaltan la importancia de las *BAL* en el desarrollo de procesos fermentativos no controlados. Las especies identificadas podrían tener aplicaciones prometedoras en la creación de productos fermentados de alta calidad, contribuyendo a la diversificación de la oferta de alimentos probióticos y a la valorización del maguey como recurso biotecnológico.

Palabras clave: bacterias grampositivas, fermentación.



AQUA-CULTURA SOSTENIBLE

SUSTAINABLE AQUA-CULTURE

Eliza Magdalena Martínez-Antonio^{1§}, Carlos Humberto Viveros-Parra², Ernesto Castañeda-Hidalgo¹, José Cruz Carrillo-Rodríguez¹, Salvador Lozano-Trejo¹, Gisela Virginia Campos-Angeles¹

¹Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca (ITVO), División de Estudios de Posgrado e Investigación (DEPI), Ex Hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, C. P. 71233, Oaxaca, México.

²Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Oaxaca, Hornos No. 1003, Col. Noche Buena, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, México, C.P. 71230. [§]Autor de correspondencia (elizamartinezantonio@gmail.com).

RESUMEN

La crisis climática ha evidenciado la urgente necesidad de cambiar la forma en que gestionamos el agua. El paradigma actual, basado en un uso indiscriminado del recurso, ha provocado la contaminación y escasez de agua en zonas urbanas y rurales. Por lo cual, es imperativo un cambio profundo de paradigma para redefinir nuestra relación con el agua, considerándola no solo como un bien utilitario, sino como un ser vivo con el cual coexistimos y del cual dependemos. Paradigma que los pueblos originarios han mostrado que es pertinente y sostenible. En este contexto, el proyecto Aqua-Cultura Sostenible promueve un enfoque integrador para la gestión del recurso hídrico y abarca tres áreas principales de acción: 1. La cultura del agua y ser comunidad, centrada en rescatar las concepciones tradicionales de los pueblos originarios de Oaxaca sobre los recursos naturales, concienciar y compartir experiencias con la academia, gobierno y sociedad civil, además de capacitación a grupos comunitarios. 2. Manejo sostenible del agua, que plantea el uso de sistemas para cosecha de agua de lluvia y su reutilización a través de soluciones basadas en la naturaleza, como humedales caseros, biofiltros, huertos y baños secos. 3. Producción sostenible de alimentos

mediante cultivos de traspatio con recirculación de agua, empleando sistemas como acuaponía, acuicultura integrada y chinampas para la producción de alimentos. A la fecha se tienen avances respecto a la formación de cuatro grupos de trabajo para la integración agro-acuícola y la economía solidaria, uso del agua residual del cultivo de trucha para el riego de pequeñas parcelas hortícolas, reciclaje del agua del cultivo de peces y plantas para autoconsumo y el desarrollo de prototipos de biofiltros para tratamiento de aguas grises a nivel familiar y en centros de readaptación juvenil. Asimismo, la participación de dos grupos en reuniones comunitarias en La Cumbre, Clavellinas, Zimatlán de Álvarez y tequios enfocados en la instalación de biofiltros como parte de la solución de problemas hídricos en colaboración con Ideas Comunitarias AC. Por último, se han implementado acciones, tales como reuniones y diagnóstico de 13 agencias del municipio de Valles Centrales y un ciclo de conferencias con especialistas relacionadas a la estrategia "Oaxaca Ciudad Esponja" para promover la gestión integral del agua en la ciudad, con el apoyo del gobierno municipal.

Palabras clave: acuicultura, acuaponía, agua, biofiltros, Ciudad Esponja.



PROPAGACIÓN *ex situ* DE *Laelia furfuracea* MEDIANTE EL USO DE REGULADORES DE
CRECIMIENTO

Ex situ PROPAGATION OF *Laelia furfuracea* USING GROWTH REGULATORS

María Hipólita Santos Escamilla^{1§}, Gisela Virginia Campos Angeles², José Cruz Carrillo Rodríguez², Nancy
Gabriela Molina Luna²

^{1,2}Estudiante, investigador. TecNM/Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, Ex Hacienda de Nazareno,
Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, 71230. §Autor de correspondencia: (m16920268@voaxaca.tecnm.mx).

RESUMEN

Laelia furfuracea es una orquídea epífita endémica de Oaxaca, esta tiene una importancia cultural muy relevante, ya que su periodo de floración coincide con fiestas como “Día de muertos y Navidad” por lo cual es vendida en los mercados tradicionales de las diferentes regiones para adornar iglesias, tumbas o altares, lo que ha llevado a la disminución de las poblaciones naturales de esta especie. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de citocininas y aminoácidos comerciales en la formación de pseudobulbos para propiciar su propagación asexual *ex situ*. El experimento se llevó a cabo en la Unidad de Manejo Ambiental del ITVO. Se estableció un DBCA con arreglo

factorial de 2×3, teniendo como factores de estudio dos productos citocininas, (10 ppm) y Aminoácidos (10 ppm) de los cuales se aplicó 1 mL⁻¹ y la frecuencia de aplicación (cada una, dos y tres semanas), se obtuvieron siete tratamientos con 10 repeticiones cada uno. Se registraron las variables número total de brotes, número total de hojas; de los brotes nuevos se midió la longitud total del brote, longitud de la hoja. Para el análisis de datos se realizó una prueba de comparación de medias de Tukey ($p \leq 0.05$). En los resultados obtenidos no hubo diferencia significativa entre los tratamientos.

Palabras clave: *Laelia furfuracea*, brotes, crecimiento, pseudobulbos.



Revista Mexicana de Agroecosistemas

Vol. II (Suplemento I), 2024, 19 - 21 de noviembre, ISSN: 2007-9559

VII Congreso Nacional de Recursos Naturales, Sistemas de Producción e Innovación Tecnológica

I Congreso Internacional de Biodiversidad, Innovación y Sustentabilidad

EJE TEMÁTICO 2. GESTIÓN AMBIENTAL (GA)



EFFECTO DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA SOBRE EL CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DE
LECHUGA TIPO MANTEQUILLA (*Lactuca sativa* L.)

EFFECT OF NUTRIENT SOLUTION ON GROWTH AND YIELD OF BUTTERHEAD
LETTUCE (*Lactuca sativa* L.)

Marco Antonio Martínez-Gallardo^{1§}, Lina Pliego-Marín², Ángel Maya-Hernández², Jenaro Martínez-Gallardo², Manuel Fabián-Rojas², Javier López-Baltazar²

¹Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario No. 192. Domicilio conocido, Santa María Tlahuitoltepec, Mixe, Oaxaca. CP 70265. ²Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. Ex Hacienda de Nazareno SN Agencia de Policía Nazareno, 71230 Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca. §Autor de correspondencia: (tlahuimagm@gmail.com).

RESUMEN

La lechuga es una de las hortalizas de hoja más importante debido al alto contenido de fibra dietética, vitaminas A y C y antioxidantes. Sin embargo, existe poca información publicada sobre el rendimiento de variedades comerciales en respuesta al medio de cultivo. El objetivo de esta investigación fue evaluar el crecimiento y rendimiento de dos cultivares de lechuga tipo mantequilla (cv. 'Ballerina' y 'Santoro', Rijk Zwaan ®) cultivadas en un sistema de cultivo hidropónico NFT modificado, en combinación con cuatro soluciones nutritivas (SN1, SN2, SN3 y SN4). Las soluciones nutritivas fueron formuladas en función de las concentraciones óptimas de los elementos esenciales reportadas en la literatura científica. Se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial 4×2 , con 8 tratamientos y tres repeticiones haciendo un total de 24 unidades experimentales. Durante cuatro semanas después del inicio de los tratamientos (*ddit*), se evaluaron el número de

hojas/planta, peso fresco y seco del follaje y de la raíz/planta, y longitud de la raíz. A los 40 *ddit*, se cosecharon las pellas a madurez comercial y se pesaron en fresco y deshidratadas. En la cuarta semana *ddit*, el número de hojas /planta no fue estadísticamente afectado por los tratamientos. Sin embargo, las variables de estudio: peso fresco y seco de las hojas, así como la longitud de raíz, fueron estadísticamente afectadas por el factor de estudio solución nutritiva, en donde las plantas de lechuga cultivadas en la solución nutritiva de la Universidad de la Molina (*SN 4*), tuvieron la mayor longitud de raíz y acumularon la mayor cantidad de biomasa foliar fresca y seca. El peso fresco y seco de la raíz fueron afectados por la interacción solución nutritiva x cultivar. Las pellas de los cultivares 'Ballerina' y 'Santoro' cultivadas en la solución nutritiva de la Universidad de la Molina (*SN 4*), obtuvieron el mayor rendimiento en peso fresco y peso seco en comparación al resto de las soluciones nutritivas.

Palabras clave: crecimiento, *Lactuca sativa* L. var. *capitata*, solución nutritiva.



CINÉTICA DE IMBIBICIÓN EN SEMILLAS DE *Pinus greggii* DE DIFERENTES
PROCEDENCIAS

IMBIBITION KINETICS IN *Pinus greggii* SEEDS FROM DIFFERENT PROVENANCES

Raúl Aarón Ramírez-García¹, Gisela Virginia Campos-Ángeles^{2§}, Javier López-Upton³, Gerardo Rodríguez-Ortiz², José Cruz Carrillo-Rodríguez², Hermila Cruz-García²

^{1,2}Estudiante, investigador, Tecnológico Nacional de México, Campus Valle de Oaxaca (ITVO). División de Estudios de Posgrado e Investigación. Ex hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca, México. C.P. 71233.

³Colegio de Postgraduados, Postgrado en Ciencias Forestales. Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo. C. P. 56230. Texcoco, Estado de México, México. [§]Autor de correspondencia: (gisela.ca@voaxaca.tecnm.mx).

RESUMEN

Pinus greggii es una especie endémica de México capaz de prosperar en entornos con humedad y nutrientes limitados que lo convierte en una opción valiosa para restaurar suelos degradados. Debido a las dificultades en la germinación de especies forestales, se aplican pruebas como la curva de imbibición para evaluar el vigor y la viabilidad de las semillas. Por ello el objetivo de este trabajo fue analizar la cinética de imbibición de semillas de *Pinus greggii* de diferentes procedencias provenientes de los estados de Hidalgo, Querétaro, Veracruz y Ciudad de México. El estudio se realizó en julio de 2024 en el Laboratorio de Posgrado del Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. Se utilizaron semillas de 17 procedencias donadas por el Banco de Germoplasma Forestal del Colegio de Posgraduados Campus Montecillo. La imbibición se realizó monitoreando el aumento de peso utilizando 2 repeticiones de 30 semillas, se pesó la masa seca de cada procedencia para determinar el tiempo 0 posteriormente fueron colocadas en cajas Petri en agua destilada a temperatura ambiente

donde se monitoreó el peso cada 2 h hasta las 24 h. El peso se cuantificó en una balanza analítica RADWAG AS 220/C/2 con precisión de 0.1 mg donde el pesaje se realizó en triplicado para asegurar la reproducibilidad de los resultados. Se utilizó un modelo de Weibull para describir la cinética de imbibición. El valor más bajo del parámetro β se obtuvo en la procedencia Metepec ($\beta = 0.5466$) mientras que un valor de β más cercano a 1 indica una curva de imbibición más simétrica y uniforme como el caso de la procedencia el Piñón ($\beta = 0.9973$). El valor más alto del parámetro α correspondió a la procedencia Cebada ($\alpha = 9.8199$) lo cual indica una saturación tardía en la semilla. La procedencia Madroño obtuvo el mayor R^2 (99.81 %), lo que sugiere que el modelo describe de manera precisa la cinética de imbibición en esta procedencia. Los resultados obtenidos resaltan la importancia de considerar las características de imbibición al momento de seleccionar las semillas para programas de reforestación o producción de plántulas.

Palabras clave: absorción de agua, modelo de Weibull, saturación.



ESTIMACIÓN DE CARBONO ARBÓREO AÉREO MEDIANTE MUESTREO SIMPLE Y ESTRATIFICADO

ESTIMATION OF ABOVEGROUND TREE CARBON USING SIMPLE AND STRATIFIED SAMPLING

Yazmin Pérez-Alavez^{1§}, Gerardo Rodríguez-Ortiz², Wenceslao Santiago-García³, Iván José Aguilar-Pinacho¹, Salvador Lozano-Trejo², Marcos Emilio Rodríguez-Vásquez²

^{1,2}Estudiante, investigador, Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca (ITVO). Ex hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca, México. C.P. 71233. ³Universidad de la Sierra Juárez, División de Estudios de Postgrado-Instituto de Estudios Ambientales, Oaxaca. [§]Autor de correspondencia: (d12920272@voaxaca.tecnm.mx).

RESUMEN

Los métodos de muestreo aplicados a los inventarios forestales son útiles para estimar de manera confiable los montos de carbono (C) en ecosistemas forestales, lo cual se mejora al incluir esquemas de estratificación. El objetivo fue estimar los montos de C aéreo arbóreo en bosques de pino-encino, mediante muestreo simple (MSA) y muestreo estratificado-aleatorio (MEA). El predio bajo estudio (120 ha) se dividió con base a la superficie bajo tratamientos silvícolas (estratos) y en 2023 se establecieron de manera aleatoria 60 sitios (UM) de 400 m²; se realizó inventario del arbolado y se estimó volumen maderable (V) y C contenido en la biomasa (B) arbórea aérea. Los

indicadores estadísticos de ambos muestreos se obtuvieron para las variables V , B y C utilizando PROC SURVEYMEANS del Sistema de Análisis Estadístico; los montos se infirieron por hectárea y total poblacional y por estrato para determinar los errores de muestreo (B). La variable recomendable para la estimación de los montos de C aéreo es el volumen utilizando MEA , ya que reduce en 16.3 % el error de muestreo en relación al MSA . El volumen maderable es una de las variables principales y de fácil obtención en los inventarios forestales, lo cual hace que los inventarios de C sean confiables y de menor costo.

Palabras clave: error de muestreo, estrato, muestreo aleatorio, precisión.



DINÁMICA DE PRODUCCIÓN DE *Agave* EN LA REGIÓN DEL MEZCAL DE OAXACA

Agave PRODUCTION DYNAMICS IN THE MEZCAL REGION OF OAXACA

Rosario Aquino-López¹, Ernesto Castañeda-Hidalgo^{2§}, Gisela Margarita Santiago-Martínez², Salvador Lozano-Trejo², Martha Patricia Jerez-Salas²

^{1,2}Estudiante, investigador, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca (ITVO). División de Estudios de Posgrado e Investigación (DEPI). Ex hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca, México. C.P. 71233. §Autor de correspondencia: (casta_h50@hotmail.com).

RESUMEN

La creciente demanda de insumos para la producción de destilados ha llevado a pequeños productores en Oaxaca a ampliar el cultivo de *Agave*, lo que ha impactado a la vegetación nativa de la región. La investigación se realizó en el 2024 en la Región del Mezcal (RM) del estado de Oaxaca, con el objetivo de analizar la dinámica de producción en los distritos de Miahuatlán, Tlacolula y Yautepec. Se aplicó el enfoque metodológico SALSA, que incluye la búsqueda, evaluación, síntesis y análisis de información. Los documentos encontrados fueron analizados mediante criterios de inclusión y exclusión basados en la temporalidad de los datos y en la validez de las fuentes. Los hallazgos indican que en los últimos diez años la RM mostró un crecimiento constante en la superficie plantada de *Agave*, (92,214 ha) de *A. angustifolia*, una superficie cosechada de 21,691 ha y un rendimiento promedio de 63.65 t ha⁻¹; lo que hace que la RM posicione al estado como el primer productor de mezcal a nivel nacional (91.30 %). El distrito de Tlacolula presenta la mayor superficie plantada (41,575 ha) y una superficie cosechada de 9,566

ha. Respecto al volumen de producción Miahuatlán presenta un promedio de 60, 221 t/año mientras Yautepec y Tlacolula 41,324. Yautepec se destaca por su alto rendimiento (70.18 t ha⁻¹), mientras Tlacolula y Miahuatlán producen 60 tha⁻¹ en promedio. Respecto al precio medio rural, Tlacolula y Miahuatlán alcanzaron en el 2022, \$2,097/t; en Yautepec fue de \$1,685. Entre 2013 y 2022, se ha observado una expansión significativa en la siembra de agave, lo que ha impactado los recursos naturales de la región. No obstante, esta expansión no es homogénea en los distritos. El rendimiento promedio de agave es más alto en Yautepec en comparación con Miahuatlán y Tlacolula. Sin embargo, este rendimiento está amenazado por la degradación de los servicios ecosistémicos y la presión de la demanda, lo que pone en riesgo la sostenibilidad de la producción. Por lo tanto, se hace urgente implementar una estrategia adaptativa que promueva la producción agroecológica de agave y minimice los impactos negativos en la región.

Palabras clave: productores, recursos naturales, rendimiento, siembra, sostenibilidad.



RESILIENCIA DE ESPECIES DE *Quercus* spp. A INCENDIOS FORESTALES

RESILIENCE OF *Quercus* spp. SPECIES TO FOREST FIRES

Rosario Aquino-López¹, Ernesto Castañeda-Hidalgo^{2§}, Gisela Margarita Santiago-Martínez², Salvador Lozano-Trejo², Martha Patricia Jerez-Salas²

^{1,2}Estudiante, investigador, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca (ITVO). División de Estudios de Posgrado e Investigación (DEPI). Ex hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca, México. C.P. 71233. §Autor de correspondencia: (casta_h50@hotmail.com).

RESUMEN

Los incendios forestales están influenciados por diversos factores, especialmente el grado de severidad, crucial, al poder o no afectar la capacidad de regeneración del género *Quercus* posterior al fuego. La investigación se realizó en 2022 con el objetivo de evaluar el impacto de la severidad del fuego en la regeneración de especies de encinos en Agua Blanca Nejapa de Madero, Oaxaca. Se establecieron 12 sitios de muestreo (400 m²) en tres áreas con diferente nivel de severidad del incendio (NSI) (alto, medio y bajo) en una superficie de 19.89 ha. La severidad se determinó considerando la variabilidad de las condiciones topográficas (pendiente, exposición y altitud). Se realizó un inventario dasométrico de la regeneración por rebrotes y semillas de *Quercus*. El análisis se realizó con el programa Statistical Analysis System 9.4. Se verificaron los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas (Shapiro-Wilk y Bartlett, $\alpha = 0.05$); se diferenciaron los NSI mediante el modelo lineal generalizado (PROC GLM) y prueba de medias (Duncan, 0.05). Se encontraron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en la altura (A) y

densidad de rebrotes (DR). No se detectaron diferencias significativas ($p > 0.05$) en la variable diámetro de base (DB) (CV 44.42 %) debido a la heterogeneidad del incendio. El NSI bajo mostró el valor más alto en la DR (937 rebrotes ha⁻¹) y presentó los rebrotes con más A (56.25 cm), estadísticamente distinto al NSI medio, 400 rebrotes ha⁻¹ y A de 35 cm. En el NSI alto los rebrotes presentaron los mayores DB (8 mm) respecto a los rebrotes de los NSI medio y bajo (7.5 mm). La reincorporación de encinos por bellotas fue deficiente por la calcinación total de semillas. Las especies identificadas en el rodal incendiado con rebrote fueron *Q. scytophylla*, *Q. crasifolia*, *Quercus* spp. y *Q. elliptica*. La regeneración de encinos fue significativa por la supervivencia de tallos y características morfológicas que le confieren adaptación al fuego, pero su capacidad de rebrote la hace resistente al mismo. En función a la densidad de la regeneración de encinos y objetivos de restauración del bosque, puede o no recurrirse al reclutamiento de plantas de vivero, que poseen poco éxito y mayores costos.

Palabras clave: fuego, rebrote, regeneración, semillas, severidad.



ESTIMACIÓN DE LA INFLUENCIA DE LA TOPOGRAFÍA SOBRE LA DISTRIBUCIÓN VEGETAL EN EL ANPSF, AGUASCALIENTES

ASSESSMENT OF TOPOGRAPHY INFLUENCE OVER VEGETATION DISTRIBUTION IN SFNPA, AGUASCALIENTES

Héctor René Becerril-Cejudo^{1§}, Víctor Manuel Rodríguez-Moreno², Mariana Vázquez-Mora¹

¹Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria y Ciencias del Mar, Aguascalientes. C. Mazatlán km 0+620, Rincón de Romos, Aguascalientes. C.P. 20404. ²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Campo Experimental Pabellón. Pabellón de Arteaga, Aguascalientes. C.P. 20660. [§]Autor de correspondencia: (hector.becerril@dgetaycm.sems.gob.mx).

RESUMEN

La fragmentación del ecosistema es una amenaza dentro del Área Natural Protegida Sierra Fría (ANPSF), lo que aunado a las características topográficas pueden crear condiciones microclimáticas que propicien escenarios de degradación. Se plantea como hipótesis que la topografía influye sobre la distribución de diferentes niveles de vigor vegetal dentro del ANPSF. El objetivo de este estudio fue medir, dentro de un cuadrante del ANPSF, la relación entre el nivel de respuesta vegetal observado a través de datos multiespectrales contra tres variables topográficas: orientación del terreno, pendiente y altitud. Se utilizó un Modelo de Elevación Digital (MED) y una imagen de la plataforma Sentinel-2 y se utilizaron cuatro Índices Espectrales (IE): Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (IVDN), Índice Global de Humedad Vegetal (IGHV), y otro índice que para fines de esta investigación se denominó Índice de Vegetación y Humedad Escasos (IVHE). Se seleccionó al IVHE por su mejor ajuste al estimar la Fracción de Cobertura Vegetal Ajustada

(FCVA); con el IVHE se hizo una clasificación no supervisada para categorizar 5 niveles de vigor vegetal (v1, v2, v3, v4 y v5). Mediante un análisis de regresión logística ordinal se observó, con $p < 0.01$, que las clases asociadas con una menor respuesta en el IVHE (v1, v2 y v3) presentaron mayores probabilidades de presentarse en alturas bajas de poca pendiente, donde además hay una importante actividad de pastoreo, salvo en el caso de algunas laderas y cañadas. En contraste, aquellas clases relacionadas con mayor respuesta en el IVHE (v4 y v5) presentaron mayores probabilidades en zonas de mayor altura y pendiente, y mayormente en orientación Norte. Los resultados obtenidos pueden ser de gran utilidad para estudios posteriores dentro de la zona de estudio, ya sea para el monitoreo de la vegetación, la sequía y la degradación de tierras, así como para la selección optimizada de sitios destinados a la implementación de acciones de conservación y restauración.

Palabras clave: fracción de cobertura vegetal ajustada, índice espectral, regresión logística ordinal, Sierra Fría, variables topográficas.



FERTILIDAD DEL SUELO RIBEREÑO EN LA ZONA DEL TINTILLO DEL RÍO GRIJALVA,
CENTRO, TABASCO

RIPARIAN SOIL FERTILITY IN THE TINTILLO ZONE OF THE GRIJALVA RIVER,
CENTRO, TABASCO

Guadalupe Angulo-De La Cruz[§], Karla Cristel Cámara-Moguel, Jazmín Gorety Sánchez-Téllez

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, División Académica de Ciencias Biológicas. §Autor de correspondencia: (lupitadelacruz953@gmail.com).

RESUMEN

Este estudio evaluó la fertilidad del suelo ribereño en la zona del Tintillo del Río Grijalva, Tabasco, utilizando los métodos establecidos en la NOM-021-SEMARNAT-2000. El objetivo principal fue caracterizar las propiedades físico-químicas del suelo para determinar su aptitud agrícola y hacer recomendaciones de manejo sostenible. Se llevaron a cabo dos muestreos durante la temporada seca, en diferentes fechas, abarcando una profundidad de 60 cm. En estos muestreos se evaluaron parámetros claves como pH, color, contenido de humedad, textura, materia orgánica, densidad aparente y real, porosidad, conductividad eléctrica y capacidad de campo. Los resultados mostraron que el pH de las muestras osciló entre 7.0 y 7.3, lo que indica un suelo mayormente neutro, propicio para la disponibilidad de nutrientes esenciales para el cultivo. Sin embargo, el contenido de materia orgánica fue bajo, con valores que varían entre 0.35 % y 1.03 %, lo que puede reducir la capacidad del suelo para retener nutrientes y agua. La capacidad de campo fue adecuada, con porcentajes que

oscilan entre 26 % y 36 %, lo que indica una buena capacidad para retener agua, fundamental para el desarrollo de las plantas. No obstante, se identificaron problemas de porosidad baja en algunas muestras, lo que podría afectar la aireación y la capacidad de infiltración de agua en el suelo. La conductividad eléctrica fue baja, lo que sugiere un riesgo mínimo de salinidad para los cultivos. En conclusión, aunque el suelo del área presenta condiciones mayormente favorables para la agricultura, se identifican ciertas limitaciones relacionadas con la materia orgánica y la porosidad, por lo que se recomienda la implementación de prácticas de manejo que incrementen el contenido de materia orgánica y mejoren la estructura del suelo. Estas mejoras ayudarían a optimizar la capacidad de retención de agua y nutrientes, favoreciendo la productividad agrícola a largo plazo. Un monitoreo continuo es crucial para asegurar el manejo adecuado del suelo y su sostenibilidad en el futuro.

Palabras clave: capacidad de campo, conductividad eléctrica, fertilidad, materia orgánica, pH.



DINÁMICA DE LA TRANSFORMACIÓN DE USO DEL SUELO EN COMALCALCO, TABASCO, MÉXICO

DYNAMICS OF LAND USE TRANSFORMATION IN COMALCALCO, TABASCO, MEXICO

Luisa Fernanda Hernández-Gutiérrez¹, Adalberto Galindo-Alcántara², Silvia del Carmen Ruiz-Acosta^{3§}, Miguel Ángel Palomeque-De La Cruz², Manuel Fidel Domínguez-Azueta²

¹Tecnológico Nacional de México (TecNM). IT Zona Olmeca: Prolongación de Ignacio Zaragoza, Villa Ocuilzapotlán, Centro, Tabasco. 86270. ²Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT). División Académica de Ciencias Biológicas: Carretera Villahermosa-Cárdenas Km. 0.5, Entronque a Bosques de Saloya. 86150. ³TecNM, IT Zona Olmeca: Prolongación de Ignacio Zaragoza, Villa Ocuilzapotlán, Centro, Tabasco. 86270. [§]Autor de correspondencia: (silvia.ra@zolmeca.tecnm.mx).

RESUMEN

México, al igual que otros países, busca impulsar su desarrollo económico y social. Uno de los sectores con mayor demanda para alcanzar este progreso ha sido el energético. En este sentido, en el estado de Tabasco y particularmente en los municipios de Comalcalco y Paraíso se han realizado desde hace más de 40 años, actividades ligadas a la industria petrolera, incluyendo de manera reciente la construcción de la Refinería Olmeca. Este desarrollo demanda una serie de servicios e infraestructura provocando cambios en el uso del suelo con efectos generalmente negativos en los ecosistemas. El objetivo de este trabajo fue analizar, desde una perspectiva multitemporal, los cambios en el uso del suelo en el municipio de Comalcalco, Tabasco, como consecuencia de las actividades ligadas a esta industria. Para ello, se llevó a cabo una clasificación supervisada de imágenes satelitales Landsat 5, 7 y 9 correspondientes a los años 1986, 2003 y 2023, empleando el programa ArcGis 10.8. Los resultados principales indican que, a lo largo de 37 años, se han registrado pérdidas significativas en el área cubierta por vegetación arbórea y vegetación hidrófita sumando casi 25,000 hectáreas. Entre

1986 y 2023, la vegetación arbórea disminuyó en aproximadamente 10,000 ha, mientras que la vegetación hidrófita experimentó una reducción sustancial, perdiendo un total de 14,874 hectáreas. En contraste, se observaron incrementos notables en otras categorías de uso del suelo. El área cubierta por manglares aumentó en 2,153 ha, mientras que el pastizal mostró el mayor crecimiento, con una ganancia superior a 10,000 ha, alcanzando a cubrir el 40 % de la superficie del municipio. La tasa de cambio más elevada la presentó la categoría de asentamientos humanos (3.48 %) entre los años 1986 y 2023, con lo que este uso del suelo se expandió en más de 9,000 hectáreas, pasando de ocupar el 4 % del territorio de Comalcalco en 1983 a establecerse en el 16 % en 2023. En conclusión, el municipio de Comalcalco, Tabasco, ha experimentado un significativo cambio en el uso del suelo en los últimos 37 años, con un marcado aumento en los asentamientos humanos y una notable transformación del paisaje natural.

Palabras clave: análisis multitemporal, cambios de usos del suelo, SIG, transiciones espaciotemporales.



GRAVEDAD ESPECÍFICA DE LA MADERA DE OYAMEL

SPECIFIC GRAVITY OF FIR WOOD

Isabel Esmeralda Bernardino-Pérez^{1§}, Gerardo Rodríguez-Ortiz², José Raymundo Enríquez-del-Valle²,
Ernesto Hernández-Santiago², Gisela Virginia Campos-Ángeles², Pablo Espinoza-Zuñiga³

^{1,2}Estudiante, investigador, Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca (ITVO). División de Estudios de Posgrado e Investigación. Ex hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca, México. C.P. 71233. ³Universidad Autónoma Chapingo (UACH). ³División de Ciencias Económico Administrativas. Carretera México-Texcoco Km 38.5, Chapingo, Texcoco, Estado de México, C.P. 56230. [§]Autor de correspondencia: (bernardinop.esmeralda@gmail.com).

RESUMEN

La gravedad específica (GE) o densidad de la madera es la relación entre la masa y la unidad de volumen, determina la calidad y dureza por ello, el objetivo fue estudiar los factores que inciden en la GE de la madera de *Abies hickelii* procedente de dos comunidades de la Sierra Norte de Oaxaca. En julio de 2024 se seleccionaron fenotipos sobresalientes en la comunidad de Santa Catarina Ixtepeji (21 individuos) y en Santiago Nuevo Zoquiápam (SNZ, 13 individuos); en donde se realizó el inventario de variables dasométricas y de sitio, de cada árbol se extrajeron virutas para calcular la edad (años), volumen de viruta (V , cm^3) y peso seco (PS , g) de la misma, después se colocaron en una estufa a 102°C hasta obtener su peso constante. Se obtuvo $GE = PS/V$ para realizar pruebas de independencia variables de inventario y de sitio (χ^2 , 0.05), al igual que comparaciones de medias entre especies utilizando la prueba U-Mann-Whitney ($\alpha = 0.05$). La GE de la madera es dependiente ($p = 0.02$) del

diámetro normal (DN) de los árboles, ya que el 47 % de la muestra tiene alta $GE (> 0.52 \text{ g cm}^{-3})$ que se concentra en $DN \geq 55 \text{ cm}$; los factores de sitio y densidad arbórea no influyen en la GE ($p > 0.2$) de oyamel. Los individuos se diferenciaron entre ambas comunidades en todas las variables evaluadas, excepto en la longitud de fuste limpio y GE ; a pesar que los árboles de Nuevo Zoquiápam son más longevos y de mayor tamaño y densidad arbórea en competencia, la GE de la madera no se diferenció de los árboles procedentes de Santa Catarina Ixtepeji ($Z = -0.94^{ns}$). Los fenotipos sobresalientes de SNZ son de mayores dimensiones, casi 50 % más longevos y asociados a rodales de mayor densidad, sin embargo, la GE es la misma entre ambos sitios evaluados. Conocer la GE de oyamel permitirá estimaciones confiables de la biomasa arbórea, concepto útil en proyectos de secuestro de carbono para estos rodales.

Palabras clave: fenotipo, Santa Catarina Ixtepeji, Santiago Nuevo Zoquiápam, volumen maderable.



OBTENCIÓN DE COMPOSTA, PARA EL APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS ORGÁNICOS EN EL CAMPUS ACAPULCO DEL TecNM

OBTAINING COMPOST FOR THE ORGANIC WASTE UTILIZATION AT THE ACAPULCO CAMPUS OF THE TecNM

Ulises Eduardo Barrera-Cortes, María Guadalupe Bibiano-Quintero, Alejandra Flores-Castro, José Ángel
Román-Brito[§]

*Tecnológico Nacional de México (TecNM), Campus Acapulco, Avenida Instituto Tecnológico, K.M. 6.5,
S/N Col. El Cayaco, C.P. 39905, Acapulco de Juárez, Guerrero. [§]Autor de correspondencia:
(jose.rb@acapulco.tecnm.mx).*

RESUMEN

Uno de los principales problemas que provocan el aumento de la temperatura y su repercusión en el calentamiento global, es la quema de combustibles fósiles, por la generación de gases de efecto invernadero (*GEI*), esto debido principalmente a las actividades antropogénicas como el transporte utilizado para la recolección de los residuos sólidos urbanos (*RSU*), hasta los sitios de disposición final, dicha actividad es desempeñada por saneamiento básico, transportando los *RSU* al relleno sanitario. En el campus Acapulco del Tecnológico Nacional de México, se generan diariamente entre 200 kg y hasta 400 kg de *RSU*, producto de la poda de árboles y el barrido manual. Los residuos que se generan principalmente son secos o cafés, necesitando incorporar residuos frescos de las dos cafeterías, esto contribuye a evitar que sean recolectados y transportados hasta el relleno sanitario del municipio de Acapulco. Se desarrollaron pilas de 10 m de largo, 1.5 m de ancho y 0.5 m de alto, con el objetivo de facilitar la manipulación. Después de tres meses de compostaje se obtuvo un producto con las características físicas y químicas de una

composta: color café o marrón, olor a tierra húmeda, tamaño de partícula menor 3 mm, humedad (51.6 %); temperatura (25 °C); pH (8.7); conductividad (0.1734 S m⁻¹); sólidos totales (64 %); densidad aparente (374.559 kg m⁻³); cenizas (62.6 %); materia orgánica (37.4 %) y carbono orgánico (21.4 %), en promedio respectivamente. La realización del compostaje en espacios institucionales, permite reducir la generación de *GEI* por transporte de *RSU*, ya que se degradan en el sitio de origen o generación y se obtiene un abono orgánico natural, que aportan microorganismos al suelo, permite la restauración y la fertilidad de los mismos, así como desarrolla el interés de los estudiantes para llevar a cabo esta actividad en casa o en su comunidad, evitando la recolección y transporte del 40 % de los *RSU* generados en casa, representando aproximadamente 1.25 kg/habitante en el puerto de Acapulco.

Palabras clave: actividades antropogénicas, composta, gases de efecto invernadero, pilas de composta, residuos sólidos urbanos.



CINÉTICA DE CRECIMIENTO DE LA MICROALGA *Pectinodesmus pectinatus* EN UN FOTOBIOREACTOR DE TANQUE AGITADO CULTIVADO CON DIÉSEL

GROWTH KINETICS OF THE MICROALGA *Pectinodesmus pectinatus* IN A STIRRED TANK PHOTOBIOREACTOR CULTIVATED WITH DIESEL

Delmar Ernesto López-Quiroz², Arnulfo Rosales-Quintero^{1§}, Peggy Elizabeth Álvarez-Gutiérrez¹, Juan José Villalobos-Maldonado¹, Samuel Enciso-Saenz¹, Rosa Isela Ángeles Borraz-De Paz¹, Cristian Eduardo Arcos-Roblero¹, Carlos Daniel Hidalgo-Gómez¹

¹Tecnológico Nacional de México, Campus Tuxtla Gutiérrez (ITTG). Carretera Panamericana Km. 1080, Colonia Terán, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. C.P. 29050. ²Instituto Politécnico de Chiapas (IPCH). Portillo Zaragoza, Carretera Tuxtla Gutiérrez, Km 21+500, Las Brisas, 29150 Suchiapa, Chiapas, México. [§]Autor de correspondencia: (arquinte@tuxtla.tecnm.mx).

RESUMEN

La microalga *Pectinodesmus pectinatus* es prometedora para la degradación de diésel debido a su potencial metabólico, capacidad de adaptación en entornos contaminados y eficiencia en el aprovechamiento de hidrocarburos como fuente de energía. En este estudio se comparan las cinéticas de crecimiento de biomasa en cultivos de *P. pectinatus* en un fotobiorreactor de tanque agitado, empleando un deflector y un 1 % (v/v) de diésel. En el cultivo sin diésel, se obtuvo una biomasa máxima de 3.93×10^8 células mL⁻¹ al día 19, presentando una fase de latencia inicial y una fase exponencial clara entre el día 2 y el día 12, con una velocidad específica de crecimiento de $\mu = 0.1145$ 1/días y un tiempo de duplicación de $td = 6.05$ días. En los cultivos con deflector y 1 % de diésel, se alcanzó una biomasa máxima de 2.93×10^8 células mL⁻¹, con un crecimiento exponencial iniciado en el día 5, donde $\mu = 0.172$ 1/días y $td = 4.02$ días. Un análisis ANOVA reveló que no existen diferencias significativas en la producción de biomasa entre ambos tratamientos ($p > 0.05$), aunque el diésel afecta los

parámetros cinéticos de crecimiento. Además, se cuantificaron las clorofilas a y b en ambos cultivos. No se encontraron diferencias significativas en la concentración de clorofila a entre tratamientos ($p > 0.05$), pero sí en la concentración de clorofila b, que fue menor en el tratamiento con diésel ($p \leq 0.05$). Asimismo, un análisis de correlación de Pearson mostró que en los cultivos sin diésel existe una fuerte correlación positiva entre ambas clorofilas ($r = 0.94$), mientras que en presencia de diésel (1 %) esta correlación disminuyó considerablemente ($r = 0.2474$). La disminución en la producción de clorofila b y la baja correlación entre clorofilas en presencia de diésel sugieren que la energía y los recursos metabólicos de la microalga se redirigen hacia la degradación de hidrocarburos, en lugar de ser destinados únicamente a la fotosíntesis y el crecimiento. Estos hallazgos respaldan el uso de *P. pectinatus* para la degradación de hidrocarburos presentes en el diésel, resaltando su flexibilidad metabólica en la degradación de compuestos complejos.

Palabras clave: clorofila, cultivo, fotobiorreactor, hidrocarburos, parámetros cinéticos.



IDENTIFICACIÓN DE INSECTICIDAS EN CULTIVOS DE FRUTALES TROPICALES EN EL MUNICIPIO DE COTAXTLA, VERACRUZ

INSECTICIDES IDENTIFICATION IN TROPICAL FRUIT CROPS IN THE MUNICIPALITY OF COTAXTLA, VERACRUZ

Irma Rosa Vásquez-Robles¹, Isabel Araceli Amaro-Espejo^{1§}, Juan Valente Megchún-García¹, Jeremías Nataren-Velázquez², Paula Zúñiga-Ruiz¹

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Boca del Río, Km 12 s/n Carretera Veracruz-Córdoba, Boca del Río, Veracruz, México. C. P. 94290. ²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)/Campo Experimental Cotaxtla, Km 34.5 Carretera Federal Veracruz-Córdoba, Veracruz, México. C. P. 94270. §Autor de correspondencia: (isabelamaro@bdelrio.tecnm.mx).

RESUMEN

En México, entre los cultivos tropicales importantes en el estado de Veracruz se encuentran el limón “Persa” y la papaya “Maradol”. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación es determinar el impacto de insecticidas en los cultivos de limón Persa y papaya Maradol en el municipio de Cotaxtla Veracruz, donde se realizó una encuesta que consta de un cuestionario con 20 preguntas abiertas y cerradas, las cuales fueron aplicadas a 30 productores de limón Persa y papaya con la finalidad de identificar el uso y manejo de los insecticidas y su impacto al ambiente y a la salud. El recorrido técnico consistió en localizar a los informantes claves, posteriormente, con los datos recabados se realizó un análisis en el programa de Office Excel 2016. Los resultados muestran que, el 62.5 % de los productores reportaron daños en papaya por araña roja, mientras que en el cultivo de limón el 18 % de los daños son causados mayormente por trips y el otro 18 % son daños por araña roja. El insecticida más utilizado para ambos frutales fue la

avermectina, con un 13.5 % por productores de papaya y el 10.8 % en limón. También, se encontró que el 21.7 % de los productores aplica ocho veces al año el insecticida en su cultivo, dado que el número de aplicaciones puede variar de un 20 a 40 veces por año, dependiendo de las poblaciones de insectos-plagas que causan daños al cultivo. Sin embargo, los usos excesivos de los agroquímicos tienden a persistir durante mucho tiempo en el ambiente y acumularse a niveles que pueden causar toxicidad. Los entrevistados mencionaron que el 8 % de productores presentó síntomas de intoxicación, después de haber manipulado algún insecticida. Por otra parte, el 8 % de los productores dejaron de utilizar insecticidas con alto grado de toxicidad. Se concluye que en el cultivo de papaya y limón Persa, el insecticida más utilizado fue avermectina, y con un 36 % la cipermetrina, este último se reporta con daños en la flor y frutos de limón Persa y papaya.

Palabras clave: control de plagas, insecticidas, medio ambiente, salud.



INFLUENCIA DE FACTORES DE SITIO Y MANEJO EN EL CARBONO ACUMULADO EN EL DESFRONDE ESTACIONAL

INFLUENCE OF SITE AND MANAGEMENT FACTORS ON THE CARBON ACCUMULATED IN SEASONAL LITTERFALL

Ashmir Ambrosio-Lazo^{1§}, Gerardo Rodríguez-Ortiz², Wenceslao Santiago-García³, Iván José Aguilar-Pinacho¹, Marcos Emilio Rodríguez-Vásquez², Salvador Lozano-Trejo²

^{1,2}Estudiante, investigador, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, División de Estudios de Posgrado e Investigación, Ex Hacienda de Nazareno, C.P. 71233, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, México. ³Universidad de la Sierra Juárez, Instituto de Estudios Ambientales, Cam. a la Universidad, C. P. 68725, Ixtlán de Juárez, Oaxaca, México. [§]Autor de correspondencia: (ashmir26@gmail.com).

RESUMEN

La acumulación del carbono (C) en el piso forestal del bosque depende de muchos factores como la cobertura vegetal, suelo, agua, manejo y factores de sitio; determinar la relación de estos con el desfronde estacional es importante para entender mejor la dinámica del C. El objetivo de este estudio fue evaluar la influencia de las variables de sitio y de tratamientos silvícola (TS), sobre el carbono acumulado en el desfronde estacional en el bosque de pino encino de San Juan Lachao, Oaxaca. En 2022 se establecieron de forma selectiva 12 sitios (UM) en cuatro tratamientos, tres tratamientos silvícolas: 1er aclareo (IA), aclareo libre (AL), corta de regeneración (CR); y un área sin manejo

(ASM). Se realizó inventario arbóreo, se obtuvieron factores de sitio, y se establecieron trampas de captura de desfronde estacional, para determinar su contenido de C. Se realizaron pruebas de bondad de ajuste de los contenidos de C en relación a las variables de sitio, con estacionalidad y TS. El C de desfronde es dependiente ($p \leq 0.01$) de factores como la densidad arbórea, área de copa de los árboles, pendiente, altitud y exposición; la variación y frecuencia relativa del C en cada TS, depende de estos factores; y estudiarlos es importante para determinar las tasas de incorporación al piso y suelo forestal.

Palabras clave: densidad arbórea, piso forestal, San Juan Lachao, tratamientos silvícolas.



Revista Mexicana de Agroecosistemas

Vol. II (Suplemento I), 2024, 19 - 21 de noviembre, ISSN: 2007-9559

VII Congreso Nacional de Recursos Naturales, Sistemas de Producción e Innovación Tecnológica

I Congreso Internacional de Biodiversidad, Innovación y Sustentabilidad

**EJE TEMÁTICO 3. RESILIENCIA BIOCULTURAL Y ESTRATEGIAS ANTE EL
CAMBIO CLIMÁTICO (RBECC)**



RENTABILIDAD DE TECHOS VERDES COMO ESTRATEGIA DE AHORRO ENERGÉTICO EN CONDICIONES DE TRÓPICO HÚMEDO

PROFITABILITY OF GREEN ROOFS AS AN ENERGY-SAVING STRATEGY IN HUMID TROPICAL CONDITIONS

Adriana de la Cruz Uribe[§], José Roberto Hernández Barajas, Miguel Ángel Jesús Castañeda, José Ramón
Laines Canepa, Erika Escalante Espinosa

*Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, División Académica de Ciencias Biológicas, Carretera
Villahermosa-Cárdenas km 0.5, C.P. 86287, Villahermosa, Tabasco, México. [§]Autor de correspondencia:
(adriana.delacruz@ujat.mx).*

RESUMEN

En esta investigación se analizó la rentabilidad de la instalación de techos verdes extensivos en viviendas en clima tropical húmedo considerando parámetros sobre la relación beneficio-costos y periodo de recuperación de inversión. Los beneficios ambientales que ofrece un techo verde se estimaron a partir de un análisis de ciclo de vida, y un análisis de costos unitarios determinó el efecto de la disponibilidad de materiales de los costos de instalación. El análisis a partir del valor presente neto de la instalación, mantenimiento, desmantelamiento y disposición final determinó periodos de recuperación de 3.4 a 8.9 años en función de la disponibilidad de los materiales,

indicadores económicos, los mantenimientos y recompensa potencial con bonos de carbono al propietario. Se reconoce la importancia de valorar otros beneficios, tales como el incremento en la vida útil del techo, el aislamiento acústico, el servicio ecosistémico y la mejora en la calidad paisajística urbana, lo que incrementaría considerablemente la rentabilidad de los techos verdes que, combinados con otras tecnologías verdes, como la captación pluvial y la generación de la energía fotovoltaica, lo convertiría en un sistema sostenible clave para la adaptación y resiliencia urbanas.

Palabras clave: cambio climático, inversión, periodo de recuperación, sostenibilidad.



ESTIMACIÓN DE LA BIOMASA AÉREA Y CAPTURA DE CARBONO EN UN SISTEMA SILVOPASTORIL: HUEYTAMALCO, PUEBLA

ESTIMATION OF ABOVEGROUND BIOMASS AND CARBON CAPTURE IN A SILVOPASTORAL SYSTEM: HUEYTAMALCO, PUEBLA

Scarlette Valencia Lara¹, Martha Elena Fuentes López², Itzel Galaviz Villa¹, Irving Pérez Landa¹, Socorro Morales Flores³, Arturo Ángel Hernández^{3§}

¹Instituto Tecnológico de Boca del Río, Km.12, Carretera Veracruz-Córdoba, Boca del Río, Veracruz. C.P. 94290. ²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental San Martinito Carretera Federal México-Puebla Km 56.5, 74100 Santa Rita Tlahuapan, Pue. ³INIFAP, Campo Experimental La Posta del Centro de Investigación Regional Golfo Centro, Km. 22.5, Carretera Federal Veracruz-Córdoba, Paso del Toro, Medellín de Bravo, Veracruz. C.P. 94277. § Autor de correspondencia: (angel.arturo@inifap.gob.mx).

RESUMEN

La captura de carbono por los sistemas silvopastoriles es un proceso que contribuye a la mitigación del cambio climático, además el monitoreo de los reservorios de carbono es importante para la comprensión de su ciclo y para reducir la concentración de carbono en la atmósfera. Por lo que el objetivo del presente trabajo fue estimar la biomasa y el carbono almacenado en la cobertura vegetal de un sistema silvopastoril del sitio experimental Las Margaritas, Puebla. El área estudio comprendió 73 ha de un sistema silvopastoril (*SSP*) con presencia de arbóreas y pastizales, se realizó un muestreo sistemático donde se determinaron 16 sitios de muestreo. La biomasa aérea de los árboles se cuantificó mediante la ecuación alométrica propuesta por Chave et al. (2015), la cantidad de carbono en pastos se estimó según Mchenry et al. (2015) y para el caso de hojarasca se consideró lo propuesto por Orihuela-Belmonte et al. (2013). En el *SSP* se encontraron tres especies de árboles, siendo *Bursera simaruba* la más abundante con 84.61 %, la especie herbácea fue el pasto *Cynodon nlemfuensis*. En el sistema 3.6 ha (5 %)

corresponden a árboles, mientras que 69.4 ha (95 %) es de pastizales. En cuanto a los reservorios de carbono, la biomasa aérea viva de los arbóreas concentró un promedio de 492.34 Mg C ha⁻¹, para la hojarasca se estimaron 56.74 Mg C ha⁻¹, mientras que para el área de pastizales la estimación de fue de 183.16 Mg C ha⁻¹, sin embargo, la mayor acumulación por el área abarcada se concentró en los pastizales, en general el *SSP* almacena un promedio de 51.83 Mg C ha⁻¹. El carbono almacenado en la biomasa viva varió no solo de un sistema a otro, sino entre especies, a esto se agregan condiciones ecológicas derivadas de la diferencia en las concentraciones de carbono en los tejidos. Se puede concluir que los árboles cuentan con un gran potencial de absorber y acumular carbono en comparación con otros estratos. Los *SSP* poseen mayor capacidad de almacenamiento de carbono debido a la diversidad de especies, en comparación con monocultivos de pastos.

Palabras clave: ganadería sustentable, gases de efecto invernadero, sistemas multiespecie.



DIAGNÓSTICO DE SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN ARTESANAL DE MEZCAL

ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY DIAGNOSIS IN THE PRODUCTION PROCESS OF ARTISAN MESCAL

Jessica Martinez-Gomez, Rodolfo Amalio Vargas-Méndez[§], Gloria Lilia Osorio-Gordillo

Instituto Tecnológico Nacional de México / CENIDET, Interior Internado Palmira S/N, Palmira, 62490 Cuernavaca, Mor. §Autor de correspondencia: (rodolfo.vm@cenidet.tecnm.mx).

RESUMEN

Es imperativo observar el panorama que envuelve a los procesos de producción de los bienes que se consumen en la sociedad actual, además de la importancia de comprender las implicaciones que dicho consumo representa para el equilibrio ambiental y por tanto para la vida en general. Este artículo ofrece una visión integral de los desafíos y oportunidades asociados con el proceso de producción artesanal de mezcal en el estado de Oaxaca, a través de un estudio de sostenibilidad ambiental enfocado en la identificación de los niveles del cuidado medioambiental dentro del proceso productivo. Durante un encuentro de productores artesanales de mezcal en el mes de junio 2024, se utilizó un instrumento de recolección de información (entrevista) dirigida a los productores de la zona centro del estado de Oaxaca y paralelamente complementada con la revisión de literatura existente. Desde una enfoque de sostenibilidad ambiental se identificaron los

factores que generan contaminación directa al aire a partir de emisiones de monóxido de carbono (CO) consecuencia de la quema de leña, al suelo empleando prácticas inadecuadas de gestión de residuos y al agua a través del nulo proceso de tratamiento previo, además de factores desencadenantes como la deforestación y daño a ecosistemas, todo, producto del auge que obtuvo esta bebida ancestral en los últimos años logrando incrementos de hasta el 74.89 % con respecto a años anteriores. Con base en el objetivo de desarrollo sostenible No. 12 producción y consumo responsable, las prácticas actuales de producción, enfrentan desafíos considerables en cuanto a eficiencia y cuidado del medio ambiente, por tanto, es necesario implementar medidas que optimicen el uso de recursos y minimicen el impacto ambiental, alineada con los principios del objetivo.

Palabras clave: *Agave*, contaminación de agua fluvial, medio ambiente, suelo, tala de árboles.



RELACIÓN ENTRE PATRIMONIO BIOCULTURAL Y CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD: UN ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO

RELATIONSHIP BETWEEN BIOCULTURAL HERITAGE AND BIODIVERSITY CONSERVATION: A BIBLIOMETRIC ANALYSIS

Edwin Yoshimar Chávez-Pascual^{1§}, Salvador Lozano-Trejo²

^{1,2}Estudiante, investigador, Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, División de Estudios de Posgrado e Investigación, Ex Hacienda Nazareno Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca.

[§]Autor de correspondencia: (edwinyoshimar553@gmail.com).

RESUMEN

La degradación ambiental causada por el cambio climático y la presión antropogénica impactan negativamente en el patrimonio y memoria biocultural de las comunidades tradicionales, ya que, junto con la diversidad cultural y lingüística conforman un legado invaluable. Entendiendo como patrimonio biocultural al resultado de las relaciones biológicas y sociales a largo plazo, la cual da como resultado diversas características de paisajes culturales y entornos construidos gestionados por las comunidades. La presencia de las comunidades es un factor determinante en la estabilidad y capacidad de resiliencia de la biodiversidad. Por tal motivo se planteó analizar la relación entre el patrimonio biocultural y la conservación de la biodiversidad. Se realizó un análisis bibliométrico de las publicaciones sobre el término “patrimonio biocultural”, durante el periodo 2008-2024, en el metabuscador Scopus®, de Elsevier® siguiendo la metodología PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), los datos se depuraron y posteriormente se realizó un

análisis en la librería bibliometrix y su complemento Biblioshiny de la paquetería Rstudio, así como mapchart®. Los resultados muestran un crecimiento ascendente irregular de publicaciones con el término “biocultural heritage” teniendo su punto más alto en el 2022 con 52 recursos publicados, a nivel mundial México se posiciona como el primer lugar de publicaciones con 55 recursos. El área donde se publican mayormente recursos científicos son las Ciencias Sociales con un 26.5 %. Muchos autores coinciden que los territorios bajo manejo tradicional de algún grupo etnolingüístico se encuentran en condiciones relativamente mejores de conservación de la biodiversidad, por tal motivo es de suma importancia incrementar los trabajos relacionados con el patrimonio biocultural como eje principal de conservación de la diversidad ecosistémica, lingüística y cultural.

Palabras clave: conocimiento tradicional, conservación, memoria biocultural, paisajes culturales.



LA CONSERVACIÓN SUSTENTABLE DE RECURSOS NATURALES EN LA PEQUEÑA
PROPIEDAD: UN CASO EN EL SUR DE VERACRUZ

THE SUSTAINABLE CONSERVATION OF NATURAL RESOURCES ON SMALL PROPERTY:
A CASE IN THE SOUTH OF VERACRUZ

Francisco Javier Vaquera-Aguilar^{1§}, Baldomero H. Zárate-Nicolás², Alberto de los Santos-Pérez³

¹Universidad Autónoma Chapingo (UACH). Departamento de Zootecnia. Carretera Federal México-Texcoco Km 38.5. ²Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Campus Ciudad Universitaria, Av. Puerta de Hierro, n° 2-4 28040, Madrid. ³Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca. Facultad de Ciencias Químicas, 21 de marzo, Ciudad Universitaria, Oaxaca de Juárez, Oaxaca. [§]Autor de correspondencia: (fjvaqueraa@gmail.com).

RESUMEN

El municipio de Las Choapas, ubicado al sur de Veracruz y colindante con los estados de Tabasco y Chiapas, ha sido testigo de esfuerzos sostenidos para el conocimiento y conservación de la biodiversidad y la prestación de servicios ecosistémicos. Estos esfuerzos se concentran en el conjunto predial “Rancho El Milagro” (REM), un área de 224 ha cercana a Santa María Chimalapa, Oaxaca, y a sólo 20 km en línea recta de la selva de Uxpanapa. Este predio constituye uno de los últimos relictos de vegetación primaria en el sur de Veracruz. Mediante un cuadro de línea de tiempo, se resumen las acciones de manejo implementadas para la conservación y uso sustentable de la selva alta perennifolia y de la selva secundaria (acahual), abordando los hallazgos y dificultades enfrentadas, así como sus consecuencias. Estas actividades de conservación se desarrollan en un contexto de pequeña propiedad, con limitados apoyos externos, lo cual hace especialmente compleja la gestión sustentable de los recursos naturales. El

análisis presenta evidencia obtenida directamente del proceso de conservación, que se comparte aquí en forma de recomendaciones. Finalmente, se subraya la urgente necesidad de generar mecanismos de apoyo, tanto gubernamentales como altruistas, orientados a la preservación de las selvas aún en manos de pequeños propietarios. Estos actores merecen ser reconocidos como un importante subsector de la población rural mexicana. Si los propietarios de estos relictos de selva no reciben el apoyo necesario, enfrentarán crecientes presiones de compra por parte de ganaderos que buscan expandirse; en caso de que estas tierras sean convertidas en potreros, se perderán irremediablemente su riqueza biológica y los servicios ecosistémicos que brindan, los cuales comienzan a ser valorados por los vecinos ganaderos, aunque aún no son plenamente reconocidos por las autoridades ambientales y sus aliados.

Palabras clave: pequeños propietarios, retos para la conservación, selva alta perennifolia.



COMBUSTIBLES DE HUELLA CERO: CONCEPTO, FUENTES Y TECNOLOGÍA PARA UN FUTURO SOSTENIBLE

ZERO-FOOTPRINT FUELS: CONCEPT, SOURCES AND TECHNOLOGY FOR A SUSTAINABLE FUTURE

Karina Delgado-Osorio, Rodolfo Amalio Vargas-Méndez[§], Carlos Manuel Astorga-Zaragoza, Gloria Lilia Osorio-Gordillo

Tecnológico Nacional de México. Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico (CENIDET). Interior Internado Palmira S/N, Col. Palmira, C.P. 62490 Cuernavaca, Morelos. [§]Autor de correspondencia: (rodolfo.vm@cenidet.tecnm.mx).

RESUMEN

La creciente preocupación por el cambio climático y la necesidad de mitigar sus efectos han impulsado la búsqueda de alternativas energéticas sostenibles, entre las cuales destacan los combustibles de huella cero, ya que son diseñados para no generar emisiones netas de gases de efecto invernadero a lo largo de su ciclo de vida. El estudio se centra en el concepto de los combustibles de huella cero, se presentan sus principales fuentes, como el hidrógeno verde, los biocombustibles avanzados y los combustibles sintéticos, así como las tecnologías que facilitan su producción, incluyendo la electrólisis, la captura de carbono y las celdas de combustible. Para llevar a cabo el estudio, se analizaron los procesos de producción de estos combustibles, incluyendo tecnologías como la electrólisis para producir hidrógeno a partir de agua utilizando energías renovables, la captura y almacenamiento de carbono (CAC) para reutilizar o almacenar el dióxido de carbono (CO₂), y las celdas de combustible que permiten convertir el hidrógeno en energía sin emisiones. Los resultados muestran que el hidrógeno verde es una opción viable para sectores como el transporte

pesado y la industria, mientras que los biocombustibles avanzados, producidos a partir de residuos orgánicos, son adecuados para aplicaciones en transporte aéreo y marítimo. Los combustibles sintéticos, generados a partir de CO₂ capturado, son prometedores para industrias difíciles de electrificar, como la siderurgia y la aviación. A pesar de que estas tecnologías presentan desafíos económicos y requieren una infraestructura adecuada, el estudio concluye que, con estrategias como la tarificación del carbono y los subsidios a energías limpias, es posible acelerar su desarrollo e implementación. La adopción de combustibles de huella cero a gran escala podría desempeñar un papel decisivo en la consecución de los objetivos globales de neutralidad de carbono y contribuir a la creación de un futuro energético más sostenible y eficiente. La investigación destaca la importancia de continuar invirtiendo en estas tecnologías para garantizar su viabilidad técnica y económica, lo que permitirá una transición efectiva hacia una economía libre de emisiones.

Palabras clave: combustibles sintéticos, emisiones netas cero, energías renovables, mitigación del cambio climático.



ANÁLISIS Y PROYECCIÓN DE LAS VARIABLES DE TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN BAJO TRES PERIODOS DE TIEMPO

ANALYSIS AND PROJECTION OF TEMPERATURE AND PRECIPITATION VARIABLES FOR THREE TIME PERIODS

Guie' xhuuba Sánchez-López¹, Pablo Antúnez^{2§}

^{1,2} Estudiante, investigador, Universidad de la Sierra Juárez Oaxaca (UNSIJ). División de Estudios de Posgrado-Instituto de Estudios Ambientales, Camino a la Universidad S/N, Ixtlán de Juárez, Oax. 68725. § Autor de correspondencia: (pantunez4@gmail.com).

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar las tendencias de las variables de temperatura y precipitación ante diferentes gradientes de altitud sobre el nivel del mar en cuatro periodos de tiempo: pasado (hace aproximadamente 110,000 años), contemporáneo (1970-2000) y futuro (2080-2100), según proyecciones de modelos de "circulación general" y "modelos acoplados". Para el estudio, se utilizaron como puntos de muestreo los sitios centrales de los conglomerados del Inventario Nacional Forestal (2014-2020), establecidos por la Comisión Nacional Forestal. Se realizaron análisis de correlación, análisis de covarianza y análisis de distribuciones de frecuencias. Las variables de temperatura que mostraron una alta asociación con la elevación sobre el nivel del mar fueron: la temperatura del trimestre más cálido, la temperatura media anual y la temperatura media del trimestre más

húmedo. Las variables de precipitación que mostraron una alta asociación con la elevación fueron: la precipitación del mes más lluvioso, la estacionalidad de las precipitaciones y la precipitación del mes más seco. Se determinó que, a medida que aumentan los valores de elevación sobre el nivel del mar, las tasas de cambio de estas seis variables climáticas varían de un periodo a otro. La variable con la mayor sensibilidad al cambio altitudinal fue la temperatura media del trimestre más húmedo correspondiente al periodo futuro, bajo un escenario de cambio drástico del clima continental. Específicamente, se determinó que, por cada kilómetro que aumenta la altitud sobre el nivel del mar, la temperatura desciende en promedio 4.7 °C.

Palabras clave: correlación, gradiente altitudinal, modelos climáticos, variabilidad climática, variables climáticas.



RESILIENCIA CULTURAL Y AMBIENTAL: LA EXPERIENCIA DE UNA COOPERATIVA DE ARTESANOS TEXTILES EN OAXACA

CULTURAL AND ENVIRONMENTAL RESILIENCE: THE EXPERIENCE OF A COOPERATIVE OF TEXTILE ARTISANS IN OAXACA

Giselle Carolina Lescas-Montes, Juana Yolanda López-Cruz[§], Gema Lugo-Espinosa

¹*Instituto Politécnico Nacional (IPN), CIIDIR Oaxaca. Hornos 1003, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, México.* [§]*Autor de correspondencia: (jylopez@ipn.mx).*

RESUMEN

El trabajo artesanal requiere el uso de recursos naturales y conocimientos locales transmitidos por generaciones anteriores para lograr el equilibrio entre el aprovechamiento sustentable y la generación de medios de vida. En un contexto globalizado que amenaza las costumbres y tradiciones locales, resulta crucial entender cómo las cooperativas actúan como espacios de resiliencia cultural, donde se fusionan prácticas sostenibles y la identidad comunitaria. La investigación se lleva a cabo en Teotitlán del Valle, Oaxaca y tiene por objetivo analizar cómo las prácticas de una cooperativa de artesanos textiles contribuyen a la resiliencia cultural y a la sostenibilidad ambiental en su comunidad. El método es cualitativo, utilizando entrevistas semiestructuradas con artesanos de la cooperativa. El análisis de datos a través de un enfoque temático permitió la identificación de patrones y temas relacionados. Los resultados muestran que las prácticas sostenibles no solo benefician el medio ambiente, sino que también fortalecen la identidad cultural de los artesanos, quienes experimentan un

profundo sentido de pertenencia y orgullo en su trabajo. A su vez, se identificaron dinámicas de cooperación y el significado del conocimiento tradicional en un entorno competitivo. En la discusión, se argumenta que la cooperativa representa un modelo de resiliencia cultural, donde la sostenibilidad y la cultura se han ligado como estandartes en el desarrollo de sus actividades. Se identifican retos, como la competencia desleal con intermediarios y el entorno regional; así como oportunidades para el crecimiento a través de redes sociales y la promoción del patrimonio cultural. Este estudio muestra la relevancia de la organización social en la preservación cultural y el fomento de la sostenibilidad, ofreciendo perspectivas valiosas para futuras investigaciones y prácticas en el ámbito. Agradecemos la disponibilidad de los artesanos para compartir sus experiencias, al CONAHCyT por su beca al posgrado MCCRAN, y al IPN por el apoyo otorgado a través del proyecto SIP20242329.

Palabras clave: artesanías, conocimiento tradicional, cooperativismo, ecotecias, sostenibilidad.



DESAFÍOS CLIMÁTICOS PERCIBIDOS Y ALTERNATIVAS AGROECOLÓGICAS EN
CAFETALES DE SAN ISIDRO HUAYÁPAM, OAXACA, MÉXICO

PERCEIVED CLIMATE CHALLENGES AND AGROECOLOGICAL ALTERNATIVES IN
COFFEE PLANTATIONS OF SAN ISIDRO HUAYÁPAM, OAXACA, MEXICO

José Uriel García-Domínguez^{1§}, Yuri Villegas-Aparicio², Aarón Martínez-Gutiérrez², Vicente Arturo
Velasco-Velasco², Gustavo Omar Díaz-Zorrilla²

^{1,2} *Estudiante, investigador, Tecnológico Nacional de México, Campus Valle de Oaxaca (ITVO). Ex hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca, México. C.P. 71233. §Autor de correspondencia: (urielgarcia.jugd@gmail.com).*

RESUMEN

El cambio climático constituye un desafío crítico para la producción mundial de café. El objetivo fue analizar la percepción de los productores sobre los efectos del cambio climático y caracterizar la transición agroecológica de sus agroecosistemas. Se encuestó a 36 productores entre enero y junio de 2024, recopilando datos socio-productivos, percepciones climáticas y cambios fenológicos del cultivo. Se aplicó parcialmente la herramienta “Evaluación del Desempeño Agroecológico (TAPE)”, en cinco elementos clave: diversidad, sinergias, eficiencia, reciclaje y resiliencia, operacionalizados en 20 índices descriptivos. El 98 % de los productores perciben un aumento en la temperatura y el 96 % un incremento en la intensidad de las lluvias, esto afecta la floración, fructificación, maduración de drupas y

rendimientos. Se identificaron tres grupos de agroecosistemas con distintos niveles de transición agroecológica y diferencias significativas ($\chi^2 = 35$, $df = 2$, $p < 0.0001$), por lo que requieren fortalecer prácticas agroecológicas que promuevan la agrobiodiversificación, las sinergias, la eficiencia, el reciclaje de nutrientes y la resiliencia. La adopción de estrategias agroecológicas para mejorar la resiliencia ante el cambio climático, contribuyendo a la sostenibilidad social, económica y ambiental de la zona e impulsar políticas públicas y programas de capacitación que promuevan las prácticas agroecológicas entre los productores.

Palabras clave: cafetales tradicionales, cambio climático, diversidad, estadística no paramétrica, resiliencia.



DISEÑO PARTICIPATIVO DE UNA HERRAMIENTA DE MONITOREO DEL SOCIOECOSISTEMA COSTERO-MARINO EN MAZATLÁN, SINALOA, MÉXICO

PARTICIPATORY DESIGN OF A COASTAL-MARINE SOCIOECOSYSTEM MONITORING TOOL IN MAZATLAN, SINALOA MEXICO

Abril Montijo-Galindo^{1§}, Arturo Ruiz-Luna¹, Luis Arturo Méndez-Barroso²

¹Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD) Subsele Mazatlán, Av. Sábalo Cerritos S/N, C.P. 82112. Mazatlán, Sinaloa. México. ²Instituto Tecnológico de Sonora (ITSON), 5 de Febrero 818 Sur, Col. Centro, Ciudad Obregón, Sonora. México. [§]Autor de correspondencia: (abril.montijo@ciad.mx).

RESUMEN

Las tarjetas de reporte (*TR*) o boletas de calificación se definen como un instrumento informativo donde se evalúa la condición actual de los ecosistemas. Dentro de este documento se integra y contrasta información de diversos indicadores ambientales, sociales y económicos respaldados científicamente con el fin de monitorear los cambios positivos y/o negativos dentro de un área de interés a lo largo del tiempo. El objetivo de este estudio fue establecer las bases para el diseño e integración de la *TR* del socioecosistema (*SES*) costero-marino de Mazatlán, Sinaloa (Subcuenca Mazatlán RHIIDf), con base en la perspectiva y conocimiento de los diferentes actores involucrados (academia, gobierno, sociedad civil y sector privado). De manera participativa, se definieron los valores dentro del *SES*, considerados como los elementos de valor que permiten que el sistema funcione adecuadamente y que deben ser protegidos o restaurados, y se determinaron las amenazas que están causando la degradación de esos valores o impidiendo su restauración. Posteriormente se categorizaron por grupo temático (recursos hidrológicos, ecosistemas y paisajes, biodiversidad, comunidad y cultura, manejo y gobernanza, economía y cambio

climático), para finalmente realizar una priorización por grupo. Entre los valores identificados, destacan la presencia de ecosistemas estratégicos como los esteros, manglares, las dunas y playas, la presencia de hábitats costeros y la biodiversidad que habita en ellos, los recursos pesqueros, sitios de recarga hídrica y el patrimonio biocultural. Entre las amenazas identificadas se encuentran el crecimiento inmobiliario y la expansión urbana, la sobreexplotación de recursos, la pesca ilegal, la contaminación y el agotamiento de recursos hídricos. Se identificaron indicadores para cada grupo temático para establecer los valores, determinar los límites y umbrales de cada indicador y obtener la calificación correspondiente al *SES*. Estas herramientas a pesar de ser documentos breves suponen un gran esfuerzo que implican la generación o recuperación de información de múltiples fuentes, la coordinación e involucramiento de personas de diferentes sectores y disciplinas, así como el logro de múltiples consensos para sintetizar un gran volumen de información que puede ser comunicada y entendida fácilmente por tomadores de decisiones y el público en general.

Palabras clave: Golfo de California, sistema socioecológico, tarjeta de reporte, zona costera.



CONOCIMIENTO TRADICIONAL Y USO LOCAL DE MAMÍFEROS EN SOCHIAM, OAXACA, MÉXICO

TRADITIONAL KNOWLEDGE AND LOCAL USE OF MAMMALS IN SOCHIAM, OAXACA, MEXICO

Blanca Estela Loaeza-Santiago^{1§}, Marco Antonio Vásquez-Dávila¹, Gladys Isabel Manzanero-Medina²

¹*Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, Ex hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca, 71233.* ²*Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Hornos 1003, Xoxocotlán, 71233, Oaxaca.* [§]*Autor de correspondencia: (loaezablanca14@gmail.com).*

RESUMEN

Esta investigación tuvo como objetivo recopilar información sobre los conocimientos y usos locales de los mamíferos medianos y grandes en San Pedro Sochiapam, Cuicatlán, Oaxaca. En dos áreas con distintos tipos de vegetación: selva alta perennifolia y bosque mesófilo de montaña, (712 ha) se instalaron estaciones de cámaras trampa y se muestrearon huellas, excretas, muestras de pelo, senderos, madrigueras y echadero. Además, se aplicaron 30 entrevistas con 17 preguntas abiertas a cinco grupos específicos de la población. Se registraron 21 especies distribuidas en seis órdenes y 13 familias, de las cuales el 95 % (19 especies) fueron reconocidas mediante entrevistas, 30 % (6 especies) a través de foto-trampeo, 30 % (6 especies) mediante rastros y 35 % (7 especies) por pieles y derivados. Cinco de estas especies están clasificadas en alguna categoría de riesgo según

normas oficiales. Los habitantes utilizan 15 de las especies registradas para alimentación, medicina y ornamentación. Las entrevistas permitieron calcular índices de valor de uso e importancia, revelando que los pobladores conocen para la mayoría de estas especies sus épocas reproductivas, hábitos alimenticios, características morfológicas y etológicas, así como la cosmovisión atribuida a algunas especies. Los pobladores de San Pedro Sochiapam valoran a los mamíferos como parte fundamental de los ecosistemas y fuente de alimento. Estos mamíferos han sido esenciales en la vida comunitaria. El conocimiento local desempeña un papel crucial en la conservación de la biodiversidad, sentando las bases para planes y programas en este ámbito.

Palabras clave: biodiversidad, conservación, etnomastozoología, valor de importancia.



PALMETUM ALTERNATIVA PARA EL BIENESTAR

EMOCIONAL PALMETUM EMOTIONAL HEALTH

ALTERNATIVE

Vanessa G. Parrazal-Perales, Agrícola Arrieta-Rivera, Ana G. Sánchez-Luna, Jotam Salaya-Domínguez,
Juan De la Cruz-May

Tecnológico Nacional de México/ IT Zona Olmeca (ITZO), Prol. Ignacio Zaragoza S/N, Villa Ocuilzapotlán, Centro, Tabasco. 86270. § Autor de correspondencia: (agricola.ar@zolmeca.tecnm.mx).

RESUMEN

Las palmas (Arecaceae) han jugado un rol fundamental en la economía agrícola y el bienestar humano durante siglos. En países con recursos limitados, estas plantas no sólo brindan ingresos, sino que también son una fuente vital de insumos para las comunidades. Además de su impacto económico, las palmas contribuyen significativamente al combate del cambio climático al capturar grandes cantidades de CO₂ y purificar el aire. El Palmetum ITZO, ubicado en una de las Villas más importantes del municipio del Centro, Tabasco, representa una solución natural para mitigar los problemas de

salud mental en la región, donde el deterioro emocional es alto, especialmente en jóvenes de 16 a 26 años. Los estudios realizados por la Secretaría de Salud (2020) revelan que el estrés y la ansiedad afectan tanto a hombres como a mujeres, aunque de maneras distintas, y que los beneficios del Palmetum incluyen la mejora en la calidad del aire y la reducción del estrés emocional. Este espacio natural, único en su tipo en la región, se presenta como una alternativa efectiva para mejorar la salud física y mental de la población.

Palabras clave: ambiente, cambio climático, palmas, salud mental, servicios ambientales.



MEZCAL SUSTENTABLE INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD EN LA PRODUCCIÓN DE MEZCAL

SUSTAINABLE MESCAL INNOVATION AND SUSTAINABILITY IN MESCAL PRODUCTION

Karla Jimena Cruz García[§], Axel Arturo Sosa Aquino

Tecnológico Nacional de México, Campus Valle de Oaxaca, Ex hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca, 71233. [§]Autor de correspondencia: (122920257@voaxaca.tecnm.mx).

RESUMEN

El mezcal es un producto icónico de Oaxaca, cuya producción alcanzó los 7.1 millones de litros en 2020, con un crecimiento del 48 % desde 2015. Este incremento ha posicionado al mezcal como un motor económico clave, con una exportación de 5.1 millones de litros en 2020, principalmente a mercados como Estados Unidos y Europa. Sin embargo, el auge de la industria ha generado preocupaciones ambientales debido a la sobreexplotación de especies de agave y la presión sobre los ecosistemas locales. Esta investigación, basada en entrevistas con expertos, examina cómo la innovación puede hacer que la producción de mezcal sea más sustentable, respetando tanto el medio ambiente como las tradiciones culturales de Oaxaca. Entre las innovaciones más importantes se destacan sistemas de destilación más eficientes que ahorran agua y energía, el uso de energías renovables y la reutilización de subproductos del agave. Estas prácticas contribuyen a la reducción del impacto ecológico y se alinean con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) 12 (Producción y Consumo Responsables), 13

(Acción por el Clima) y 15 (Vida de Ecosistemas Terrestres). En particular, la reforestación de especies como *Agave angustifolia* (*espadín*), *A. karwinskii* (*cuishe*), *A. potatorum* (*tobalá*) y *A. marmorata* (*tepextate*) es crucial para asegurar la sostenibilidad a largo plazo de la industria, especialmente cuando el *espadín* representa el 85 % de la producción total de mezcal en Oaxaca. Uno de los desafíos más importantes es equilibrar la modernización con la preservación de las técnicas tradicionales del mezcal, que tienen profundas raíces culturales en las comunidades rurales. Además, la equidad de género, alineada con el ODS 5 (igualdad de género), es fundamental, ya que las mujeres han sido piezas clave en la producción de mezcal, y su participación debe ser fortalecida para promover el desarrollo sostenible en estas comunidades. La integración de innovación, sostenibilidad y equidad de género es esencial para asegurar un futuro responsable para la producción de mezcal en Oaxaca.

Palabras clave: equidad de género, innovación tecnológica, protección de agaves nativos, tradición y modernización.



COLIFORMES TOTALES Y FUENTES PUNTUALES DE CONTAMINACIÓN EN EL AGROECOSISTEMA CON CAÑA DE AZÚCAR

TOTAL COLIFORMS AND POINT SOURCES OF POLLUTION IN THE SUGARCANE AGROECOSYSTEM

Juan Valente Megchun-García^{1§}, María del Refugio Castañeda-Chávez¹, Alejandra Soto-Estrada², Isabel Araceli Amaro-Espejo¹, Daniel Arturo Rodríguez-Lagunes³

¹Tecnológico Nacional de México (TecNM), Instituto Tecnológico de Boca del Río, Boca del Río, Veracruz, C.P. 94290. ²COLPOS, Campus Veracruz, Tepetates, Manlio Fabio Altamirano, Veracruz ³UV, Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, región Orizaba-Córdoba, Veracruz. [§]Autor de correspondencia: (megchji@gmail.com).

RESUMEN

La contaminación del agua es un proceso que está impactando negativamente al desarrollo sociedad, debido en gran parte a las actividades antropogénicas que tienen lugar en los agroecosistemas tropicales de la caña de azúcar. El objetivo fue conocer las concentraciones de coliformes totales y las fuentes puntuales en el agroecosistema con caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) del Módulo del Riego I-I La Antigua, Veracruz. La investigación se desarrolló en la cuenca del río La Antigua, que comprende la Asociación de Usuarios COANALAG, ubicando 32 puntos de muestreos de agua subterránea y superficial e identificando las fuentes puntuales; los análisis se realizaron con base NOM-I09-SSAI-1994, NOM-I27-SSA-1994, NOM-I80-

SSAI-1994, y la NMX-AA-02 por el método Colisure (Colilert) en el Laboratorio LIRA del ITBOCA. Los resultados indican concentraciones de coliformes en canales de riego de la caña de azúcar y en la zona urbana, y las principales fuentes puntuales de contaminación fueron la presencia de fosas sépticas, drenajes y descargar directas sin tratamientos. El municipio de La Antigua aporta el 31 % de las descargas directas al río “La Antigua”, y a las fuentes naturales de agua. Se concluye que la contaminación bacteriológica es provocada por fuentes puntuales de contaminación sin previo tratamiento y el uso inadecuado del manejo del agua.

Palabras clave: bacterias, cultivo industrial, fuentes difusas.



USO Y MANEJO DE *Vanilla* (Orchidaceae) EN CUBA: PASADO Y PRESENTE

USE AND MANAGEMENT OF *Vanilla* (Orchidaceae) IN CUBA: PAST AND PRESENT

Julio I. Martínez-Betancourt¹, Marco A. Vásquez-Dávila^{2§}, Gladys I. Manzanero-Medina³

¹Centro Nacional para la Producción de Animales de Laboratorio (CENPALAB), Cuba, ²Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, México. ³Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca, México. [§]Autor de correspondencia: (marco.vd@voaxaca.tecnm.mx).

RESUMEN

En Cuba, nueve especies de *Vanilla* son nativas, pero la especie introducida, *Vanilla planifolia* Andrews, conocida como vainilla mexicana, ha sido altamente apreciada desde el siglo XIX por sus usos en la gastronomía, medicina tradicional y perfumería. Sin embargo, la información sobre su uso y manejo ha sido fragmentada a lo largo del tiempo. Este estudio tiene como objetivo analizar el uso y manejo de las especies de *Vanilla* en Cuba, abarcando tanto aspectos históricos como actuales. Se realizó una revisión de literatura especializada y trabajo de campo, que incluyó entrevistas con custodios de vainilla en colecciones particulares y jardines botánicos, así como la observación directa de los ejemplares en diversas localidades de la isla. La vainilla ha tenido múltiples aplicaciones a lo largo del tiempo, destacándose *V. planifolia* y las especies nativas *V. phaeantha* y *V. dilloniana* por su valor en la medicina tradicional, como

afrodisíaco, diurético y parasitocida, entre otros. Además, estas especies se han utilizado en la industria alimentaria y de perfumería. A pesar de su importancia, su cultivo está limitado a jardines botánicos y colecciones particulares. El uso y manejo de *Vanilla dilloniana*, *V. phaeantha*, *V. planifolia*, *V. pompona* y *V. poitaei* en Cuba refleja una valiosa tradición etnobotánica que ha evolucionado con el tiempo. La coexistencia de prácticas tradicionales y modernas subraya la necesidad de estrategias de conservación que protejan tanto el conocimiento ancestral como la biodiversidad local. El manejo sostenible de estas especies puede tener un impacto positivo en el aprovechamiento futuro de sus propiedades medicinales y aromáticas y en la preservación de la biodiversidad cubana.

Palabras clave: agrobiodiversidad, conservación, etnobotánica, gastronomía, medicina tradicional, plantas aromáticas.



EXPLORACIÓN ETNOECOLÓGICA DE *Tagetes erecta* L. (Asteraceae) EN MERCADOS Y
PANTEONES DE OAXACA, MÉXICO

ETHNOECOLOGICAL EXPLORATION OF *Tagetes erecta* L. (Asteraceae) IN MARKET PLACES
AND CEMETERIES IN OAXACA, MEXICO

Gemma Bianey Ponce-López[§], Marco Antonio Vásquez-Dávila, Martha Patricia Jerez-Salas, José Cruz
Carrillo-Rodríguez

Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. Ex Hacienda de Nazareno, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca,
México. [§]Autor de correspondencia: (jacripe@hotmail.com).

RESUMEN

La conmemoración del Día de Muertos en las comunidades indígenas mexicanas, que se celebra el primer y segundo día de noviembre, forma parte de la lista del Patrimonio Oral e Inmaterial de la Humanidad de la UNESCO desde 2003. La flor de muerto o cempaxúchitl (*Tagetes erecta* L., Asteraceae) juega un papel central en esta celebración. Esta investigación buscó explorar mediante el método etnográfico la etnoecología de *T. erecta* en tres regiones del estado de Oaxaca, México. Días previos a la celebración, se recorrieron cinco plazas donde se realiza la compra-venta de la especie: Tlaxiaco, Nochixtlán, Ixtlán, Tlacolula y Zaachila en la Mixteca, Sierra Norte y Valles Centrales. Empleando las técnicas de compra-entrevista y observación participante, se entrevistaron 25 mujeres vendedoras. Se visitaron dos panteones de Santa Cruz Xoxocotlán, reconocidos por su patrimonio cultural. Los usos de *T. erecta* son: ritual, alimento, condimento y medicina. En los Valles Centrales, se le da de

comer a las gallinas (*Gallus gallus*) para que la yema de huevo tenga mejor color. En la Mixteca, se usa la planta para evitar que el gorgojo (Curculionidae) ataque a las semillas. Los pétalos frescos se preparan fritos con cebolla o se agregan a los huevos antes de terminar su cocción para que tomen un color amarillo intenso. En los panteones, además de las flores de *T. erecta*, se presentan otras que no han sido empleadas tradicionalmente: gladiola (*Gladiolus* spp.), alcatraz (*Zantedeschia aethiopica*) y nube (*Gypsophila glomerata*). Afuera de los panteones, se venden calabazas de Halloween, playeras, muñecos de peluche, entre otros. De igual manera, las generaciones más jóvenes desconocen el uso tradicional de la flor de cempaxúchitl. En conclusión, *T. erecta* en Oaxaca tiene importancia central ritual, alimentaria y agroecológica. Sin embargo, se observa una creciente presencia de elementos no tradicionales influenciada por la globalización.

Palabras clave: cementerios, cempasúchil, medicina tradicional, mujeres vendedoras, plazas.



GIGANTES DE LA NATURALEZA: ESPECIES DE GRAN TAMAÑO EN OAXACA, MÉXICO

GIANTS OF NATURE: LARGE SPECIES IN OAXACA, MEXICO

Marco Antonio Vásquez-Dávila^{1§}, Gladys Isabel Manzanero-Medina², Celestino Castro-García³

¹Tecnológico Nacional de México, Campus Valle de Oaxaca (ITVO), Ex hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca, 71233. ²Instituto Politécnico Nacional, CIIDIR Unidad Oaxaca, ³Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca. [§]Autor de correspondencia: (marco.vd@voaxaca.tecnm.mx).

RESUMEN

El estado de Oaxaca, México, sobresale a nivel mundial por su diversidad biocultural. Ciertas especies que, por su tamaño sobresaliente, contribuyen de manera especial a esta diversidad única. El objetivo del trabajo es señalar algunos ejemplos de plantas, hongos y animales de gran tamaño en Oaxaca. Se realizó revisión bibliográfica y trabajo de campo para registrar especies con esas características. Una planta notable por su tamaño y grosor es *Taxodium distichum* var. *mexicanum* (Carrière) Gordon & Glend. (Cupressaceae), conocido como “el árbol de El Tule” (aunque “tule” designa a una planta herbácea: *Typha latifolia* L., Typhaceae). México es el centro de mayor diversidad del género *Quercus* (Fagaceae) a nivel mundial. *Quercus insignis* M. Martens & Galeotti es el encino con la bellota más grande del mundo y se distribuye de manera natural en Oaxaca. *Pinus maximartinezii* Rzedowski (Pinaceae) posee uno de los conos (frutos) más grandes del mundo y es endémico de Zacatecas y Durango. Un ejemplar de esta especie se encuentra en los jardines del Instituto

Tecnológico del Valle de Oaxaca y otro en el atrio del templo de Nochixtlán. *Aristolochia grandiflora* Sw. (Aristolochiaceae), que prospera en bosques húmedos de Oaxaca, es una de las flores más grandes en América. *Entada gigas* (L.) Fawc. & Rendle (Fabaceae) es la legumbre más grande del mundo. El hongo *Macrocybe titans* (Callistosporiaceae) reportado por Guzmán (1978) es el hongo más grande de Centroamérica. Se registró por los autores, recientemente en Guevea de Humboldt, en la región del Istmo. *Vampyrum spectrum* (Linnaeus, 1758), Phyllostomidae, se encuentra en Oaxaca y es el murciélago más grande de América. El olmo mexicano (*Ulmus mexicana*, Ulmaceae) es el árbol más alto de México; también se distribuye de manera natural en las selvas oaxaqueñas. El estudio de las especies de gran tamaño en Oaxaca refleja su riqueza biocultural. En este contexto, el conocimiento y la conservación del patrimonio biocultural oaxaqueño son cruciales.

Palabras clave: conservación ecológica, diversidad biocultural, hongos gigantes, plantas monumentales, *Vampyrum spectrum*.



ETNOENTOMOLOGÍA EN SANTO DOMINGO YANHUITLÁN, OAXACA, MÉXICO

ETHNOENTOMOLOGY IN SANTO DOMINGO YANHUITLÁN, OAXACA, MEXICO

Guadalupe Betanzos-Cruz¹§, Marco Antonio Vásquez-Dávila¹, Gladys Isabel Manzanero-Medina²

¹*Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. Ex Hacienda de Nazareno, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca.*

²*Instituto Politécnico Nacional, CIIDIR Unidad Oaxaca. §Autor de correspondencia: (gbc.biologa@gmail.com).*

RESUMEN

La etnoentomología explora las relaciones entre los seres humanos y los insectos, documentando sus usos y conocimientos tradicionales. En la Mixteca Alta de Oaxaca, los estudios sobre este tema son limitados. Este trabajo documenta las especies de insectos aprovechadas por los habitantes de Yanhuitlán, Oaxaca, mediante una metodología etnográfica que incluyó observación participante, registro en diario de campo y entrevistas semiestructuradas a 18 habitantes de la comunidad, así como la colecta de especímenes en diferentes etapas (larvario y adulto). Se identificaron diez especies de insectos utilizadas por la población, siendo el consumo alimenticio el más destacado: ocho especies se consumen, cinco de ellas en estado larvario, dos en estado de pupa y larvario, y una en su fase adulta. Aunque estos insectos no están disponibles durante todo el año, representan una fuente importante de proteínas en temporada. Además, cuatro especies proporcionan productos derivados, como miel y polen, o elaborados a partir de ellas, como la sal de

gusanito. Asimismo, se reconocieron otros usos medicinales, saborizantes y rituales. Los conocimientos, percepciones y creencias en torno a estos insectos se preservan principalmente entre los adultos, pero están en riesgo de desaparecer en las nuevas generaciones. El aprovechamiento de estas 10 especies en la alimentación, la medicina tradicional y la ritualidad local forma parte de los conocimientos y manejo etnoentomológico. La continuidad de este conocimiento resulta esencial para conservar el patrimonio biocultural de la región, ya que el saber relacionado con los insectos contribuye a la seguridad alimentaria, la identidad cultural y la conservación de la biodiversidad en la Mixteca Alta. Ante la pérdida de interés de la juventud por la entomofagia es importante generar estrategias que fomenten la transmisión de estos conocimientos y aseguren su continuidad.

Palabras clave: aprovechamiento, conocimiento tradicional, entomofagia, insectos comestibles.



VAINILLA: ACCIONES PARA EL RESCATE E IMPULSO DE UN RECURSO BIOCULTURAL DE MÉXICO

VANILLA: ACTIONS FOR THE CONSERVATION AND DEVELOPMENT OF A MEXICAN BIOCULTURAL RESOURCE

Araceli Pérez- Silva^{1§}, Yunuen E. Torres-Zamudio², Guadalupe del C. Rodríguez Jimenes², Mónica Rivera Rivera¹, Ernestina Paz Gamboa¹, Celia Cristóbal Hernández¹

¹Tecnológico Nacional de México (TecNM), campus Tuxtepec, Dpto. de Química y Bioquímica, Calzada Dr. Víctor Bravo Ahuja Núm. 561, Col. Predio el Paraíso, San Juan Bautista Tuxtepec, Oaxaca. ²TecNM, campus Veracruz, Unidad de Investigación y Desarrollo de Alimentos (UNIDA), Calzada Miguel Ángel de Quevedo Núm. 2779, Col. Formando Hogar, Veracruz, México. [§]Autor de correspondencia: (araceli.ps@tuxtepec.tecnm.mx).

RESUMEN

México, país de la domesticación de la vainilla (*Vanilla planifolia* G. Jackson) fue el único productor de vainilla en el mundo durante 300 años. Actualmente, Madagascar e Indonesia son los principales productores. En los últimos años, el aumento de las temperaturas extremas como consecuencia del cambio climático global ha afectado negativamente a los cultivos de vainilla, en particular por la caída prematura del fruto (CPF). En el 2011 se perdió el 80 % de la producción nacional de vainilla a causa de la CPF. Por lo cual, se requiere con urgencia el desarrollo de investigación científica que contribuya a establecer soluciones para mitigar el efecto del cambio climático en la producción de vainilla en México. Con este propósito se creó el proyecto “VaniClim”, desarrollado por un equipo de investigación multidisciplinario a partir de seis ejes de acción. Una de las acciones es: “la conservación

y caracterización de los recursos genéticos del género *Vanilla*”. El objetivo de esta acción es realizar la caracterización del material genético mediante estudios morfológicos, genéticos y el análisis del potencial aromático de los frutos. Los avances en esta acción han permitido el resguardo in vivo 100 accesiones del *Vanilla*, pertenecientes a 12 especies. Además, la inclusión de dos nuevas especies (*Vanilla adorata* y *Vanilla cribbiana*), endémicas de México (Oaxaca y Chiapas) y Guatemala en el proyecto de Norma Vainilla para el Codex Alimentarius, propuesta defendida por México en la Séptima Sesión del Comité Codex de Especies y Hierbas Culinarias realizada en el presente año en Kochi, Kerala, India. Esta es una oportunidad valiosa para promover el desarrollo de un cultivo sustentable y la diversificación del producto vainilla, como recurso biocultural de México.

Palabras clave: cambio climático, cultivo sustentable, VaniClim.



DIFERENCIACIÓN MORFOLÓGICA DE TRES POBLACIONES AFINES A *Vanilla odorata*
PROVENIENTES DE LA CHINANTLA, OAXACA

MORPHOLOGICAL DIFFERENTIATION OF THREE POPULATIONS OF VANILLA AFFINE
TO *Vanilla odorata* FROM THE CHINANTLA, OAXACA

Eduardo Peña-Mojica¹, Madeleine Hidalgo-Morales¹, Michel Grisoni³, Carine Charron⁴, Araceli Pérez-Silva^{2§}

¹Tecnológico Nacional de México (TecNM), campus Veracruz, Unidad de Investigación y Desarrollo de Alimentos (UNIDA), Calz. Miguel Ángel de Quevedo Num. 2779, Col. Formando Hogar, Veracruz, México. ²TecNM, campus Tuxtepec, Dpto. de Química y Bioquímica, Calzada Dr. Víctor Bravo Ahuja Núm. 561, Col. Predio el Paraíso, San Juan Bautista Tuxtepec, Oaxaca, México. ³CIRAD, UMR PVBMT, 501 Toamasina, Madagascar – Reunión. ⁴CIRAD, UMR PVBMT, F-97410 St Pierre, La Reunión – Francia. [§]Autor de correspondencia: (araceli.ps@tuxtepec.tecnm.mx).

RESUMEN

En el estado de Oaxaca, México, la diversidad del género *Vanilla* comprende diferentes especies y variedades. Este germoplasma es valioso para buscar especies de vainilla que se adapten mejor al cambio climático. Entre este recurso genético se encuentran tres poblaciones silvestres afines a *Vanilla odorata*, las cuales presentan ligeras diferencias morfológicas que deben ser estudiadas con mayor detalle. Por lo cual, el presente trabajo tiene como objetivo evaluar las características morfológicas (hojas, tallos, flores y frutos) de las poblaciones silvestres afines a *V. odorata*, ejemplares que están en resguardo en el banco de germoplasma del género *Vanilla* del TecNM/ITTUX. Las accesiones provienen de tres localidades (TNM/ITTux 033, 037 y 061) situadas en la región de la Chinantla, Oaxaca. El análisis morfométrico consistió en la medición de los parámetros establecidos por la Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales (UPOV) de 10 ejemplares. Las flores fueron diseccionadas en sus principales partes, se caracterizaron siguiendo parámetros establecidos en la literatura y se realizó su digitalización con un escáner de la marca

canoScan LiDE. Los resultados fueron evaluados por un análisis de varianza de una vía (ANDEVA) utilizando una prueba de Tukey ($p < 0.05$). Los resultados de la caracterización de hojas indicaron que la accesión TNM/ITTux 033 presentó diferencias estadísticas significativas en el tamaño (14.94 cm × 2.43 cm) con respecto a la TNM/ITTux 037 (19 cm × 2.16 cm) y 061 (19.96 cm × 2.28 cm). Los tallos de la TNM/ITTux 037 presentaron el mayor grosor (0.84 cm), mientras que la TNM/ITTux 061 presentó la mayor distancia entrenudos (18.02 cm). En flores, la TNM/ITTux 033 presentó los menores valores de largo para el ovario (3.42 cm); y ancho para labelo, sépalos y pétalos (2.12, 0.97 y 0.77 cm, respectivamente). Por último, la forma de corte en sección transversal de frutos fue oval ancho en la TNM/ITTux 033 y triangular para las TNM/ITTux 037 y TNM/ITTux 061. Se concluye, que el análisis morfológico realizado en el material vegetativo logró evidenciar diferencias significativas entre las poblaciones silvestres de vainilla estudiadas.

Palabras clave: caracterización morfológica, material vegetativo, poblaciones silvestres, UPOV, *Vanilla*.



Revista Mexicana de Agroecosistemas

Vol. II (Suplemento I), 2024, 19 - 21 de noviembre, ISSN: 2007-9559

VII Congreso Nacional de Recursos Naturales, Sistemas de Producción e Innovación Tecnológica

I Congreso Internacional de Biodiversidad, Innovación y Sustentabilidad

EJE TEMÁTICO 4. CONOCIMIENTO Y APROVECHAMIENTO DE
SISTEMAS BIOLÓGICOS (CASB)



ANÁLISIS DE MICROSATÉLITES DE ADN PARA LA FAMILIA ATYIDAE (CRUSTACEA:
DECAPODA)

DNA MICROSATELLITE ANALYSIS FOR THE FAMILY ATYIDAE (CRUSTACEA:
DECAPODA)

David Jerónimo-Gómez^{1§}, Itandehui Gutiérrez-Méndez², Rodolfo de los Santos-Romero¹, Judith Ruiz-Luna¹

¹Tecnológico Nacional de México, Campus Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, México. ²Facultad de Sistemas Biológicos e Innovación Tecnológica, Ex-Hacienda 5 Señores, Oaxaca, México. [§]Autor de correspondencia: (davjg99@gmail.com).

RESUMEN

Los átidos son una familia de crustáceos decápodos, comúnmente llamados “burritos”, son camarones que habitan casi siempre en agua dulce y presentan roles de filtradores al alimentarse de microalgas y materia orgánica. Al distribuirse principalmente en ríos, estos camarones están restringidos en su movilidad e intercambio de material genético con otras poblaciones, por lo tanto, son más vulnerables a cambios drásticos en su ambiente ocasionados por desastres naturales o actividades antropogénicas. Dado que la información sobre el estado de conservación de las poblaciones es todavía muy limitada, el presente estudio generó estimadores de diversidad genética de átidos procedentes de las cuentas del río Tonameca (Pochutla, Oaxaca) para incrementar los conocimientos existentes de la familia Atyidae.

Los organismos se recolectaron entre 2020 y 2021 en el río Tonameca. Se extrajo a partir del músculo el ADN y se realizó el PCR para validar los microsatélites previamente diseñados. Para calcular la diversidad genética, se compararon 15 microsatélites para el estudio de la variabilidad en la población y se obtuvo una heterocigosidad esperada (HE) de 0.923 y una heterocigosidad observada (HO) de 0.216. El número de homocigotos dentro de la población resultó dominante, por lo que se desvía significativamente del equilibrio de Hardy-Weinberg. El estadístico de Garza-Williamson (relación M) arrojó un valor promedio de 0.77, se infiere que la población se está reduciendo por un cuello de botella reciente, lo cual ha llevado a la población a reproducirse entre los pocos organismos sobrantes y ha elevado la cantidad de homocigotos.

Palabras clave: burritos, camarones de río, genética.



CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE SEMILLAS Y PROPAGACIÓN DE MAGUEYES PULQUEROS EN LA REGIÓN MIXTECA DE OAXACA

MORPHOLOGICAL CHARACTERIZATION OF SEEDS AND PROPAGATION OF MAGUEYES PULQUEROS IN THE MIXTEC REGION OF OAXACA

Leydi Morales-Hernández¹, Juan Francisco Castellanos-Bolaños^{2§}, Bertario Sánchez-Rosales³, Tomasita Santiago-Jerónimo¹

¹Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico Superior de San Miguel el Grande; km 1.2 Carretera a la Comunidad de Morelos S/N, San Miguel el Grande, Tlaxiaco, Oaxaca, México, CP 71140. ²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias-Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca; Melchor Ocampo No. 7 Santo Domingo Barrio Bajo, Villa de Etla, Oaxaca, México, CP 68200.

³Prestador de Servicios Profesionales. [§]Autor de correspondencia: (castellanos.juan@inifap.gob.mx).

RESUMEN

En la Mixteca Alta de Oaxaca se tiene escasez de plantas de maguey pulquero debido a que, la propagación se efectúa exclusivamente a través de hijuelos. La mayoría de los productores no permiten la emergencia de la inflorescencia debido a que implica pérdidas económicas y al desconocimiento de propagación por semillas. El objetivo fue caracterizar la morfología de semillas de *Agave salmiana* Otto ex Salm-Dyck y *A. americana* L., para su propagación en la Mixteca Alta de Oaxaca. La colecta de semillas se realizó en San Miguel el Grande y Cañada del Curtidor, Tlaxiaco, Oaxaca. Las cápsulas que contienen las semillas se agruparon en, grandes, medianas y pequeñas; de forma aleatoria se seleccionaron 10 cápsulas por cada tamaño, con el propósito de registrar el peso y número de semillas. Para evaluar la germinación por especie, se aplicaron los tratamientos pregerminativos: inmersión en agua durante 24 h; inmersión en jabón líquido durante 5 minutos y testigo sin ningún tratamiento; se utilizó un diseño experimental de bloques completamente al azar, con 75 semillas por

tratamiento con tres repeticiones. Para *A. salmiana* el número de semilla promedio por cápsula varió de 1,714 a 4,515 con un peso de 10.2 g a 45 g, con un rango total de 168,039 a 100,333 semillas kg⁻¹; el análisis de varianza no mostró diferencias estadísticas entre tratamientos ($p > 0.05$), oscilando los valores entre 76 % a 84 %. Para *A. americana* el número de semilla promedio por cápsula fue de 373, con un peso de 4.2 g, para un total de 88,809 semillas kg⁻¹; el análisis de varianza mostró diferencias estadísticas ($p < 0.0002$), el tratamiento que tuvo el valor más alto fue inmersión en agua por 24 h con 54.6 % y en el segundo nivel de significancia se ubicaron los tratamientos, inmersión en jabón líquido con 32 % y testigo con 24 %. Se concluye que cualquiera de los tres tratamientos pregerminativos probados se pueden aplicar a la semilla de *A. salmiana*, en cambio, para *A. americana* la inmersión en agua a temperatura ambiente durante 24 h alcanza el mejor resultado con 54 % de germinación.

Palabras clave: *Agave americana*, *Agave salmiana*, cápsulas, germinación, pulque.



APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE DEL BAMBÚ MEXICANO (*Guadua inermis*)
BIOCARBÓN ADSORBENTE DE ARSÉNICO

SUSTAINABLE UTILIZATION OF MEXICAN BAMBOO (*Guadua inermis*) ARSENIC-
ADSORBENT BIOCHAR

Nemi Alcantara-Martínez¹, Gabriela Orozco Gutiérrez^{2§}, Tania Volke-Sepulveda³, Celia de la Mora Orozco⁴

¹Universidad Nacional Autónoma de México, Departamento de Biología Comparada, Ciudad de México, México. ²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Tecmán, Área forestal. Colima, México. ³Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, Departamento de Biotecnología, Ciudad de México, México. ⁴INIFAP, Campo Experimental Altos Jalisco, Área forestal, Guadalajara, México. [§]Autor de correspondencia: (orozco.gabriela@inifap.gob.mx).

RESUMEN

El arsénico (As) es un elemento altamente tóxico para los seres vivos y se relaciona con el desarrollo de diversas enfermedades. Para remover As del medio ambiente, se necesitan tecnologías sustentables, económicas y efectivas, tales como la adsorción con biocarbón, producido a través de la pirólisis de biomasa. Particularmente, las especies leñosas de bambú pueden ser aprovechadas para la elaboración de biocarbón, debido a sus características morfológicas, su amplia distribución y su importancia económica. Una especie de bambú para este objetivo y nativa de México es *Guadua inermis*. El objetivo de este estudio fue evaluar la capacidad de adsorción de As por un biocarbón producido a partir de culmos (tallos) de *G. inermis*, en un sistema acuoso contaminado con As(V), a través de un estudio de cinética (diferentes tiempos) y de dosis respuesta (diferentes concentraciones del As). Los

experimentos se realizaron con 2 mg de biocarbón por cada mL de solución ajustada a un pH 7, 25 °C y contaminada con As(V) adicionado como Na₂HAsO₄·7H₂O. Al final de cada tiempo de exposición, el As remanente en la solución fue cuantificado por espectrometría de absorción atómica con el método de llama para estimar la adsorción de As por el biocarbón. Los resultados demuestran que el biocarbón remueve alrededor de 69 % del As inicial en 3 h, y puede remover de 37-68 % de As en soluciones contaminadas con 5-50 mg As(V) L⁻¹. Estos hallazgos contribuyen a la caracterización del biocarbón producido con el bambú *G. inermis* como un adsorbente eficaz de As, y demuestra el potencial con fines biotecnológicos de la especie para su aprovechamiento sustentable.

Palabras clave: arsenato, estudio de adsorción, remediación de agua, remoción de arsénico.



EFFECTO DE *Trichoderma* spp. EN EL CONTROL BIOLÓGICO DE *Lasiodiplodia theobromae*

EFFECT OF *Trichoderma* spp. ON THE BIOLOGICAL CONTROL OF *Lasiodiplodia theobromae*

Marlon Julio Vergara-Monterroza¹, Beatriz Gutiérrez-Rivera^{1§}, Ana Line Vázquez-Larios¹, Ángel Cárdenas-Cágal²

¹Tecnológico Nacional de México, Campus Superior de Tierra Blanca (ITSTB). Prol. Av. Veracruz s/n Col. PEMEX C.P. 95180. Tierra Blanca, Ver., México. ²Colegio de Postgraduados, Campus Córdoba. Carretera Federal, Córdoba-Veracruz. Kilómetro 348, Manuel León, Amatlán de los Reyes, Veracruz, México. C.P. 94953. §Autor de correspondencia: (beatriz.gutierrez@itsb.edu.mx).

RESUMEN

Las enfermedades que afectan el pedúnculo de los frutos y la muerte descendente de las ramas en cultivos, están vinculadas principalmente a la acción de hongos pertenecientes a la familia *Botryosphaeriaceae*. Entre estos fitopatógenos, *Lasiodiplodia theobromae* destaca por su capacidad de infectar una amplia gama de plantas, causando severos daños en tejidos leñosos, lo que se traduce en pérdidas significativas en la producción agrícola. Este estudio evaluó el potencial de *Trichoderma* spp. como agente de control biológico contra *L. theobromae*, fitopatógeno asociado con la muerte descendente en cítricos. Se utilizaron tres cepas nativas de *Trichoderma* spp., dos aisladas de la rizosfera de lima persa (*Citrus × latifolia* Tanaka) y una de limón real (*Citrus limon*), obtenidas de los municipios de Tierra Blanca y Tlalixcoyan, Veracruz. Mediante bioensayos de confrontación dual *in vitro*, se evaluó la capacidad antagonista de las cepas frente a *L. theobromae*, registrando el

crecimiento micelial del patógeno cada 24 h hasta el contacto con el micelio con *Trichoderma* spp. Los resultados demostraron una inhibición significativa del crecimiento radial de *L. theobromae*, con un porcentaje de inhibición radial (PIR) entre 42 % y 53 %. La cepa más eficaz, aislada de lima persa, alcanzó un PIR del 47 % al 53 %, mientras que las cepas de limón real mostraron valores ligeramente menores. Estos hallazgos indican que las cepas nativas de *Trichoderma* spp. poseen un valor potencial considerable para su uso como biofungicidas en cultivos cítricos, reduciendo la dependencia de fungicidas químicos y promoviendo prácticas agrícolas sostenibles y respetuosas con el medio ambiente. La incorporación de *Trichoderma* spp. en programas de control biológico podría mitigar las pérdidas económicas asociadas con la muerte descendente en cítricos, favoreciendo un enfoque agroecológico que contribuye a la sostenibilidad agrícola en el estado de Veracruz.

Palabras clave: agroecología, cítricos, fitopatógeno, inhibición micelial, rizosfera.



DIVERSIDAD MORFOLÓGICA DE GENOTIPOS DE TOMATES SILVESTRES
ESTABLECIDOS EN LA REGIÓN DE GUASAVE, SINALOA

MORPHOLOGICAL DIVERSITY OF WILD TOMATO GENOTYPES ESTABLISHED IN THE
REGION OF GUASAVE, SINALOA

Delfina Salinas-Vargas[§], Ramiro Maldonado-Peralta, Andrés León-Villanueva

Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico Superior de Guasave. Carretera a la Brecha, S/N. Burrión, Guasave, Sinaloa. CP. 81149. §Autor de correspondencia: (salinas.delfina@gmail.com).

RESUMEN

El consumo de tomate en México es indispensable ya que es parte de alimentación en la cocina mexicana. Sin embargo, año con año los agricultores se enfrentan a grandes desafíos ante los cambios climáticos que se presentan ya sea por factores bióticos o abióticos. Además, el país es considerado el origen de domesticación del tomate y solo encontramos tres formas en el mercado. Siendo, Sinaloa el estado con mayor producción y somos dependientes de semillas extranjeras. Por tal motivo, se realiza un estudio con el objetivo de conocer su adaptación y producción de 10 poblaciones de tomates silvestres provenientes de diferentes estados del país. Se utilizaron semillas de poblaciones de tomates silvestres provenientes

de Guerrero (1), Oaxaca (5), Veracruz (2), Puebla (1) y Sinaloa (1). Las plantas se establecieron en condiciones de campo y se evaluaron variables agronómicas. Los resultados obtenidos indican que en todas las características medidas se detectaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$). El material proveniente de Oaxaca 3 resultó con el mayor número de frutos y producción de tomate con 19 kg/planta, lo cual indica, que es la población que se adaptó en la región de Guasave y que se puede usar para generar nuevas variedades. En conclusión, Oaxaca 3 es el genotipo (población) que mejor se adapta y prospera en las condiciones de la región, mostrando tamaños, formas y colores específicos que la distinguen.

Palabras clave: adaptación, número de frutos, rendimiento, tomate nativo.



BACTERIOCINAS DE *Lactiplantibacillus* spp., AISLADAS DE LA FERMENTACIÓN DEL MEZCAL

BACTERIOCINS FROM *Lactiplantibacillus* spp., ISOLATED FROM MESCAL FERMENTATION

Víctor Adrián Espinoza-Martínez¹, Claudia López-Sánchez^{2§}, Julio César Barrón-Quiroz², Felipe de Jesús Palma-Cruz¹

¹Tecnológico Nacional de México (TecNM)/Instituto Tecnológico de Oaxaca (ITO), División de Estudios de Posgrado e Investigación, Avenida Ing. Víctor Bravo Ahuja No. 125 Esquina Calzada Tecnológico. ²TecNM/ITO, Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica, Avenida Ing. Víctor Bravo Ahuja No. 125 Esquina Calzada Tecnológico. [§]Autor de correspondencia: (claudia.lopez@itoaxaca.edu.mx).

RESUMEN

La investigación sobre bacteriocinas producidas por *Lactiplantibacillus* spp. aisladas del proceso de fermentación del mezcal, revela un potencial prometedor para su uso en bioconservación y control de microorganismos patógenos. Las bacteriocinas son compuestos antimicrobianos producidos por bacterias lácticas, capaces de inhibir tanto bacterias grampositivas como gramnegativas, incluidos patógenos como *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* y *Pseudomonas aeruginosa*. En estudios previos, bacteriocinas como ST28MS y ST26MS, obtenidas de otras fuentes de fermentación, han mostrado una eficacia considerable contra microorganismos no deseados, lo que sugiere un impacto significativo en la calidad y seguridad de los productos fermentados, como el mosto del mezcal, el cual, alberga una rica diversidad de microorganismos que incluyen bacterias ácido-lácticas. Estas bacterias, presentes en las distintas etapas de

fermentación, no solo participan en el proceso bioquímico de conversión de azúcares, sino que también producen bacteriocinas, esto se corroboró mediante la extracción de ADN genómico de bacterias lácticas para la amplificación del gen que las produce, utilizando los oligos nisRF y nisRR mediante PCR, los amplicones se analizaron por electroforesis horizontal en gel de agarosa. Las cepas de *Lactiplantibacillus* spp. aisladas del mezcal podrían ofrecer una alternativa natural y efectiva para garantizar la inocuidad de los alimentos, además de preservar las características organolépticas del producto final. Este campo de investigación subraya la importancia de estudiar los compuestos antimicrobianos producidos durante la fermentación de bebidas tradicionales como el mezcal, que no solo son culturalmente significativas, sino también fuentes potenciales de innovaciones en la tecnología de alimentos.

Palabras clave: bacterias ácido-lácticas, bacteriocinas.



LEVADURAS NO SACCHAROMYCES PRODUCTORAS DE INULINASAS

NON-SACCHAROMYCES YEASTS PRODUCERS OF INULINASES

Adriana Palacios-Jauri¹, Claudia López-Sánchez^{2§}, Keila Mirel Vásquez-Agudo², Felipe de Jesús Palma-Cruz¹

¹Tecnológico Nacional de México (TecNM)/Instituto Tecnológico de Oaxaca (ITO), División de Estudios de Posgrado e Investigación, Avenida Ing. Víctor Bravo Ahuja No. 125 Esquina Calzada Tecnológico.

²TecNM/ITO, Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica, [§]Autor de correspondencia: (claudia.lopez@itoaxaca.edu.mx).

RESUMEN

Actualmente de los agaves se producen bebidas alcohólicas de suma importancia, tal es el caso del mezcal. El paso más importante es la fermentación, ya que es ahí en donde los microorganismos presentes en los mostos del mezcal transforman los azúcares en alcohol y otra serie de compuestos que le confieren sus sabores y aromas característicos. La inulinasa (inulasa: β -D-(2-I)- fructano fructohidrolasa) es la enzima que cataliza la hidrólisis de enlaces β -D-(2-I)- fructosídicos en la inulina originando fructosa y glucosa haciendo que el estudio para producirla y caracterizarla a partir de cultivos microbianos en medios sintéticos sea aún más importante, en este caso a partir de la colección de cepas microbianas del Instituto Tecnológico de Oaxaca, aisladas de mostos de la

fermentación de mezcal e identificadas por procedimientos moleculares, se seleccionaron dos cepas de *Pichia*: *P. fermentans* (ITOIYIV024) y *P. kluyveri* (ITOIYVI007); y una cepa de *Kluyveromyces*: *K. marxianus* (ITOIYIV027); siendo esta última una de las más estudiadas debido a que tiene características sobresalientes que son adecuadas para aplicaciones industriales. Se realizó un diseño experimental de 3 factores con cuatro niveles y 2 repeticiones, siguiendo el crecimiento en medio líquido YP + carbohidrato, en las siguientes condiciones: 1.5 % y 3 % de dextrosa, 1.5 % y 3 % de fructosa, como fuentes de carbono para cada una de las cepas, se realizó una determinación de consumo de sustrato con el método de Miller y conteo de células en cámara de Neubauer.

Palabras clave: fermentación, mezcal.



APROVECHAMIENTO DE PULPA DE CAFÉ PARA ELABORAR HARINA EN SAN JUAN JUQUILA VIJANOS, OAXACA

USE OF COFFEE PULP TO MAKE FLOUR IN SAN JUAN JUQUILA VIJANOS, OAXACA

Mayra Atali Terán-Ramírez[§], Juana Yolanda López-Cruz, Gema Lugo-Espinosa

Instituto Politécnico Nacional-CIIDIR Unidad Oaxaca. Calle Hornos 1003, Col. Nochebuena, 07320, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, México. [§]Autor de correspondencia: (mteranr2200@alumno.ipn.mx).

RESUMEN

Las comunidades rurales preservan la alimentación prehispánica, que ha sido modificada con alimentos introducidos como el café, en Oaxaca este tuvo gran crecimiento, sin embargo, se produce mediante beneficiado húmedo generando residuos, destacando la pulpa con 42 % de la cereza, con alto impacto ambiental. El objetivo es proponer una estrategia de innovación en los procesos de beneficiado del café para aprovechar de manera sostenible la pulpa y disminuir el impacto ambiental y generar beneficios económicos a escala local en San Juan Juquila Vijanos. La investigación fue mixta, la parte cualitativa para la caracterización del proceso productivo se realizó con observación participativa y entrevistas semiestructuradas dirigidas a 10 encuestados mediante la técnica de bola de nieve. En el aspecto cuantitativo se montó un diseño experimental con 10 muestras aleatorias de *Coffea arabica* var. típica de un kilo de café maduro que fue sometida a un proceso de adecuación para la elaboración de harina, esta fue llevada al laboratorio de tecnología agroalimentaria del CIIDIR-Oaxaca para su caracterización

nutrimental. Se observó que en el despulpado se deben hacer las principales adecuaciones para coleccionar la pulpa y se deben ampliar los espacios y el personal para alternar la producción del café y la harina. Se determinó que, por cada 100 g, la harina de pulpa de café contiene 12 g de proteínas, 2 g de grasas totales, 12 g de azúcares totales, 21 g de fibra, pH 5.6, contenido de humedad de 6.9 % y contenido energético de 114 kcal. Como conclusión, la adecuación en el proceso permitirá reducir los residuos disminuyendo la contaminación del suelo, agua y aire. La elaboración de harina de pulpa de café puede mejorar la calidad nutricional de la dieta familiar dado sus características fisicoquímicas siendo una estrategia viable para mejorar las condiciones de calidad de vida de la población ingresos adicionales y fuentes de empleo locales, sin embargo, se sugiere realizar un análisis microbiológico para garantizar su uso para consumo humano. Este trabajo forma parte de los resultados del proyecto SIP 20242329.

Palabras clave: aprovechamiento sostenible, beneficio húmedo de café, harina de pulpa de café.



COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO Y ATRIBUTOS DE CALIDAD DE POBLACIONES
SILVESTRES DE TOMATE MEXICANO *Solanum pimpinellifolium* CULTIVADAS EN
INVERNADERO

AGRONOMIC BEHAVIOUR AND QUALITY ATTRIBUTES OF WILD POPULATIONS OF
MEXICAN TOMATO *Solanum pimpinellifolium* GROWN UNDER GREENHOUSE

Andrés León Villanueva[§], Ramiro Maldonado Peralta, Delfina Salinas Vargas, Juan Antonio Vega Chávez

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Guasave, Carretera Internacional
Entronque a Brecha, Ejido El Burrión, Guasave, Sinaloa. [§]Autor de correspondencia:
(andres.lv@guasave.tecnm.mx).

RESUMEN

El tomate (*Solanum lycopersicum*) es uno de los cultivos hortícolas más importantes del mundo. En la mayoría de las especies de cultivo, el mayor reservorio de variación genética no se encuentra en los cultivares modernos, sino en sus parientes silvestres no domesticados, por lo que se requiere explorar este germoplasma para localizar genes con valor agronómico y comercial. El objetivo de este estudio fue evaluar el comportamiento agronómico y atributos de calidad de cuatro poblaciones silvestres de *Solanum pimpinellifolium* originarias de distintas partes del país (Puebla, Oaxaca, Sinaloa y Veracruz) y un híbrido comercial tipo cherry (Enza zaden®), cultivadas en invernadero. En un ciclo se registraron diversas variables en un diseño completamente al azar, con tres repeticiones y tres plantas como unidades experimentales. Los resultados se sometieron a un análisis de varianza unidireccional ($p \leq 0.05$) y las medias se compararon con la prueba *HSD* de Tukey ($p \leq 0.05$). El análisis de varianza detectó diferencias

significativas entre las variables de rendimiento y número de frutos, indicando que el híbrido presentó un valor superior a las poblaciones silvestres con un promedio de 743 g/planta; mientras que las poblaciones Puebla y Oaxaca presentaron el menor valor con 361 y 343 g respectivamente. En cuanto a los frutos, la población Puebla registró el mayor número con un promedio de 157/planta. Con respecto a los atributos de calidad, la población silvestre Veracruz presentó el contenido de sólidos solubles totales (*SST*) y el valor de acidez titulable (*AT*) mayor, con 8.4°Brix y 0.86 %. Todas las poblaciones en el presente estudio presentaron *AT* superior a 0.5 y *SST* mayores a 6. La firmeza (*FIR*) entre las poblaciones silvestres y el híbrido se encontró en el rango de 1.15 a 1.26 kg m s⁻². Debido a estas características, algunas de las poblaciones podrían utilizarse en programas de fitomejoramiento como nuevas fuentes de variación genética.

Palabras clave: agricultura protegida, biodiversidad, conservación, mejoramiento genético.



ENTOMOFORERÍA EN LOCALIDADES ÉTNICAS DEL SUR DE VERACRUZ

ENTOMOFORERY IN ETHNIC LOCALITIES OF SOUTHERN VERACRUZ

Leilani Arias Hernandez¹§, Arturo Antonio Toledo¹, Marco Antonio Vásquez Dávila²

¹Instituto Tecnológico Superior de Las Choapas: Carretera Las Choapas – Cerro de Nanchital Km 6 Col. J. Mario Rosado, Las Choapas, Veracruz. ²Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, Ex hacienda de Nazareno, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca. §Autor de correspondencia: (ifor-lariash@choapas.tecnm.mx).

RESUMEN

Los insectos desempeñan un papel primordial para el funcionamiento de los ecosistemas y a su vez para la población humana; he ahí la importancia del nuevo concepto de entomoforestería el cual fusiona los términos de entomología y forestería, que nos permitirá explorar y promover el papel tan beneficioso que tienen los insectos en los ecosistemas. La finalidad de este proyecto se enfoca en la entomoforestería en dos localidades étnicas del sur de Veracruz las cuales fueron Pajapan y Soteapan, con el objetivo de registrar el conocimiento y manejo de insectos útiles. Se realizaron salidas a campo para la obtención de datos a través de entrevista en los municipios de Pajapan y Soteapan, Veracruz. El método de muestreo que se realizó fue seleccionar 5 puntos estratégicos de forma aleatoria para abarcar 300 m² por punto en cada municipio, dándonos un total de 30 entrevistas, y en cada sitio se realizó la toma de muestras de cohortes (rango de edades), de los cuales 26 personas fueron entrevistadas en los dos municipios, proporcionando el cohorte I de 60 años, que nos muestra un mayor conocimiento

sobre las especies de insectos, tales como: chicatanas, chapulines y chicharras, que son los que han sido mayormente utilizados en las dietas. Dada las condiciones biogeográficas y altitud, se puede apreciar la presencia de los árboles de encino (*Quercus xalapensis*) y el palo mulato (*Busera simaruba*) donde es mayormente albergada este tipo de especies; y caso contrario en las cohortes 2 y 3 de Soteapan y Pajapan, se observa que los habitantes tienen un conocimiento básico sobre los insectos, que forman parte de su dieta durante la cosecha de maíz. Soteapan, perteneciente a la Sierra de los Tuxtlas, presenta una mayor diversidad de insectos y un conocimiento más profundo sobre su uso, además de tener un entendimiento similar sobre árboles forestales. En contraste, Pajapan, más alejado de esta sierra y cercano a la costa, cuenta con menos insectos y un conocimiento limitado sobre ellos, ya que su dieta se centra en productos del mar. La riqueza de insectos y la diversidad étnica en Soteapan permiten una mejor comprensión de esta relación.

Palabras clave: conservación, entomofagia, entomoforestería, etnias.



CONDICIÓN NUTRIMENTAL Y CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DE VITROPLANTAS DE *Agave angustifolia* EN VIVERO

NUTRIMENTAL CONDITION AND MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS OF *agave angustifolia* VITROPLANTS IN NURSERY

Maura Elisama Miguel Luna^{\$1}, José Raymundo Enríquez del Valle², Isidro Morales García³, Gerardo Rodríguez Ortiz², Vicente Arturo Velasco Velasco², Rodolfo Benigno de los Santos²

¹Estudiante, investigador, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca (ITVO) División de Estudios de Posgrado e Investigación. Ex-Hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, C.P. 71233, Oaxaca. ³ Instituto Politécnico Nacional-Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral (CIIDIR-IPN-OAXACA). Hornos No.1003, Col. Noche Buena, Municipio de Santa Cruz Xoxocotlán C.P. 71230, Oaxaca. ^{\$}Autor de correspondencia: (D05920291@voaxaca.tecnm.mx).

RESUMEN

Los agaves, son plantas que están adaptadas a vivir en largos periodos de sequía y altas temperaturas, donde otras, difícilmente podrían establecerse, esto gracias a las adaptaciones morfológicas con las que cuentan como: cutículas gruesas, capa de ceras en la epidermis, estomas hundidos, tejidos suculentos para el almacenamiento de agua, abundantes fibras para mantener su rigidez y raíces superficiales que absorben el agua de lluvia, que humedece solamente la superficie del suelo en ambientes áridos, la principal adaptación es el metabolismo ácido de las crasuláceas, por lo que es importante conocer la condición nutrimental de las plantas. El objetivo fue Determinar la concentración nutrimental en hojas y características morfológicas de vitroplantas de *A. angustifolia*. La investigación se realizó en el vivero del Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca y en el Laboratorio de Nutrición Vegetal del Campus Montecillos. En el que plantas de *A. angustifolia* micropropagadas de 6 meses de crecimiento *ex vitro*, se clasificaron en tres grupos de categoría de tamaño de la hoja mayor (grandes, medianas y chicas) y durante 20 meses se fertirrigaron con diversas diluciones (0,

25, 50 %) de solución nutritiva, e inoculación con la bacteria *Azospirillum brasilense*. Se evaluó su incremento en tamaño, volumen de la piña, peso de la piña y número de hojas, entre otras y evaluación nutrimental. Los resultados mostraron que las plantas de *A. angustifolia* Haw, formaron en promedio 46.87 hojas, plantas sin inoculante y 49.1 hojas plantas inoculadas, del peso fresco de la piña plantas no inoculadas y fertilizadas lograron 14.65 g y plantas fertilizadas e inoculadas lograron 0.15 g. En las hojas evaluando el contenido de nutrimentos (mg g⁻¹ de peso seco). Se obtuvieron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) para nitrógeno en respuesta a factores por tamaños y niveles de fertilización y no presentaron diferencias para el factor inoculación, para fósforo y potasio en los factores tamaño e inoculación no presentaron diferencias significativas, pero si para el factor fertilización en sus tres niveles, pero para potasio, solo hubo diferencias al ser fertilizadas al 50 % y para calcio no presentó diferencias para el factor tamaño, pero si para fertilización e inoculación.

Palabras clave: *Azospirillum brasilense*, fertilización e inoculante, macronutrimentos, metabolismo ácido crasuláceo.



VARIACIÓN DE CÉLULAS INMUNOLÓGICAS DE *Macrobrachium tenellum* DE DIFERENTES HUMEDALES DE LA COSTA DE OAXACA

VARIATION OF IMMUNOLOGICAL CELLS OF *Macrobrachium tenellum* FROM DIFFERENT WETLANDS OF THE OAXACA COAST

Eduardo Aguilar-Martínez¹, Rodolfo Benigno de los Santos-Romero^{1§}, Marcelo Ulises García-Guerrero²,
María Isabel Pérez-León¹, Judith Ruiz-Luna¹, Damariz de la Cruz-Cisneros¹

¹Tecnológico Nacional de México, Campus Valle de Oaxaca (ITVO). Ex hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca, México. C.P. 71233. ²Instituto Politécnico Nacional, CIIDIR-Oaxaca, Laboratorio de Acuicultura Experimental, Santa Cruz, Xoxocotlán, Oaxaca, México. [§]Autor de correspondencia: (rodolfo.sr@voaxaca.tecnm.mx).

RESUMEN

La importancia de los hemocitos (células inmunológicas) en langostinos del género *Macrobrachium*, radica en la capacidad que tiene el individuo a adaptarse a diversos ambientes hostiles. El objetivo de este estudio fue determinar la variación de células inmunológicas en la hemolinfa de individuos obtenidos en diferentes humedales costeros. Los conteos celulares se realizaron del fluido hemático de *Macrobrachium tenellum*, provenientes de tres cuencas (Manialtepec, Colotepec, Tonameca), con 3 ecosistemas diferentes (río, laguna, estero) tomando 3 individuos por sitio. El conteo se realizó con las muestras preservadas con anticoagulante (citrate de Na⁺ 5%) y Paraformaldehído 4 % (PFH 4 % en PBS 1x), se colocaron 10 µL de la muestra en la cámara de Neubauer y se realizó el conteo a 10x, se calculó el

porcentaje celular leucocitario. Se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) con un análisis de medias de Tukey ($p \leq 0.05$), usando la cuenca y el ambiente como variables independientes. Los resultados muestran una diferencia mayor en la interacción entre la concentración de células y la variable cuenca ($p \leq 0.0085$) y para la variable ambiente un ($p \leq 0.0061$). Para la variable cuenca, Colotepec presenta menor concentración de células a diferencia de Manialtepec y Tonameca y para la variable ambiente, el estero presenta una mayor concentración de células a diferencia de laguna y río. En conclusión, la concentración de células leucocíticas está condicionada por el ambiente, ya que este influye significativamente debido a la presión ambiental que se ejerce en los organismos, siendo el estero el ambiente más hostil debido a que confluyen el río y la laguna.

Palabras clave: hemocitos, hemolinfa, sistema inmune.



MANEJO DE RESIDUOS Y CONOCIMIENTOS TRADICIONALES EN LA PRODUCCIÓN DE MEZCAL

WASTE MANAGEMENT AND TRADITIONAL KNOWLEDGE IN MESCAL PRODUCTION

Armando Luna-Fuentes¹, Cynthia Cruz-Carrasco^{2§}, Juana Yolanda López Cruz², Imbert López Merino²

¹ Universidad Autónoma Benito Juárez, Facultad de Contaduría y Administración, Av. Universidad S/N. Ex-Hacienda 5 Señores, Oaxaca de Juárez, Oaxaca, México. C.P. 68110. ² Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca. C. Hornos 1003, Santa Cruz Xoxocotlán, Oax., México. C.P. 71233. §Autor de correspondencia: (ccruzca@ipn.mx).

RESUMEN

La actividad de producción de agave-mezcal enfrenta serias amenazas, derivadas de condiciones ambientales desfavorables y la sobreexplotación de plantas silvestres. A pesar del crecimiento económico, la situación ambiental es preocupante, la cual se realiza sin prácticas de manejo y conservación, lo que afecta el patrimonio cultural y ambiental de las comunidades. La elaboración de mezcal genera residuos significativos, como el bagazo y la vinaza, en donde la preservación de los conocimientos tradicionales para la sostenibilidad de la actividad juega un papel importante. El presente estudio pretende documentar los saberes tradicionales de los productores de Santiago Matatlán y su incidencia en las prácticas de gestión de residuos. La investigación se realizó con enfoque cualitativo y descriptivo, se utilizaron técnicas de observación participante y entrevistas semiestructuradas realizadas a 10 familias productoras. La muestra estuvo dividida en tres grupos principales: de 12 a 25 años, 26 a 59 años, y 60 años o más. A través de análisis de contenido y nube de palabras, los resultados señalan una intersección entre las prácticas tradicionales y actividades modernas. Los jóvenes de 12 a 25 años

representan un aprendizaje inicial, impulsado por la guianza de sus padres y abuelos, lo cual es esencial para la continuidad de las prácticas tradicionales. El grupo de 26 a 59 años, personifica la consolidación de sus conocimientos aplicándolos en el trabajo cotidiano, mientras que el grupo de mayores de 60 años simboliza la experiencia, con un aprendizaje más arraigado en métodos tradicionales, destinados para el desarrollo del proceso productivo y el manejo de los residuos. En conclusión, las prácticas de gestión de residuos se encuentran presentes en la comunidad y tienen la capacidad de adaptarse en el paso del tiempo, por ejemplo, como el uso del bagazo como fertilizante y la reutilización del carbón en el cultivo del maguey, conocimientos que no solo garantizan la continuidad de la producción, sino que también promueven prácticas que respetan el entorno natural. Sin embargo, la conservación de los recursos naturales requerirá de estrategias múltiples de los procesos productivos y entornos participativos de los principales actores locales.

Palabras clave: cultural, familia, identidad, patrimonio biocultural, practicas, sostenibilidad.



EVALUACIÓN DE LA INCUBACIÓN NATURAL Y ARTIFICIAL DE LOS HUEVOS DE
GUAJOLOTA (*Meleagris gallopavo* L.)

EVALUATION OF THE NATURAL AND ARTIFICIAL INCUBATION OF THE TURKEY
EGGS (*Meleagris gallopavo* L.)

Atziry Julieth Calderon-Morales^{1§}, Martha Patricia Jerez-Salas¹, Salvador Lozano-Trejo¹, Marco Antonio Camacho-Escobar², América Naomi Hernández-Gutierrez¹

¹ Tecnológico Nacional de México, Campus Valle de Oaxaca (ITVO), División de Estudios de Posgrado e Investigación (DEPI), Ex hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca, México. C.P. 71233. ²Universidad del Mar campus Puerto Escondido. Km 1.5 vía Sola de Vega, Puerto Escondido Mixtepec, Oaxaca. C.P 71981.

[§]Autor de correspondencia: (ajcalderonmorales@gmail.com).

RESUMEN

El presente estudio se centró en la evaluación de la incubación natural y artificial de huevos de guajolota (*Meleagris gallopavo* L.), un proceso crucial para el desarrollo embrionario y la producción avícola. Se realizaron nueve incubaciones naturales y cuatro artificiales en el módulo de avicultura de traspasío del Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, analizando variables como fertilidad, incubabilidad y mortalidad embrionaria. Los resultados indicaron que en la incubación natural resultó un porcentaje de eclosión significativamente mayor en comparación con la artificial. En las incubaciones naturales, se registró tasas de fertilidad y eclosión que variaron, alcanzando hasta un 100 % en algunos casos, mientras que la mortalidad embrionaria se observó principalmente en las etapas finales del proceso de incubación, donde los embriones no absorbieron completamente el vitelo. En contraste, los huevos de la incubación artificial presentaron una menor fertilidad, especialmente en huevos almacenados por más de una semana, con una alta mortalidad embrionaria, que se manifestó desde las primeras horas hasta la

primera semana de incubación. El estudio también destacó la importancia de factores como la calidad del huevo (días de puesto, limpieza y conservación), las condiciones ambientales y el manejo adecuado durante el proceso de incubación. Se realizó embriodiagnóstico para identificar las causas de mortalidad embrionaria, revelando que muchos huevos no eclosionaron debido a problemas de fertilidad o condiciones ambientales como la falta de energía eléctrica o bajo voltaje durante el proceso. Las conclusiones sugieren que la incubación natural puede ser una opción viable para la producción de guajolotes, especialmente en los sistemas de producción a pequeña escala o de traspasío. Se recomienda mejorar las técnicas de incubación artificial y considerar la combinación de ambos métodos para optimizar los resultados. Este estudio aporta información valiosa para las productoras de guajolotes y la industria avícola en general, enfatizando la necesidad de seguir investigando para mejorar la eficiencia reproductiva en la producción de guajolotes.

Palabras clave: embrión, fertilidad, incubabilidad, mortalidad embrionaria, producción avícola.



SISTEMA ACUÍCOLA MULTITRÓFICO: UNA ALTERNATIVA EFICIENTE PARA EL CULTIVO DE HORTALIZAS

MULTITROPHIC AQUACULTURE SYSTEM: AN EFFICIENT ALTERNATIVE FOR CULTIVATING VEGETABLES

Manuel Castro Varela[§], Manuela Hernández Díaz, Herlindo Ramírez López, Lenin Eleazar Fabián Canseco

Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico superior de Tlatlauquitepec (ITSTL). Carretera Federal Amozoc-Nautla Km. 122+600 Almoloni Tlatlauquitepec, Pue., Teziutlán-Acajete, 73907 Pue.

[§]Autor de correspondencia: (Manuel_Icv@hotmail.com).

RESUMEN

Durante 210 días, se realizaron cultivos de hortalizas y plantas perennes en un sistema acuícola multitrófico, evaluando el desempeño productivo de tilapia, caracol, chile, acelga, menta y berro en el cultivo uno (120 días). En el cultivo dos se utilizaron lechugas y se continuó con el chile (90 días). Se evaluaron las variables fisicoquímicas (pH, T °C, sólidos sedimentables SS, conductividad eléctrica Ce) y nutrientes (K, P, Ca, NO₃) en el agua de cultivo. Se utilizó un diseño de bloques al azar con tres bloques. Donde cada bloque es un nivel trófico en el primero se cultivó 60 tilapias, en el segundo 30 caracoles y el tercero seis plantas de diferente especie (cultivo I y 2). Los datos previos al análisis estadístico se analizaron para verificar la normalidad (prueba de Kolmogorov Smirnov) y homocedasticidad (prueba de Leven's) de igual manera se analizaron mediante ANOVA de una vía y posteriormente prueba de medias

(Tukey) para muestras independientes a 95 % de confianza. Se utilizó el software Statistica v 7.0 Statsoft®. Los resultados indicaron que los parámetros fisicoquímicos del agua en el sistema estuvieron dentro del rango óptimo para el cultivo de las diferentes especies, solo los sólidos sedimentables (SS) se establecieron > 5 mg L⁻¹ mientras los valores de fósforo (P) tuvieron diferencias significativas ($p < 0.05$), sin embargo, el P estuvo por debajo de lo recomendado, mientras que el potasio (K) presentó diferencias significativas ($p < 0.05$), pero tanto el K, como los nitritos (NO₃), el calcio (Ca) y P estuvieron en rangos aceptables en el sistema. En los animales de cultivo, la supervivencia fue de 100 % para la tilapia, 80 % para el caracol y plantas 100 % respecto al crecimiento por bloques fue muy similar.

Palabras clave: niveles tróficos, nutrientes, producción, supervivencia.



RENDIMIENTO DE ACEITE ESENCIAL DE HOJAS DE *Clinopodium macrostemum* (Moc. & Sessé ex Benth.) Kuntze

YIELD OF ESSENTIAL OIL FROM LEAVES OF *Clinopodium macrostemum* (Moc. & Sessé ex Benth.) Kuntze

Domitila Jarquín-Rosales^{1§}, Gisela Virginia Campos-Angeles², Valentín José Reyes-Hernández³, Gerardo Rodríguez-Ortiz², Juan José Alpuche-Osorno⁴, Salvador Lozano-Trejo²

¹Estudiante, investigador, Tecnológico Nacional de México (TecNM)/Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca (ITVO), División de Estudios de Posgrado e Investigación, Ex-Hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, C.P. 71233. ³Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, ⁴Universidad Autónoma de México/Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca Facultad de Medicina. [§]Autor de correspondencia: (d09920044@voaxaca.tecnm.mx).

RESUMEN

Los aceites esenciales son fracciones líquidas aromáticas, volátiles que contienen sustancias químicas, que las plantas sintetizan, las cuales le dan el aroma característico, sin embargo, hay factores que afectan su rendimiento como, la época de colecta, las condiciones de secado y el tiempo de almacenamiento. Por lo que el objetivo del estudio fue evaluar el rendimiento de aceite esencial de hojas de *Clinopodium macrostemum* (Moc. & Sessé ex Benth.) Kuntze (poleo) con diferentes tiempos de secado. El material vegetal se procesó en el laboratorio de ecofisiología vegetal del Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, donde se registraron los cambios de peso a temperatura ambiente, para estimar la pérdida de humedad de manera indirecta, con los datos se construyó la curva correspondiente. La temperatura y humedad relativa se registraron con un sensor HOB0. Se procesaron muestras con tiempos de secado de 24 h y 120 h, el aceite

esencial se extrajo por flujo de arrastre de vapor utilizando un equipo de extracción de acero inoxidable de 11.4 L de capacidad. El rendimiento se determinó con la siguiente ecuación $\% v/v = (\text{volumen de aceite} / \text{volumen de muestra}) \times 100$. Los resultados mostraron que transcurridas 120 h las hojas de poleo llegaron a pesos constante y perdieron el 89.15 % de humedad con temperatura diurna y nocturna de 24.23 y 24.11 °C y humedad relativa diurna y nocturna de 77.89 y 77.605. Sin embargo, fue durante las primeras 24 horas cuando se registró una mayor pérdida de humedad del 52.2 %, con una temperatura diurna y nocturna de 23.64 y 22.95 °C y humedad relativa diurna y nocturna de 75.42 y 76.97 %. El rendimiento de la extracción de aceite esencial realizada a las 24 h fue de 0.0055 % y a 120 h de secado fue de 0.00367 %, obteniendo mayor rendimiento a las 24 h de secado cuando las hojas tenían el 47.8 % de humedad.

Palabras clave: humedad, poleo, tiempo de secado.



PÉRDIDA DE ECOSISTEMAS FORESTALES EN DOS SUBCUENCAS DEL ESTADO DE OAXACA, POR EL INCREMENTO DE PLANTACIONES DE AGAVE

LOSS OF FOREST ECOSYSTEMS IN TWO SUB-BASINS OF THE OAXACA STATE, DUE TO THE INCREASE IN AGAVE PLANTATIONS

Rufino Sandoval-García¹, Celestino Sandoval García^{2§}, Carmela Sandoval García¹, Pablo Marroquín Morales³

¹Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN). Departamento Forestal: Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. C.P. 25315. ²Universidad del Mar, campus Puerto Escondido (UMAR), Instituto de Industrias, Ciudad Universitaria, Carretera Vía Sola de Vega, Puerto Escondido, San Pedro Mixtepec, Juquila, Oaxaca, México C.P. 71980. ³Universidad Autónoma de Chiapas. (UNACH) Facultad de Ciencias Agrícolas. Entronque carretera costera y pueblo Huehuetán, Chiapas, México. CP. 30660. [§]Autor de correspondencia: (celestinosandoval@gmail.com).

RESUMEN

En las últimas dos décadas, en el estado de Oaxaca, México, se ha incrementado el cambio de uso del suelo para la agricultura, ganadería y el establecimiento de plantaciones de *Agave* spp, para la producción de mezcal. En la presente investigación se evaluó la pérdida de ecosistemas forestales y de captura de carbono (C) por el incremento de plantaciones de *Agave* spp., en las subcuencas Río Alto Tehuantepec y Río Tequisistlán en el estado de Oaxaca. Se realizó un análisis multitemporal, mediante la digitalización a mano alzada de imágenes satelitales de alta resolución (0.28 a 1.5 m/píxel), en el programa QGIS "Lima 3.32". La tasa acumulada de cambio de uso del suelo del periodo 1995 al 2022 fue en promedio de 3.07 %. La agricultura representó 38% de pérdida de cobertura forestal, mientras que las plantaciones de *Agave* spp. 62 %. En 27 años se han perdido un total 34,953 ha de

ecosistemas forestales en las subcuencas, siendo las más afectadas por su extensión: selva baja caducifolia con 52.91 %, seguida del bosque de pino-encino (17.92 %) y el bosque de encino (13.20 %). La superficie ocupada por la agricultura en 1995 era de 18,704 ha, con una disminución del 29 % al 2022 (13,273 ha), mientras que, las plantaciones de *Agave* spp, tuvieron un incremento de más del 400 % al pasar de 4889 ha en 1995 a ocupar una extensión de 21,679 ha en el 2022. La pérdida de cobertura forestal representa una disminución en la captura de carbono, siendo de 3,033,144 Mg C por la selva baja caducifolia, 487,998 Mg C por los bosques de pino-encino y 323,126 Mg C por los bosques de encino. La subcuenca que presentó mayor pérdida fue Río Alto Tehuantepec con el 75 %, motivo por el cual se deben priorizar e implementar estrategias de restauración ecológica.

Palabras clave: agricultura, biodiversidad, captura de carbono, erosión, producción de mezcal.



HONGOS SILVESTRES CON IMPORTANCIA ALIMENTICIA Y ECONÓMICA EN EL PUNTO, SANTA CATARINA IXTEPEJI, OAXACA

WILD FUNGI WITH ECONOMIC AND FOOD IMPORTANCE IN EL PUNTO, SANTA CATARINA IXTEPEJI, OAXACA

Xóchitl Cortes-González[§], Hugo Humberto León-Avendaño

Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca (ITVO)/Tecnológico Nacional de México, Ex Hacienda de Nazareno Sn Agencia de Policía Nazareno, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca 71233. [§]Autor de correspondencia (xochitlcor05@gmail.com).

RESUMEN

Los bienes naturales han sido aprovechados por el ser humano para satisfacer sus necesidades de subsistencia, tales como alimentación, salud, económicas y de recreación. Los hongos silvestres comestibles se les ha contemplado dentro de los productos forestales no maderables. En la Sierra Norte de Oaxaca se ubica El Punto, agencia del municipio de Santa Catarina Ixtepeji, comunidad con bosque templado subhúmedo, con una vegetación predominante de pino- encino, a 2385 m de altitud. Entre los recursos bióticos que se aprovechan se encuentran los hongos, que forman parte de la alimentación y la economía. Mediante la realización de entrevistas dirigidas a personas conocedoras se pudo constatar que las especies mayormente aprovechadas en la comunidad son *Tricholoma mesoamericanum*, *Lactarius volemus*, *Laccaria laccata*, *Hydnum repandum* y *Amanita complex caesarea*, conocidos comúnmente como: hongo blanco, hongo de leche, hongo de pajarito, hongo de espinita y hongo rojo, comúnmente nombrados como hongos o nanacates y son recolectados durante la temporada de lluvias, comprendida entre julio a septiembre. Las familias utilizan estos hongos principalmente para su

alimentación, teniendo una amplia variedad de platillos donde son aprovechados, otras lo comercializan en la misma población o en puntos de venta a orilla de la carretera federal, también en mercados locales y en los restaurantes de la comunidad impulsando la llegada del turismo para disfrutar el consumo. *Tricholoma mesoamericanum* mejor conocido en la zona como hongo blanco u hongo de ocote es el más recolectado y el más cuidado por los recolectores porque se vende hasta \$500 MXN por un kilo a un comerciante quien lo exporta a Japón. Las otras cuatro especies se comercializan en medidas de jícara equivalente a 700 g, precio promedio de \$150 MXN. Estas especies silvestres son un recurso para las familias que a través de la recolección los emplean para su alimentación y beneficio económico, el cual se actualiza en este estudio. Las cinco especies comestibles son apreciadas en el mercado local y una especie en el mercado internacional, lo cual da la pauta para generar mejores recomendaciones de cuidado y manejo de sus bienes naturales para el futuro.

Palabras clave: aprovechamiento, bienes naturales, etnomicología, fungi.



REPRODUCCIÓN VEGETATIVA Y CALIDAD DE PLANTA DE *Bursera graveolens* (Kunth)
Triana & Planch EN OAXACA, MÉXICO

VEGETATIVE REPRODUCTION AND PLANT QUALITY OF *Bursera graveolens* (Kunth) Triana
& Planch IN OAXACA, MEXICO

Juan Ángel García-Aguilar^{1§}, José Raymundo Enríquez-del Valle², Rufino Sandoval-García³, Gerardo Rodríguez-Ortiz², José Cristóbal Leyva-López², Marcos Emilio Rodríguez-Vásquez²

^{1,2} Estudiante, investigador, Tecnológico Nacional de México, Campus Valle de Oaxaca (ITVO). División de Estudios de Posgrado e Investigación. Ex hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca, México. C.P. 71233. ³ Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Departamento Forestal. Saltillo, Coahuila, México. C.P. 25315. [§] Autor de correspondencia: (gaja_9010@hotmail.com).

RESUMEN

Bursera graveolens (Kunt) Triana & Planch especie forestal nativa de la selva baja caducifolia de la región Costa e Istmo de Tehuantepec en Oaxaca, sin embargo, su propagación sexual es complicada debido a que las semillas presentan porcentajes de germinación bajos y la información sobre propagación vegetativa es singular. El objetivo fue evaluar la calidad de planta en fenotipos selectos de *B. graveolens* en condiciones de vivero, en Oaxaca. En abril de 2024 se colectaron estacas de entre 1.5-3 cm de diámetro de la parte media de la copa de nueve árboles selectos, para establecerlas en condiciones de vivero en camas de enraizado con sustrato turba y perlita 2:1, bajo un diseño experimental completamente aleatorizado $n = 270$, utilizando como variable clasificatoria al número de árbol selecto. Se efectuaron pruebas de normalidad y homogeneidad de varianzas para cumplir con esos supuestos, y a las variables que no lo hicieron, se les aplicó la transformación $\ln(x)$ y $\sqrt{x}$; además de prueba de medias (Tukey,

0.05). Se realizó muestreo destructivo de estacas, que consistió en separar hojas, brotes, raíces para obtener su peso fresco (g) de cada componente. Posteriormente se colocaron en estufa de secado hasta registrar peso constante (g). La biomasa se calculó con el factor de conversión $B = Pf/Ps$, donde B= biomasa (g), Pf= peso fresco (g), Ps = peso seco (g), se estimó el área foliar (cm^2) para observar el desarrollo del follaje con ImageJ[®]. Se obtuvo el porcentaje de enraizado con el cociente, número de estacas enraizadas/número de estacas establecidas por 100. Además, se calcularon los índices relación biomasa aérea/biomasa subterránea, y de Dickson para evaluar la calidad en las plantas. Los árboles con mayor acumulación de biomasa total fueron el ocho y nueve (18 g y 21 g, respectivamente), con porcentajes de enraizado entre 90 % y 93 % y área foliar alrededor de los 3 000 cm^2 . El valor promedio en el índice de Dickson en los nueve árboles selectos fue de 0.26, que los clasifica con calidad de planta media.

Palabras clave: área foliar, biomasa estructural, copal, enraizado, fenotipos selectos.



MICROBIOMAS BACTERIANOS DE LOS AGROECOSISTEMAS DEL GEOPARQUE
MUNDIAL DE LA UNESCO MIXTECA ALTA, OAXACA

BACTERIAL MICROBIOMES OF THE AGROECOSYSTEMS OF THE UNESCO WORLD
GEOPARK MIXTECA ALTA, OAXACA

Mario Alberto Martínez-Núñez[§], Quetzalcóatl Orozco-Ramírez

Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Instituto de Geografía, Unidad Académica de Estudios Territoriales Oaxaca. Oaxaca de Juárez, Oaxaca. [§]Autor de correspondencia: (mamn@geografia.unam.mx).

RESUMEN

El presente estudio explora la diversidad y las funciones de los microbiomas presentes en los agroecosistemas del Geoparque Mixteca Alta (GMA). El análisis de los microbiomas proporciona información sobre las comunidades bacterianas del suelo y su papel en la mejora de la fertilidad, el ciclo de nutrientes y el crecimiento de las plantas. En este trabajo, se utilizó la secuenciación del amplicón del gen 16S rRNA para identificar características clave en la composición de las comunidades bacterianas en los agroecosistemas de lamabordo, valle y terraza del GMA. El análisis de los microbiomas de los suelos de estos agroecosistemas reveló la presencia de 21 filos bacterianos, entre los cuales predominan *Acidobacteria*, *Proteobacteria*, *Actinobacteria* y *Chloroflexi*. Estas comunidades microbianas contribuyen a la salud del suelo, al ciclo del carbono y a la supresión de enfermedades. En este estudio se identificó filogrupos específicos asociados con ambientes ricos en nutrientes, como los de lamabordo y valle, los cuales albergan bacterias copiotróficas, mientras que los suelos arenosos y pobres en nutrientes, como los de las terrazas, favorecen la presencia de especies

oligotróficas, como *Acidobacteria*. Los suelos de los lamabordo y valle se agruparon en un análisis de componentes principales debido a la similitud de sus microbiomas, a pesar de su separación geográfica, mientras que los suelos de terraza presentaron diferencias. El análisis funcional de los microbiomas reveló vías metabólicas distintas, incluidas las relacionadas con la biosíntesis de antibióticos (estreptomycin y vancomycin), lo que sugiere un papel en la resistencia de las plantas a las enfermedades. También se identificaron vías de aminoácidos que indican un ciclo activo del nitrógeno, y vías de vitamina B5 y ácido lipóico, que contribuyen al metabolismo energético y a las funciones antioxidantes, lo cual es beneficioso para las plantas. Nuestros resultados resaltan la influencia de las prácticas agrícolas de uso de la tierra en la diversidad microbiana y en la salud del suelo, destacando la importancia ecológica de la diversidad procariota en el mantenimiento de la fertilidad del suelo y la resiliencia de los agroecosistemas. Este es el primer reporte sobre los microbiomas de los agroecosistemas del GMA. Proyecto PAPIIT-DGAPA: IN204524.

Palabras clave: diversidad, metagenómica, procariotas, secuenciación ADN, suelo.



CONOCIMIENTO TRADICIONAL SOBRE LAS PLANTAS MEDICINALES EN SANTA MARÍA APAZCO NOCHIXTLÁN, OAXACA

TRADITIONAL KNOWLEDGE ABOUT MEDICINAL PLANTS IN SANTA MARÍA APAZCO NOCHIXTLÁN, OAXACA

Perla Hernández-Bautista^{1§}, Ernesto Hernández-Santiago², Vicente Arturo Velasco-Velasco², Hugo Humberto León-Avedaño²

^{1,2}Estudiante, investigador, Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca (ITVO), Licenciatura en Biología, Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca. [§]Autor de correspondencia: (perla.1518@outlook.com).

RESUMEN

Los conocimientos tradicionales han ayudado a mantener y preservar una identidad cultural de una generación a otra, razón por la que se realizó un estudio en la comunidad de Santa María Apazco Nochixtlán, Oaxaca con el objetivo de documentar los saberes que los médicos tradicionales poseen, el uso y manejo de las plantas medicinales, la estimación de la riqueza natural y la identificación de las especies presentes en alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y en las normas internacionales (IUCN y CITES). Para registrar la información se utilizó el método etnográfico: donde se aplicaron entrevistas semiestructuradas a 17 médicos tradicionales, recorridos botánicos que dieron paso a la recolección de los ejemplares de interés y la observación participante de la comunidad. Obteniendo 47 familias, 101 géneros y 118 especies, resaltando la utilización de 26 especies de la familia Asteraceae en la preparación de los remedios. De las plantas descritas, 70 fueron silvestres y 48 introducidas, con la información obtenida se realizó un catálogo con los datos más importantes de los ejemplares proporcionando una

revisión bibliográfica exhaustiva del conocimiento tradicional de la flora. 61 de las especies son consumidas en té, 25 en baños, 1 enjuague bucal, 3 lavado de ojos, 15 en jugos, 8 en maceración, 3 cataplasma, 5 limpias, 2 temazcal, 3 licuado, 2 agua de tiempo, 1 pomada, 2 lavado de heridas, 5 infusión, 8 en moxibustión y 2 en termoterapia. El 27% de las plantas son utilizadas para tratar problemas estomacales, 20 % dolores musculares, 11 % filiación cultural, 10 % enfermedades respiratorias, 8 % fiebre, 5 % diabetes, 4 % problemas del riñón, 3 % problemas en los ojos y 12 % otros padecimientos. Las hojas son utilizadas alrededor de 62 %, 21 % toda la planta, 11 % tallo, 9 % flor, 6 % fruto, 6 % raíz, 3 % semilla, 2 % rama y 1 % resina. Se encontró en la CITES 1 especie en el Apéndice II; mientras que la lista roja de la IUCN 3 especies en la categoría vulnerable (Vu), 31 en preocupación menor (Lc), 1 casi amenazado (NT) y 1 especie extinta en la naturaleza (Ew) y en la NOM-059-SEMARNAT-2010 1 especie en peligro de extinción (P).

Palabras clave: especies en norma, medicina tradicional, Mixteca.



ESTUDIO DE LA SUPLEMENTACIÓN DE BICARBONATOS SOBRE EL CRECIMIENTO DE MICROALGAS DE LAS CASCADAS “EL CHIFLÓN”

STUDY ON BICARBONATE SUPPLEMENTATION ON THE MICROALGAE GROWTH OF THE WATERFALLS “EL CHIFLÓN”

Blanca Olivia Trejo-Paniagua¹, Arnulfo Rosales-Quintero^{1§}, José Humberto Castañón-González¹, Peggy Elizabeth Álvarez-Gutiérrez¹, Eberto Novelo-Maldonado²

¹Tecnológico Nacional de México, Campus Tuxtla Gutiérrez (ITTG). Carretera Panamericana Km. 1080, C.P. 2900, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. ²Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Ciudad Universitaria, Deleg. Coyoacán, C.P. 04510, Ciudad de México. [§]Autor de correspondencia (arquinte@tuxtla.tecnm.mx).

RESUMEN

Las microalgas han generado un gran interés comercial debido a su capacidad para producir biomasa, pigmentos y lípidos con aplicaciones biotecnológicas. Sin embargo, su cultivo se ve afectado por factores abióticos como la luz y la fuente de carbono. Es por ello que se evaluó el efecto de la calidad de la luz y el bicarbonato de sodio en el crecimiento de *Desmodesmus communis*, *Scenedesmus ecornis* y *Haematococcus pluvialis*, especies aisladas de las cascadas “El Chiflón”. Se utilizó un diseño factorial con tres longitudes de onda (543.40 nm, 604.91 nm, 444 nm) y dos concentraciones de NaHCO₃ (0 y 1 g L⁻¹). Durante 28 días se monitorearon la densidad

celular, el peso seco y los pigmentos fotosintéticos. Los resultados mostraron que la combinación de luz azul con 1 g L⁻¹ de NaHCO₃ fue la más efectiva para aumentar el crecimiento celular, la velocidad de crecimiento y la producción de biomasa en las tres especies. En *H. pluvialis*, el estrés lumínico favoreció la acumulación de carotenoides. La interacción entre la luz y el bicarbonato se identificó como una estrategia clave para optimizar el cultivo de microalgas y mejorar su rendimiento para aplicaciones biotecnológicas.

Palabras clave: bicarbonato de sodio, *Desmodesmus communis*, *Haematococcus pluvialis*, longitud de onda, *Scenedesmus ecornis*.



FAUNA ACUÁTICA INDICADORA DE CALIDAD DE AGUA EN LA MARGEN DERECHA DEL RÍO GRIJALVA, "EL TINTILLO"

AQUATIC FAUNA INDICATOR OF WATER QUALITY OF THE RIGHT MARGIN OF THE GRIJALVA RIVER, "EL TINTILLO"

Mórvila Cruz-Ascencio[§], Karen Jeraldin Vidal-Acosta, Adriana de la Cruz-Uribe, Guadalupe Lara-de la Cruz, Alma Deysi Anacleto-Rosas

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, División Académica de Ciencias Biológicas, Carretera Villahermosa-Cárdenas km 0.5, C.P. 86287, Villahermosa, Tabasco, México. [§]Autor de correspondencia: (morvila.cruz@ujat.mx).

RESUMEN

En Tabasco, los ríos representan gran importancia económica al proporcionar diversos servicios ambientales. Sin embargo, este aprovechamiento puede generar graves impactos a estos ecosistemas como la degradación de la calidad de agua y pérdida de biodiversidad, principalmente. El presente estudio analiza la presencia de peces y macroinvertebrados como indicadores biológicos de la calidad del agua en una zona de la margen derecha del río Grijalva, específicamente en la zona de "El Tintillo". En cada uno de los dos puntos de muestreo seleccionados, se registraron los parámetros fisicoquímicos tales como pH, temperatura, sólidos disueltos totales y conductividad eléctrica. Las muestras de fauna acuática obtenidas fueron revisadas en el laboratorio con el fin de identificar las familias de los grupos acuáticos presentes. Como resultados preliminares se contabilizaron un total de 115 organismos, pertenecientes a 19 familias. Del

grupo de peces, la especie *Dormitator maculatus* destacó con el 32 % del total de los organismos. En el caso de los macroinvertebrados acuáticos se obtuvieron un total de 15 familias, resultando la familia Palaemonidae con la mayor abundancia. De este grupo de organismos acuáticos, el 61 % de las familias se catalogan dentro del rango de tolerancia alta y moderada, que de acuerdo con el valor numérico asignado para obtener el índice Biological Monitoring Working Party (*BMWP*) el tipo de calidad de agua presentado es moderadamente contaminado. Esta información proporciona una base inicial para evaluar la salud ecológica de las márgenes del río Grijalva y resalta la biodiversidad presente en el área. Cabe señalar que es fundamental analizar la influencia de los factores ambientales en su distribución.

Palabras clave: bioindicadores, calidad del agua, monitoreo, ríos.



CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE MAÍCES NATIVOS DE COMUNIDADES MIXTECAS DE LA REGIÓN COSTA DE OAXACA

MORPHOLOGICAL CHARACTERIZATION OF NATIVE CORNS FROM MIXTEC COMMUNITIES IN THE COASTAL REGION OF OAXACA

Gisela Jacinto-Hernández¹, Mónica Pérez-Nicolás^{1§}, Arturo De la Rosa-Galindo¹, Herminio Aguirre¹, Jaime Martínez-Vásquez², Eduardo Pérez-Campos³

¹Tecnológico Nacional de México (TecNM), Instituto Tecnológico de Pinotepa: Avenida Tecnológico No. 1155, Sección Primera, Colonia La Soledad, Pinotepa Nacional, Oaxaca. C.P. 71602. ²Instituto Tecnológico de Oaxaca: Avenida Ing. Víctor Bravo Ahuja No. 125 Esquina Calzada Tecnológico. C.P. 68030. ³TECNM, Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, San Jesús Nazareno, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca. C.P. 71233. [§]Autor de correspondencia: (monica.pn@pinotepa.tecnm.mx).

RESUMEN

El maíz (*Zea mays* L.) es una especie con importancia biológica, cultural y económica. En Oaxaca se cultivan distintas razas de maíces nativos y en el Distrito de Jamiltepec se han realizado escasos estudios al respecto, a pesar de que existen distintos grupos culturales, entre los que se encuentran los mixtecos. El objetivo de este trabajo fue caracterizar morfológicamente siete tipos de maíces nativos utilizados y reconocidos por comunidades mixtecas. Se estableció una parcela por tipo de maíz y cada subparcela con cinco surcos, con un total de 120 plantas. Se seleccionaron 15 plantas por subparcela y 60 por parcela. En etapa vegetativa se registraron 7 caracteres que corresponden a hoja y tallo; y en etapa reproductiva 19 caracteres que corresponden a inflorescencias y mazorcas. Se aplicaron pruebas de normalidad (Shapiro-Wilks) y homocedasticidad (Kolmogorov) y realizaron

análisis de varianza (ANOVA) y cuando existieron diferencias significativas se aplicó la comparación de medias mediante la prueba de Tukey ($\alpha < 0.05$). Se detectaron diferencias significativas en caracteres vegetativos y reproductivos entre razas agronómicas. Las variables sin diferencia significativa fueron número de hojas de la mazorca, ancho de la hoja, longitud de la espiga central y número de mazorcas por planta; el resto de los caracteres presentaron diferencias significativas. Las variables altura, longitud de hoja, número de ramas primarias, longitud de la espiga y ancho de grano fueron más diversas entre maíces. Se concluye, que existe diversidad morfológica en maíces nativos manejados por comunidades mixtecas de la región Costa. La determinación de variación morfológica se puede utilizar para elaborar programas de conservación y mejoramiento genético.

Palabras clave: conservación, distrito Jamiltepec, diversidad morfológica.



DIVERSIDAD DE MESOFAUNA Y MACROFAUNA EDÁFICA EN PASTIZAL Y CAFETAL
DIVERSITY OF MESOFAUNA AND EDAPHIC MACROFAUNA IN GRASSLANDS AND
COFFEE PLANTATIONS

Luis Gerardo Vázquez-Guevara¹, Andrés Adrián Urías-Salazar², Alejandro García-Ramírez³, Leandro Charão Schwertner⁴, Luis Eduardo Tamayo-Ruiz^{2§}

¹Universidad Autónoma de Tamaulipas, Centro Universitario, Facultad de Ingeniería y Ciencias, CP.87120, Cd. Victoria, Tamaulipas, México. ²Universidad del Valle de México, Centro de Investigación, Innovación y Desarrollo Tecnológico, Blvd. Los Castillos Fracc. 275, Montes Azules C.P.29056 Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. ³Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) - Campo Experimental Uruapan, Av. Latinoamericana 1101, Uruapan, Michoacán México, C.P. 60150. ⁴Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT) Av. Perimetral Rogério Silva, 4930, Jardim Flamboyant, Alta Floresta, MT. C.P. 78850-000. §Autor de correspondencia: (luis_tamayo@my.uvm.edu.mx).

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue comparar la diversidad de la mesofauna y macrofauna del suelo en dos sistemas contrastantes de manejo. Las muestras se recolectaron en el municipio de Villacorzo, Chiapas en dos sitios, cafetal y pastizal. Los organismos se extrajeron a través de monolitos obtenidos al insertar un tubo de PVC en puntos muestreo a 20 cm de profundidad en tres transectos con una distancia de 10 m entre transectos y 2 m lineales entre puntos. Los organismos se identificaron a nivel familia y se determinó la diversidad por el índice de Shannon, el cual indicó que la diversidad es moderada en el cafetal con diferencias entre transectos con el índice más alto de 1.29, en el sistema fue

predominante la familia Formicidae, asociado al sistema agroforestal propio de los cafetales. El pastizal presentó índices de Shannon más bajos, y diferentes entre transectos, con valores entre 1.11 a 0.32 en su valor más bajo, el cual puede verse afectado por la presión ambiental, sin embargo, predomina la familia Formicidae, la cual tiene la facultad de colonizar con facilidad distintos tipos de hábitats. El cafetal tiene una comunidad de organismos más equilibrado, por lo que la conservación de la meso y macrofauna del suelo es esencial para prevenir y fomentar la degradación de materia orgánica.

Palabras clave: agricultura regenerativa, biodiversidad, *coffea arabica*, *cynodon dactylon*.



DETERMINACIÓN DE SAPOGENINAS EN DIFERENTES ETAPAS DE LA ELABORACIÓN
DEL MEZCAL ARTESANAL DE *Agave convallis*

DETERMINATION OF SAPOGENINS IN DIFFERENT STAGES OF THE PRODUCTION OF
ARTISANAL MESCAL FROM *Agave convallis*

Claudia Lizbeth Cruz-Vásquez¹, Claudia López-Sánchez², Felipe de Jesús Palma-Cruz^{1§}

¹Tecnológico Nacional de México (TecNM), Instituto Tecnológico de Oaxaca (ITO), División de Estudios de Posgrado e Investigación, Avenida Ing. Víctor Bravo Ahuja No. 125, esquina Calzada Tecnológico, Oaxaca de Juárez, Oaxaca. México. ²TecNM, ITO, Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica, Avenida Ing. Víctor Bravo Ahuja No. 125, esquina Calzada Tecnológico, Oaxaca de Juárez, Oaxaca. México. [§]Autor de correspondencia: (felipepalmacruz@gmail.com).

RESUMEN

Las sapogeninas son muy utilizadas en el área de la salud, se han encontrado en diversas plantas, pero hay pocos estudios sobre ellas en agaves utilizados en la elaboración de mezcal artesanal en el estado de Oaxaca. Las muestras analizadas de *Agave convallis* corresponden a tres condiciones diferentes: 1) tallo o piña cruda cortada y secada; 2) piña cocida previamente y posteriormente secada bajo las mismas condiciones que las muestras de piña cruda; y 3) piña fermentada por periodos de cinco y siete días, a 24 °C y 32 °C respectivamente, utilizando un consorcio diseñado conformado por dos especies de levaduras: *Saccharomyces cerevisiae* y *Torulaspora delbrueckii*, y dos especies de bacterias lácticas: *Leuconostoc mesenteroides* y *Lactobacillus plantarum*, todas las

cepas fueron previamente aisladas del mosto fermentado de *A. convallis* e identificadas molecularmente. Posteriormente se obtuvo el extracto seco de todas las muestras utilizadas en el estudio, por el método de soxhlet utilizando como solvente etanol y metanol, para finalmente determinarles, por cromatografía en capa fina (TLC), la presencia específica de diosgenina y hecogenina. Se concluye que, la utilización de los dos solventes para la extracción del extracto seco nos permite obtener resultados diferentes entre sí y que, bajo las condiciones establecidas para realizar la TLC, se pudo detectar la presencia de diosgenina y de otros compuestos desconocidos que pueden ser utilizados para estudios posteriores.

Palabras clave: consorcio, diosgenina, hecogenina, tallo.



CALIDAD DE SEMILLAS DE *Agave* sp. MEDIANTE PRUEBAS DE GERMINACIÓN

QUALITY SEEDS OF *Agave* sp. THROUGH GERMINATION TEST

Neftalí Sánchez-Celaya[§], Judith Ruíz-Luna, Vicente A. Velasco-Velasco, Rodolfo Benigno de Los Santos-Romero, Karen del Carmen Guzmán-Sebastián

Tecnológico Nacional de México, Campus Valle de Oaxaca (ITVO). Ex hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca, México. C.P. 71233. [§]Autor de correspondencia: (celaya.nef@gmail.com).

RESUMEN

El género *Agave* ha sido de gran importancia para Mesoamérica desde hace más de 10,000 años. Estas plantas se reproducen sexual y asexualmente. Los estudios sobre viabilidad reflejan el proceso de selección y los niveles de endogamia. Es prioritario mantener una alta diversidad genética en las poblaciones de agave, e incorporar a las prácticas de manejo la reproducción de semillas. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la calidad de semillas de cuatro especies de *agave* de diferentes procedencias mediante pruebas de germinación. Se recolectaron frutos de cuatro especies: *Agave potatorum*, *A. rhodacantha*, *A. americana*, y *A. karwinskii*. Por cada planta se seleccionó un lote de 50 semillas, con dos repeticiones. Se colocaron sobre papel absorbente en recipientes de plástico, se agregaron 8 mL de agua destilada cada 24 h, se mantuvieron cerrados en condiciones de

temperatura y luminosidad ambiental. Se registró el número de semillas con aparición de la radícula cada 24 h durante 15 días. Se determinó el porcentaje de semillas germinadas, se realizó un análisis de varianza y prueba de medias de Duncan ($p \leq 0.05$). El análisis de varianza mostró significancia ($p \leq 0.05$) entre las especies de agave. Los valores de germinación y viabilidad mostraron significancia para las cuatro especies de agave. 11.33 % y 17.0 % en *A. karwinskii*, 67.33 % y 72.00% en *A. rhodacantha*, 65.47 % y 71.5 % en *A. potatorum* y 52.33 % y 69.00 % en *A. americana*. *A. potatorum* mostró la mayor velocidad de germinación ($p \leq 0.05$). La Asociación Internacional para la Prueba de semillas indica que una calidad buena es del 80 %, parámetro que no se cumple con las especies estudiadas.

Palabras clave: emergencia, radícula, viabilidad.



DIVERSIDAD GENÉTICA DE LOS LANGOSTINOS DE LA FAMILIA ATYIDAE (CARIDEA)
EN LA COSTA DE OAXACA

GENETIC DIVERSITY OF PRAWNS OF THE ATYIDAE FAMILY (CARIDEA) ON THE
OAXACA COAST

Damariz De la Cruz-Cisneros^{1§}, Rodolfo B. De Los Santos-Romero¹, Ericel Hernández-García², Rosa M. Gomez-Ugalde¹, Judith Ruiz-Luna¹, Eduardo Aguilar-Martínez¹

¹Tecnológico Nacional de México, Campus Valle de Oaxaca (ITVO), Ex Hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca, México. C. P. 71233. ²Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca (UABJO), Av. Universidad S/N. Ex-Hacienda 5 Señores, Universidad, Universitaria, Oaxaca de Juárez, México. C.P. 68120. [§]Autor de correspondencia: (MI7920185@voaxaca.tecnm.mx).

RESUMEN

La familia *Atyidae*, conocida por incluir camarones de agua dulce, se encuentra distribuida a lo largo de la costa del Pacífico, desde La Paz, Baja California, México hasta el norte del Perú, habitando en ríos de corriente rápidas, áreas rocosas con alto contenido de oxígeno. Contribuir al conocimiento genético de los Atyidos es crucial para entender su posición precisa en la biodiversidad y la evolución. El objetivo fue determinar la diversidad genética de los atyidos en las diferentes cuencas de la Costa de Oaxaca. La colecta de material biológico se llevó a cabo en cinco cuencas a lo largo de la costa de Oaxaca. Las muestras biológicas se conservaron en campo en nitrógeno líquido y posteriormente en ultracongelación. Posterior al proceso de extracción se realizaron los análisis genéticos con COI (citocromo oxidasa I) para evaluar la diversidad y diferenciación genética entre las poblaciones. Los resultados fueron comparados con secuencias disponibles en América,

encontradas en el GenBank. Las secuencias se alinearon mediante análisis bioinformáticos (MEGA) generando las matrices de similitud para determinar los parámetros de diversidad genética de los atyidos y la construcción de árboles filogenéticos (métodos de máxima verosimilitud) para inferir sobre las relaciones evolutivas entre las diferentes poblaciones. Se observó que dentro de las especies obtenidas en el linaje de *Atya scabra* eran divergentes de *Atya margaritacea* con respecto a COI de 7.6 % a 8,7 % tal caso visto de *A. margaritacea* secuencia obtenida de la plataforma bajo el código MN961335.1 formaron un linaje independiente de *A. scabra* FN995550.1 así mismo han desafiado la sinonimia morfológica de *A. margaritacea* y *A. scabra*. Se requiere considerar más cuencas y sitios que permitan generar análisis más robustos sobre los aspectos filogenéticos y poder validar que los morfotipos presentes pueden ser nuevas subespecies o especies.

Palabras clave: crustáceos, genética, sinonimia.



EFFECTO DE LA PRECIPITACIÓN EN LA CONCENTRACIÓN DE CATIONES
INTERCAMBIABLES EN UN SUELO TROPICAL EN SAN JOSÉ PUYACATENGO, TEAPA,
MÉXICO

EFFECT OF PRECIPITATION ON THE CONCENTRATION OF EXCHANGEABLE CATIONS
IN A TROPICAL SOIL IN SAN JOSÉ PUYACATENGO, TEAPA, MEXICO

Román Roberto Vázquez-Rendon[§], Victorino Gómez-Valenzuela

Universidad Autónoma Chapingo (UACH). Unidad Regional Universitaria SurSureste (URUSSE), Km 7.0
Carretera Teapa-Vicente Guerrero, Teapa, Tabasco. [§]Autor de correspondencia: (rvasquezr@chapingo.mx).

RESUMEN

El cambio climático está ocasionando una modificación de los patrones de lluvia en distintas regiones del mundo. Bajo este panorama incierto, se espera una modificación de los calendarios agrícolas, de modo que la actualización de la base de conocimientos relacionada con fenómenos ambientales cobra mayor relevancia. En este sentido este trabajo tuvo como objetivo realizar el seguimiento de la concentración de iones nutrimentales en un suelo tropical durante un periodo de tres años e identificar relaciones existentes con la precipitación. En una pradera de pastoreo representativa del agroecosistema de la zona en Teapa, Tabasco, se midió la concentración de los cationes intercambiables Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , Al^{3+} y CIC de un luvisol y la cantidad de precipitación acumulada (PT) anualmente, durante el periodo de tiempo correspondiente de 2021 a 2023. Los valores se compararon con un análisis de correlación. El análisis de correlación manifestó una correlación inversa entre la PT y la

concentración de los cationes $\text{Al}^{3+} > \text{K}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+}$ en ese orden de significancia, siendo la mayor correlación la encontrada entre la PT y la concentración de Al^{3+} . Los resultados muestran una correlación inversa entre la PT y los cationes con excepción del Na^+ , una disminución en la concentración de cationes y la CIC al pasar de 2711 mm de PT a 3907 entre los años 2021 y 2022, pero una posterior recuperación durante el ciclo 2022-2023, al pasar de 3907 mm a 3091 mm de lluvia acumulada. Durante el periodo con mayor precipitación que corresponde a 2021-2022 existió una pérdida de cationes y una disminución en la CIC de aproximadamente el 18 %. En el periodo de 2022-2023 se presentó un aumento en la concentración de cationes y una recuperación del 11 % en la CIC respecto al valor medio al disminuir la precipitación 816 mm. Se concluye que la precipitación favoreció una disminución en la concentración de cationes intercambiables y una modificación en la CIC.

Palabras clave: degradación, empobrecimiento del suelo, lixiviación, luvisol, pradera.



CRIOPRESERVACIÓN DE CÉLULAS EN SUSPENSIÓN DE *Strombocactus disciformis* (DE CANDOLLE) BRITTON Y ROSE

CRYOPRESERVATION OF CELLS IN SUSPENSION OF *Strombocactus disciformis* (DE CANDOLLE) BRITTON AND ROSE

Joel Pérez-Crisanto, Miguel Verastegui-Vidal, Yolanda Pozos-Ruiz, Gerardo Ortiz-Montiel[§]

Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Unidad de Morfología y Función, Apdo. Postal 314, C.P. 54090, Tlalnepantla, Edo. Méx., México. [§] Autor de correspondencia: (jgerardo@unam.mx).

RESUMEN

Las semillas de *Strombocactus disciformis* colectadas y almacenadas a temperatura ambiente (21-25 °C) decaen en su porcentaje de viabilidad desde el 80 % hasta el 40 %, durante los primeros cinco años, sin embargo, conforme transcurre más tiempo de almacenamiento esta cualidad se vuelve menos crítica y más bien se estabiliza, es decir existe una curva con una tendencia a la lenta reducción de la viabilidad, que si bien no es un porcentaje alto (30-40 %) si es significativo para su sobrevivencia. *S. disciformis* es una especie endémica de una región del estado de Hidalgo y Querétaro, Méx., catalogada como amenazada de extinción debido a sobrepastoreo y extracción de materiales de construcción, así como a la extracción ilegal para venta como plantas de ornato cuyas poblaciones originales se han visto disminuidas. El objetivo de este trabajo fue inducir *in vitro* la formación de callos y con ellos generar

un cultivo de células en suspensión de *S. disciformis* para posteriormente evaluar su criopreservación como alternativa de conservación. Se utilizaron cuatro tratamientos de criopreservación sobre células en suspensión con dos crioprotectores PVS2 y SCC, con y sin enfriamiento previo. En los cuatro tratamientos se observó sobrevivencia celular, mediante la prueba de viabilidad con 2,3,4 cloruro de trifeníltetrazolio y determinación de actividad respiratoria mediante oxímetro, sin embargo, se registró el mayor porcentaje de viabilidad (91.39 %) en el tratamiento con enfriamiento inmediato y PVS2. Los resultados de este trabajo demuestran que las condiciones de criopreservación utilizadas presentan una opción prometedora para la conservación a largo plazo de células en suspensión de cactáceas.

Palabras clave: cactus, callos, células en suspensión, cultivo de células.



RIQUEZA Y ABUNDANCIA DE MURCIÉLAGOS EN LA CABECERA DE SANTO DOMINGO TONALÁ, HUAJUAPAN DE LEÓN, OAXACA

BAT RICHNESS AND ABUNDANCE IN THE TOWN OF SANTO DOMINGO TONALÁ, HUAJUAPAN DE LEÓN, OAXACA

Lizbeth Olguín-Cruz^{1§}, Rosa María Gómez-Ugalde¹, Cintia Natalia Martín-Regalado^{2,3}

¹Instituto Tecnológico de Valle de Oaxaca (ITVO) carretera al ITAO S/N. San Jesús Nazareno, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca 71233, México. ²Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca 71230, México. ³Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología, Ciudad de México 03940, México. [§]Autor de correspondencia: (lizbetholguin48@gmail.com).

RESUMEN

Los murciélagos juegan un papel indispensable en los ecosistemas, al controlar poblaciones de plagas, dispersar semillas y polinizar diversas plantas, por esta razón, el objetivo de este estudio fue obtener la riqueza y abundancia de especies de murciélagos que habitan la zona urbana de Santo Domingo Tonalá, Huajuapán de León, Oaxaca. El periodo de muestreo se realizó mensualmente durante cinco meses, de febrero a junio del 2024, cada salida tuvo una duración de cuatro días, una noche por sitio, aplicando el método directo mediante la implementación de dos redes de niebla de 12×2.5 m y colocadas en el crepúsculo en un horario de 18:00 h a 06:00 h. Se eligieron cuatro sitios de muestreo en áreas de actividad humana ubicadas en diferentes puntos de la comunidad: casa-habitación, bosque “La Sabinera”, zona arqueológica “Exconvento”, y una unidad deportiva. En total, se colectaron 178 individuos, distribuidos en nueve especies, siete géneros y tres familias. La mayor abundancia y riqueza de

especies se presentó en la familia Phyllostomidae, con un total de cinco géneros y siete especies. *Peropteryx macrotis* y *Artibeus jamaicensis* fueron las más abundantes; *P. macrotis* exhibió la mayor actividad durante las primeras horas, disminuyendo conforme avanzaba la noche, con escasa actividad a partir de las 23:00 h, mientras que, *A. jamaicensis* mostró escasa actividad las primeras horas y teniendo un aumento a las 21:00 h la cual fue incrementándose a medida que transcurría la noche. *Leptonycteris yerbabuenae* y *Leptonycteris nivalis* se encuentran amenazadas por la NOM-059, además de casi amenazada y en peligro de extinción, respectivamente, por la IUCN. Cabe resaltar que *P. macrotis* no había sido registrada en el área de estudio. La presencia de dos especies de murciélagos en categorías de riesgo revela la importancia de las áreas verdes en ambientes urbanos para la conservación de un grupo biológico valioso.

Palabras clave: Chiroptera, estado de conservación, horario de actividad.



VARIACIÓN FENOTÍPICA Y GENOTÍPICA EN CAMARONES DE LA FAMILIA ATYIDAE EN OAXACA

PHENOTYPICAL AND GENOTYPICAL VARIATION IN SHRIMPS OF THE ATYIDAE FAMILY IN OAXACA

Damariz De la Cruz-Cisneros[§], Rodolfo B. De Los Santos-Romero, Eduardo Aguilar-Martínez, Nathali Martínez-Salazar

Tecnológico Nacional de México, Campus Valle de Oaxaca (ITVO), Ex Hacienda de Nazareno, Xoxocotlán. §Autor de correspondencia: (MI7920185@voaxaca.tecnm.mx).

RESUMEN

Conocidos como camarones de río, langostinos o burritos los atyidos son un grupo de especies perteneciente a la familia Atyidae. Se distribuyen a lo largo de la costa del Pacífico, desde la península de Baja California, México hasta el Perú, habitando ríos de corriente rápidas, áreas rocosas con alto contenido de oxígeno, zonas someras no mayores a un metro o áreas con alta vegetación. Estos se caracterizan por una apariencia distintiva que va desde un rostro achatado, y un par de uñas en los dos primeros pleópodos, el objetivo de fue determinar la diversidad genética y morfológica entre las poblaciones de la familia atyidae, en 3 cuencas de la costa de Oaxaca. Se realizaron las recolectas de material biológico en los ríos que integran las cuencas de Copalita-Tonameca, Colotepec y Manialtepec mediante redes de mano y redes de arrastre. El material biológico recolectado se preservó en nitrógeno líquido para los análisis genéticos y alcohol al 70 % para los

análisis morfológicos. Se realizó la extracción de ADN siguiendo los protocolos del kit Zymo Research, posteriormente se llevó a cabo la amplificación del material genético (PCR) mediante el uso de la COI. Se realizaron análisis morfológicos mediante morfometría geométrica utilizando la serie TPS y el paquete MorphoJ donde se generaron los análisis de componentes principales y variaciones mediante discriminantes canónicas. Se generaron las propuestas de variación genética mediante la información generada y contrastándola con información obtenida en el GenBank estableciendo un amplio parentesco entre las especies encontradas en la costa de Oaxaca. Los análisis de morfometría geométrica presentaron diferencias en cuanto a la forma de la segunda pleura de las especies de atyidos indicando que las variaciones morfológicas pueden ser causadas por las presiones del ambiente.

Palabras clave: genética, morfología.



EVALUACIÓN DE REGENERACIÓN NATURAL EN ÁREAS BAJO MANEJO FORESTAL EN SAN PEDRO EL ALTO, ZIMATLÁN

EVALUATION OF NATURAL REGENERATION IN AREAS UNDER FOREST MANAGEMENT IN SAN PEDRO EL ALTO, ZIMATLÁN

María del Carmen Zárate-Salinas^{1§}, José Daniel García-García¹, Héctor M. De los Santos-Posadas², José
Cristóbal Leyva-López¹, Moisés Raúl Hernández-Cortez³

¹Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. Ex Hacienda de Nazareno, Santa Cruz Xoxocotlán, CP 71232, Oaxaca. ²Colegio de Postgraduados. Km 36.5 Carretera México-Texcoco, C.P. 56230, Montecillo, Texcoco, Edo de México. ³Dirección Técnica de San Pedro el Alto, Zimatlán, Oaxaca. [§]Autor de correspondencia: (118920158@voaxaca.tecnm.mx).

RESUMEN

El éxito del manejo forestal no sólo implica lograr el desarrollo económico de los usuarios del mismo, sino también preservar la normalidad de los procesos ecológicos de los ecosistemas, por lo que obtener una adecuada renovación de las especies es un objetivo supremo. La regeneración natural es importante para asegurar la continuidad y sustentabilidad de los bosques en áreas que han sido objeto de cortas de aprovechamiento. El presente trabajo tuvo como objetivo analizar la regeneración natural en áreas bajo manejo forestal con cortas de regeneración en San Pedro el Alto, Zimatlán, Oaxaca. Se establecieron sitios circulares de 100 m² (radio de 5.68 m), a través de un diseño sistemático en las unidades mínimas de manejo (UMM) midiendo la altura, diámetro y registrando el género de la regeneración establecida mayor de 10 cm y menor a 7.5 cm de diámetro; el

área con cortas de regeneración fue de 675.741 ha, en donde se levantaron 347 sitios de muestreo, con una intensidad de muestreo de 0.5 %. La regeneración natural evaluada, presentó las siguientes condiciones por UMM: recomendable en un 45 %; suficiente en un 17 %; excesiva en un 31 % y 7 % todavía no suficiente. El 93 % de las UMM evaluadas poseen una regeneración que es aceptable y que tiende a aumentar a medida que aumenta el tiempo de apertura de la UMM. La regeneración tiende a conformar una distribución espacial aglomerada (28 %), dispersa (59 %), regular (3 %) y por repoblar (10 %). En cuanto a la composición de especies de la regeneración, los géneros con mayor presencia son *Pinus* y *Quercus*.

Palabras clave: composición, cortas de regeneración, densidad, distribución espacial, monitoreo.



IMPORTANCIA DE LA IDENTIFICACIÓN DE LAS PLANTAS ÚTILES: EL CASO DE LOS CAMORREARLES

IMPORTANCE OF THE IDENTIFICATION OF USEFUL PLANTS: THE CASE OF THE CAMORREARLES

Josefa Itzel Pérez-Luis¹, Gisela Virginia Campos-Angeles^{§2}, José Valentín Reyes-Hernández³, Gerardo Rodríguez-Ortiz², José Cruz Carrillo-Rodríguez²

^{1,2}Estudiante, investigador, Tecnológico Nacional de México (TecNM), Campus Valle de Oaxaca (ITVO). División de Estudios de Posgrado e Investigación (DEPI). Ex hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca. C.P. 71233. ³Colegio de Postgraduados. Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco Km. 36.5, Montecillo, Texcoco 56230, Estado de México. [§]Autor de correspondencia: (gisela.ca@voaxaca.tecnm.mx).

RESUMEN

Desde la antigüedad los humanos han utilizado plantas medicinales como primera línea de salud, el estado de Oaxaca cuenta con un inmenso conocimiento en el uso de las plantas medicinales, San Pedro el Alto es una comunidad, donde utilizan plantas medicinales con un mismo nombre en común pero diferente especie. Por ello el objetivo fue identificar la clasificación taxonómica las plantas llamadas “camorreal” en la comunidad de San Pedro el Alto. Se ubicaron sitios donde las plantas desarrollaban, en los meses de julio y agosto se realizaron colectas de las especies, para saber los usos que les dan a estas especies se aplicaron entrevistas semiestructuradas a las personas de la comunidad utilizando el método

bola de nieve. Como resultado se obtuvo la identificación de cinco especies de camorreal: *Asclepias circinalis* (Decne.) Woodson, *Asclepias melantha* Decne, *Iostephane trilobata* Hemsl, *Lobelia hartwegii* Benth. ex A.DC y *Psacalium paucicapitatum* (B.L.Rob. & Greenm.) H.Rob. & Brettell, la única estructura que es utilizada es la raíz, se considera que se le atribuye el nombre camorreal por la forma tuberosa de la raíz de algunas especies. Las especies que fueron identificadas, revela la riqueza y biodiversidad que posee la comunidad de San Pedro el Alto, es importante una identificación precisa para evitar confusiones en el uso de las plantas medicinales.

Palabras clave: especies medicinales, etnobotánica, plantas silvestres, taxonomía.



CARACTERIZACIÓN DE EL SISTEMA AGRÍCOLA TRADICIONAL MILPA EN SANTIAGO TETEPEC, OAXACA

CHARACTERIZATION OF THE TRADITIONAL MILPA AGRICULTURAL SYSTEM IN SANTIAGO TETEPEC, OAXACA

Daniel García-López¹, Mónica Pérez-Nicolás^{1§}, Arturo De la Rosa-Galindo¹, Jaime Martínez-Vásquez³,
Herminio Aguirre¹, Eduardo Pérez-Campos²

¹Instituto Tecnológico de Pinotepa/TecNM: Avenida Tecnológico No. 1155, Sección Primera, Colonia La Soledad, Pinotepa Nacional, Oaxaca. C.P. 71602. ²Instituto Tecnológico de Oaxaca/TecNM: Avenida Ing. Víctor Bravo Ahuja No. 125 Esquina Calzada Tecnológico. Cp. 68030. ³Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca/TecNM: San Jesús Nazareno, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca. C.P. 71233. [§]Autor de correspondencia: (monica.pn@pinotepa.tecnm.mx).

RESUMEN

La milpa es un sistema agrícola tradicional caracterizado por ser un policultivo, alberga diversidad de especies útiles, principalmente distintas razas de maíces nativos. En Santiago Tetepec, Oaxaca, habitan mixtecos que cultivan maíces bajo este sistema, por lo que, el objetivo de este trabajo fue caracterizar el sistema de producción denominado milpa y evaluar la variación fenotípica en mazorcas de las razas de maíces nativos. Se aplicaron 30 entrevistas semiestructuradas a campesinos de la comunidad que incluyeron datos socioeconómicos, manejo de milpas, prácticas agroforestales y diversidad de especies. Se realizaron recorridos y entrevistas abiertas. Se colectaron 100 mazorcas de cada tipo de maíz para determinar la raza agronómica y registrar cuatro caracteres cualitativos y 17 cuantitativos, de estructuras vegetativas y reproductivas. Se sistematizó la información y se utilizó estadística descriptiva para la caracterización de milpas y para analizar la variación en mazorcas se aplicaron pruebas de normalidad (Shapiro-Wilks) y homocedasticidad (Kolmogorov) y se realizó un análisis de varianza (ANOVA), cuando existieron diferencias

significativas se aplicó la prueba de Tukey ($\alpha < 0.05$). En la milpa se establecen otras especies, entre las que se encuentran, frijol (*Phaseolus vulgaris*), calabaza (*Cucurbita argyrosperma*), ajonjolí (*Sesamum indicum*), jamaica (*Hibiscus sabdariffa*), camote de palo (*Manihot esculenta*), sandía (*Citrullus lanatus*), pepino (*Cucumis* sp.), chile (*Capsicum annuum*), jícama (*Pachyrhizus erosus*), bandejas (*Lagenaria* sp.). La preparación del terreno consiste en rozar y quemar; la siembra es de temporal y se realiza haciendo orificios en el suelo, colocando 4 ó 5 semillas, a una distancia de 1 m. El control de malezas y de plagas y enfermedades se realiza aplicando distintos agroquímicos. Se establecen maíces cortos, cuyo ciclo de cultivo es de dos a dos meses y medio maíces largos con un ciclo de cultivo de 3 a 4 meses. Se encontraron diferencias significativas en longitud del pedúnculo de la mazorca, longitud de la mazorca, diámetro del olote, diámetro de la médula, número de hileras de grano y longitud y ancho de grano. Las milpas son sistemas de producción que albergan diversidad biológica y existe variación fenotípica en maíces nativos cultivados por mixtecos de la Costa de Oaxaca.

Palabras clave: diversidad, maíz, región costa, variación fenotípica.



PERCEPCIÓN DE LAS AVES RAPACES EN LA POBLACIÓN DE SANTA MARÍA
HUAZOLOTITLÁN, JAMILTEPEC, OAXACA

PERCEPTION OF PREY BIRDS IN THE TOWN OF SANTA MARÍA HUAZOLOTITLÁN,
JAMILTEPEC, OAXACA

Erick Morales-Gómez, Maricela González-Sánchez, Guadalupe Mireya Valdez-Gómez[§], Juan Carlos Sosa-Martínez, Mariana Díaz-Jarquín

Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca (ITVO), Licenciatura en Biología. Ex Hacienda de Nazareno s/n
Agencia de Policía Nazareno Xoxo, Centro, 71233 Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca. [§]Autor de
correspondencia: (guadalupe.vg@voaxaca.tecnm.mx).

RESUMEN

Las aves rapaces nocturnas, son organismos estigmatizados con supersticiones relacionadas a la muerte y mala suerte en diferentes culturas; y con sabiduría y medicina en otras. En la cultura mexicana, históricamente se consideran aves simbólicas de “mal agüero” formando parte del folklore a través de cuentos, tradiciones, mitos y leyendas que se han transmitido por generaciones; asociándolos generalmente a calamidades y prácticas de hechicería, que en numerosas ocasiones terminan afectando a sus poblaciones silvestres. Por esta razón, el objetivo de esta investigación fue documentar las percepciones de los pobladores de Santa María Huazolotitlán, Jamiltepec, Oaxaca, acerca de las aves rapaces nocturnas. El estudio fue desarrollado a través del método etnográfico; aplicándose una encuesta a 100 personas por medio de un muestreo estratificado a tres grupos de edad (14 a 20 años, 21 a 49 años, 50 y más), entre los hallazgos más importantes, resaltan los siguientes: las especies identificadas por el grupo de 50 años y más fueron,

la lechuza común (*Tyto alba*) por un 26 %, el tecolote bigotudo (*Megascops trichopsis*) un 32 %, el tecolote colimense (*Glaucidium palmarum*) un 26 % y el tecolote llanero (*Athene cunicularia*) el 12 %. En cuanto a los datos de percepción, el 21 % del grupo de edad de 14 a 20 años considera que son inofensivas; a diferencia del grupo de 50 años y más, que cree que son aves de mal agüero (30 %), y les ocasiona una sensación de miedo al verlos (35 %) y/o al escucharlos (29 %); estas reacciones emocionales conllevan a que las personas adultas de 50 años y más ataquen a estos organismos a través de armas de fuego (15 %) y/o lanzándoles piedras (33 %). El grupo de 14 a 20 años proporcionaron menor información en relación a la identificación o a las características básicas de las aves rapaces presentes en su entorno; sin embargo, perciben a estas aves como inofensivas y que deben ser protegidas para la conservación de los ecosistemas naturales.

Palabras clave: búhos, creencias, lechuzas, tecolotes.



CONSORCIO MICROBIANO PRESENTE EN LA PRODUCCIÓN DE MEZCAL ARTESANAL
ELABORADO CON AGAVE ESPADÍN (*Agave angustifolia Haw*)

MICROBIAL CONSORSIUM PRESENT IN THE PRODUCTION ARTISANAL MESCAL
MADE WITH AGAVE ESPADIN (*Agave angustifolia Haw*)

Jeziel Bautista-Cruz¹, Adriana Palacios-Jauri², Claudia López-Sánchez^{2§}, Felipe de Jesús Palma-Cruz², Javier López-Baltazar¹, Lina Pliego-Marin¹

¹Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. Ex Hacienda de Nazareno Xoxocotlán Oax. 71233. ²Instituto Tecnológico de Oaxaca, Av. Ing. Víctor Bravo Ahuja No. 125, esquina Calzada Tecnológico. 68030. [§]Autor de correspondencia: (linapliego@hotmail.com).

RESUMEN

El mezcal es obtenido por destilación y rectificación de mostos preparados directa y originalmente a partir de los azúcares extraídos de las cabezas maduras de agaves cocidas y que son sometidos a fermentación alcohólica con poblaciones microbianas y que dan como resultado la transformación de azúcares en diversos compuestos volátiles y aromáticos que le confieren aromas y sabores con características propias, aunado también al manejo que se le dé en el palenque. Es una bebida espirituosa de gran producción en el estado de Oaxaca, en la que se utilizan diversas especies de agave. Con la finalidad de caracterizar cepas presentes en mostos de palenques ubicados en las comunidades de San Dionisio, Las Palmas y San Pedro Teozacoalco se tomaron muestras de tinas de fermentación. Para el aislamiento de las levaduras se utilizó el medio YPD estéril con cloranfenicol 1 mg mL⁻¹, para las bacterias ácido lácticas (BAL) se manejó el medio Man Rogosa y Sharpe (MRS) y las bacterias ácido acéticas se aislaron con el medio GYC. Las levaduras y las

bacterias se purificaron por agotamiento de estrías hasta obtener cepas puras. Se determinaron características macroscópicas y microscópicas, además de algunas propiedades bioquímicas. Para su caracterización morfológica macroscópica las colonias se incubaron en cajas Petri por 48 h y las características observadas fueron, tamaño, color, forma, elevación, borde, superficie, etc. Las características microscópicas se observaron por tinción con azul de metileno y tinción de Gram. En los tres palenques se encontró la levadura *Kluyveromyces*, respecto a las BAL en dos palenques se detectaron las bacterias identificadas como *Lactobacillus* y en lo que corresponde a las BAA en los tres palenques se encuentra la bacteria *Acidomonas*. En las demás muestras las identificaciones no coinciden ya que hay levaduras diferentes en cada palenque como por ejemplo se identificaron levaduras *Saccharomyces*, *Schizosaccharomyces* y *Candida lusitanae*.

Palabras clave: agave, *Saccharomyces*.



EFFECTO DE LA PROCEDENCIA DE JUVENILES DE *Macrobrachium tenellum* (DECAPODA: PALAEMONIDAE) SOBRE SU CRECIMIENTO, SOBREVIVENCIA Y ACTIVIDAD ENZIMÁTICA

EFFECT OF PROVENANCE OF JUVENILE *Macrobrachium tenellum* (DECAPODA: PALAEMONIDAE) ON THEIR GROWTH, SURVIVAL AND ENZYMATIC ACTIVITY

Nathali Martínez Salazar^{1§}, Rodolfo B. De los Santos Romero¹, Marcelo García-Guerrero²

¹Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, Ex Hacienda de Nazareno Sn Agencia de Policía Nazareno Xoxocotlán, Centro, 71233 Santa Cruz Xoxocotlán, Oax. ²Instituto Politécnico Nacional, CIIDIR-Oaxaca, Hornos 1003, Santa Cruz Xoxocotlán, 71233 Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca. [§]Autor de correspondencia: (nathali.ms@voaxaca.tecnm.mx).

RESUMEN

El langostino *Macrobrachium tenellum* (Smith 1871) es fuente de alimento y de recursos para las comunidades costeras de México. En el Pacífico mexicano sus poblaciones se distribuyen en lagunas costeras, estuarios y ríos. Debido a su capacidad de vivir en diferentes condiciones ambientales y estar expuesto a una gran gama de alternativas alimenticias se ha vuelto un recurso potencial para la acuicultura. Recientemente se ha generado información sobre propuestas alimenticias para el langostino *M. tenellum* en condiciones de cultivo, pero aún es necesario entender la maquinaria digestiva que poseen los organismos colectados y destinados a un posterior cultivo. El objetivo fue evaluar el efecto de la procedencia de colecta de juveniles de *M. tenellum* sobre algunos parámetros productivos y su actividad enzimática. Los organismos fueron recolectados en el río, laguna y estuario de la cuenca de Colotepec, se dispusieron en unidades

experimentales con un diseño completamente aleatorio con un arreglo factorial tres por tres, proporcionándoles tres dietas con componentes silvestres. Los parámetros de cultivo fueron registrados cada 15 días durante dos meses y la actividad enzimática fue determinada mediante técnicas espectrofotometría de microplaca. Se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) sobre los parámetros de crecimiento y sobrevivencia, siendo los organismos provenientes del ambiente lagunar los que presentaron los mayores valores. La actividad de lipasas, tripsina y leucina aminopeptidasas presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$) en cuanto al origen de los organismos y el tiempo de cultivo. Se establece en el presente trabajo que el hábitat de origen de los langostinos es un factor determinante al establecer los criterios de cultivo para la especie.

Palabras clave: actividad enzimática, acuicultura, dietas, langostino.



REMEDIACIÓN DE PARCELAS PERMANENTES EN SAN PEDRO EL ALTO, ZIMATLÁN,
OAXACA

RE-MEASUREMENT OF PERMANENT PLOTS IN SAN PEDRO EL ALTO, ZIMATLÁN,
OAXACA

María del Carmen Zárate-Salinas^{1§}, José Daniel García-García¹, Héctor M. De los Santos-Posadas², José
Cristóbal Leyva-López¹, Moisés Raúl Hernández-Cortez³

¹Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. Ex Hacienda de Nazareno, Santa Cruz Xoxocotlán, CP 71232, Oaxaca. ²Colegio de Postgraduados. Km 36.5 Carretera México-Texcoco, C.P. 56230, Montecillo, Texcoco, Edo de México. ³Dirección Técnica de San Pedro el Alto, Zimatlán, Oaxaca. [§]Autor de correspondencia: (118920158@voaxaca.tecnm.mx).

RESUMEN

Las parcelas permanentes permiten, a los forestales e investigadores forestales, observar diversas variables económicas y ecológicas. Dicha información es por lo general usada para construir, mejorar o actualizar modelos o procesos estadísticos, los cuales son empleados para entender mejor y predecir el desarrollo del bosque o rodal. El presente trabajo tuvo como objetivo analizar el incremento volumétrico en masas mezcladas de pinos en San Pedro el Alto, Zimatlán, Oaxaca. Con base en la información contenida en el programa de manejo y archivos de la Dirección Técnica Forestal se ubicaron las parcelas permanentes de 1000 m² del inventario estratégico establecidas en el 2014 y remedidas en 2022. De un total de 110 parcelas que fueron establecidas, fue posible remedir 57 parcelas de las cuales 13 fueron cosechadas, 40 no fueron cosechadas y 4 se encontraron en áreas incendiadas. En ambas mediciones se registró especie, diámetro normal y altura total de los árboles etiquetados, con los cuales posteriormente

se calculó el volumen y área basal. Uno de los resultados relevantes sugiere que la proporción de volumen del periodo entre parcelas cosechadas y no cosechadas es muy similar (crecimiento relativo al volumen). Usando estimadores de proporción (razón) entre volúmenes 2014 y 2022 se tiene que en las parcelas cosechadas esta proporción es de 1.28 mientras que en no cosechadas es de 1.37. Aunque hay ligeras diferencias se aprecia una tasa base similar a pesar de que son masas forestales diferentes en cuanto a edad, existencias reales, intensidades de corta y productividad. Utilizando los datos del inventario estratégico como base de comparación para estimar la cosecha potencial de San Pedro el Alto se tiene que de haberse usado los datos de crecimiento obtenidos en la remediación la posibilidad estimada hubiera sido de 316,000 m³/año comparado con la estimada mediante métodos tradicionales de virutas de incremento que fue de 137,000 m³/año.

Palabras clave: área basal, incremento, manejo forestal, monitoreo, volumen.



ALTERNATIVA DE APROVECHAMIENTO INTEGRAL DE FRUTOS ORGÁNICOS EN LA SIERRA JUÁREZ, OAXACA

ALTERNATIVE OF INTEGRAL USE OF ORGANIC FRUITS IN THE SIERRA JUAREZ, OAXACA

Juana Yolanda López-Cruz[§], Pastor T. Matadamas-Ortiz, Victoria Bautista López

¹Instituto Politécnico Nacional (IPN). CIIDIR Unidad Oaxaca, Hornos 1003, Col. Nochebuena, Sta. Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, México. 71230. [§]Autor de correspondencia: (jylopez@ipn.mx).

RESUMEN

En la Sierra Juárez, una de las actividades principales es la producción frutícola, que se caracteriza por variedades criollas, que se comercializan en fresco y se ve restringida por la alta perecibilidad de los frutos, y las condiciones orográficas son una limitante en el momento de la cosecha. Los productores en ocasiones prefieren dejarlas y se convierten en residuos que contaminan el aire y suelo al entrar en descomposición por el abandono, el valor de los frutos está determinado por la oferta y demanda, registrándose fuerte competencia comercial. El objetivo de este trabajo es proponer la aplicación de estrategias innovadoras y sostenibles que promuevan la generación y aplicación de conocimientos tradicionales sobre los sistemas biológicos, proponiendo métodos para la conservación y el uso sostenible de los recursos. Con una metodología cualitativa a través de talleres participativos y entrevistas semiestructuradas se integró el diagnóstico del sistema productivo y las posibles alternativas que se consideraban más viables. Entre los principales resultados se observa un sistema de producción familiar, no orientado al mercado, cuya

producción se comercializa en fresco al interior de la misma comunidad y en el mercado regional (mercado de Ixtlán). La propuesta de alternativas contempla la utilización de energía limpia (solar) para el procesamiento y elaboración de nuevos productos como son néctares de los frutos que sirvan de base para la producción de bebidas fermentadas, así como harina de pulpa de frutos o de la cáscara, que son generados como subproductos en la obtención de jugos o néctares y que puedan convertirse en soluciones integrales que aseguren la conservación de la biodiversidad, la sustentabilidad de los sistemas de producción y manejo de recursos naturales a nivel local, regional e internacional y contribuyan en la generación de ingresos adicionales y fuentes de empleo locales que contribuyan a incrementar el bienestar familiar y comunitario. Se concluye que la elaboración de nuevos productos favorecerá el aprovechamiento integral de los frutos y el uso de energía solar contribuirá a mejorar las condiciones de la producción agrícola y a la seguridad alimentaria familiar. Este trabajo deriva de la participación en el proyecto SIP20242809.

Palabras clave: aprovechamiento de subproductos, energía limpia, producción frutícola.



CORTISOL Y CORTICOSTERONA EN PLASMA SANGUÍNEO DE *Artibeus jamaicensis*
(MURCIÉLAGO FRUGÍVORO) DE LOS VALLES CENTRALES, OAXACA

CORTISOL AND CORTICOSTERONE IN BLOOD PLASMA OF *Artibeus jamaicensis*
(FRUGIVOROUS BATS) FROM THE CENTRAL VALLEYS, OAXACA

Rosa María Gómez-Ugalde^{1§}, Dulce Verónica Santiago-Ramírez¹, Heidy Ortiz-López¹, Judith Ruiz-Luna¹,
Arturo Salame-Méndez²

¹Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, (ITVO). Ex Hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca. 71230. ²Universidad Autónoma Metropolitana-Unidad Iztapalapa (UAM-Iztapalapa). Departamento de Biología de la Reproducción, División de Ciencias Biológicas y de la Salud. Av. San Rafael Atlixco No. 186. Vicentina. Iztapalapa. Ciudad de México, D. F. [§]Autor de correspondencia: (rosa.gu@voaxaca.tecnm.mx).

RESUMEN

Uno de los procesos más estudiados asociados a la respuesta a factores de estrés es la liberación de glucocorticoides (GCs). Los GCs modulan los procesos fisiológicos que facilitan las respuestas a corto plazo necesarias en un entorno estresante, y su medición puede utilizarse como un indicador indirecto de la salud. Para comprender cómo varían los GCs en organismos de vida libre, evaluamos las concentraciones de cortisol (Cort) y corticosterona (Co) en el plasma sanguíneo en individuos de *Artibeus jamaicensis* capturados en redes de niebla, y su relación con la variación estacional (lluviosa y seca), el sexo y la condición reproductiva. La sangre se extrajo por punción de la vena braquial y se analizó con la técnica de inmunoensayo enzimático (EIA). Los datos se agruparon por temporada de lluvias (mayo - octubre,) y seca (noviembre - abril), sexo (hembras y machos) y condición reproductiva (activos, inactivos) y se calculó la proporción de glucocorticoides Cort/Co. Para el análisis de

correlación entre las dos hormonas se empleó la prueba Rho de Spearman. Se emplearon modelos lineales generalizados (GLM) para evaluar los efectos del, sexo y condición reproductiva y la estación del año como variable ambiental. Se procesaron 81 muestras de plasma. Los resultados obtenidos confirman que *A. jamaicensis* secreta principalmente cortisol con una concentración promedio de 320.53 ng mL⁻¹. La correlación entre las concentraciones de cortisol y corticosterona fueron estadísticamente significativas ($p < 0.001$). Se encontró que la estación (lluviosa y seca), como variable ambiental, es un factor importante para explicar la variación en los niveles de glucocorticoides en el plasma de *A. jamaicensis*. Los resultados obtenidos sugieren que las dos hormonas pueden estar mediando diferencialmente la respuesta al estrés, mientras que las condiciones ambientales parecen determinar la intensidad de la secreción de GCs.

Palabras clave: estrés, glucocorticoides, hormonas, quirópteros.



INVESTIGACIÓN EN BIODIVERSIDAD EN EL “RANCHO EL MILAGRO”, DE LAS CHOAPAS VERACRUZ

BIODIVERSITY RESEARCH AT THE “RANCHO EL MILAGRO”, IN LAS CHOAPAS VERACRUZ

Francisco Javier Vaquera-Aguilar¹, Francisco Gerardo Lorea Hernández², Claudia Gallardo Hernández³,
Alberto de los Santos-Pérez^{4§}

¹Universidad Autónoma Chapingo (UACH). Departamento de Zootecnia. Carretera Federal México-Texcoco Km 38.5. ²Instituto de Ecología A.C. (INECOL), Carretera antigua a Coatepec 351, Col. El Haya, Xalapa, Veracruz, Red de Biodiversidad y Sistemática Edificio A, Campus I. ³INECOL, Carretera Antigua a Coatepec 351, Col. El Haya, Xalapa, Veracruz, Herbario XAL Edificio B, Campus III. ⁴Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca. Facultad de Ciencias Químicas, 21 de marzo, Ciudad Universitaria, Oaxaca de Juárez, Oax. [§]Autor de correspondencia: (brunosanper63@gmail.com).

RESUMEN

En 56 años, los propietarios de cinco predios que forman el “Rancho El Milagro” (REM), han impulsado la realización de nueve trabajos de investigación básica, de la Selva Alta Perennifolia y de Acahuals por instituciones de Investigación y/o Enseñanza Superior y la intervención de 19 investigadores especializados en diversos temas, botánicos, ornitológicos, herpetológicos, que se presentan a la comunidad científica de este Congreso, para su conocimiento y buscando su interés. Se integra un cuadro que agrupa, los 9 trabajos realizados y publicados, a los que el lector tiene acceso a los documentos, se rescatan los principales resultados y se hace un análisis general de ellos, finalmente se enuncian los resultados destacados y hallazgos que confirman la importante biodiversidad presente en el REM.; se

enlista especies raras y nuevos registro Nacionales y mundiales de plantas o que se tienen pocos registros en México. Decenas de plantas y animales que habitan en REM, están en estado de riesgo; al menos 5 especies de primeros registros para la ciencia. El REM es uno de los mayores sitios de muestreo para el proyecto “Flora de Veracruz”, aportando más de 1200 colectas botánicas, de las cuales, existen más de 780 registros en el herbario XAL del INECOL. Es refugio de las dos especies de mono y una lista de decenas de animales que ahí habitan, finalmente y dada la imposibilidad de los propietarios de ofrecer buen manejo a la selva, se emite una voz de alarma, sobre el riesgo de que este relicto desaparezca como riqueza natural

Palabras clave: biodiversidad, investigación, REM, selva alta perennifolia,



Revista Mexicana de Agroecosistemas

Vol. II (Suplemento I), 2024, 19 - 21 de noviembre, ISSN: 2007-9559

VII Congreso Nacional de Recursos Naturales, Sistemas de Producción e Innovación Tecnológica

I Congreso Internacional de Biodiversidad, Innovación y Sustentabilidad

EJE TEMÁTICO 5. DESARROLLO RURAL Y
MANEJO DE AGROECOSISTEMAS (DRMA)



IMPACTOS DEL PROYECTO FRE LOCAL EN COMUNIDADES RURALES AISLADAS: DESAFÍOS HACIA EL DESARROLLO SOSTENIBLE

IMPACTS OF THE FRE LOCAL PROJECT IN ISOLATED RURAL COMMUNITIES: CHALLENGES TOWARDS SUSTAINABLE DEVELOPMENT

Ernesto Luis Barrera-Cardoso^{§1}, María del Carmen Echevarría-Gómez¹, Julio Pedraza-Garciga¹, Reineris Montero-Laurencio²

¹Universidad José Martí Pérez de Sancti Spíritus, Cuba (UNISS). Centro de Estudios de Energía y Procesos Industriales (CEEPI). Ave. de los Mártires, No.360, Sancti Spíritus. ²Universidad de Moa. Centro de Estudios de Energía y Tecnología Avanzada de Moa. [§]Autor de correspondencia: (ernestobarrera2010@gmail.com).

RESUMEN

Aunque Cuba reporta niveles de electrificación del 99.94 %, existen 163,238 viviendas que reportan un limitado acceso a la energía por deficiente calidad y tiempo del servicio energético. Este trabajo tiene como objetivo mostrar los impactos y desafíos del proyecto Fuentes Renovables de Energía como Apoyo al Desarrollo Local (FRE local) durante la electrificación de viviendas y el suministro energético para el desarrollo local en comunidades rurales aisladas. Se utilizó un diseño metodológico no experimental de tipo descriptivo transversal, que se aplicó durante la implementación del proyecto entre los años 2019 al 2024. Se utilizó la metodología de intervención social para la implementación de las FRE, desarrollada en el marco del proyecto, incluyendo sus herramientas de recolección de la información con pobladores y líderes de la comunidad. La lógica de intervención incluyó la identificación de necesidades y oportunidades en las comunidades partiendo de los preceptos de la educación popular; la identificación de las mejores prácticas de FRE con la aplicación de algunas de ellas en sectores agropecuarios con el diseño de soluciones

adaptadas al contexto cubano; y el diseño e implementación de los proyectos FRE para la ampliación y mejoramiento del suministro energético en viviendas de comunidades rurales aisladas. Los resultados de su implementación muestran la producción de 78 MWh con solar fotovoltaica que sustituyen 22,000 l de diésel, evitan 58 t de CO₂ equivalente y mejoran la calidad de vida y las horas de servicio eléctrico (24 h/d) de 238 pobladores. Hacia el cierre del proyecto en el 2025, se proyecta beneficiar a 3048 habitantes de 20 comunidades rurales aisladas, generar 3868 MWh anuales con FRE y evitar el uso de 98,335 l de diésel y la emisión de 109 t de CO₂ equivalente. Las lecciones aprendidas y las buenas prácticas se convierten en retos hacia la sostenibilidad de las tecnologías como garante del desarrollo sostenible en el contexto cubano, se impone el monitoreo de indicadores que permitan trazar estrategias de control adecuadas y proponer arreglos de gestión financieros para la reposición y reparación de los equipos instalados.

Palabras clave: comunidades rurales, Cuba, desarrollo local, energía, sostenibilidad.



PROTOTIPO DE ROBOT ANALIZADOR DE NUTRIENTES DE SUELO SUSTENTABLE PARA INVERNADEROS

SUSTAINABLE SOIL MACRONUTRIENT ANALYZER ROBOT FOR GREENHOUSES

Diana Núñez-Ramírez[§], Ismael Hernández-Ortiz, Cesar David Gudiño-Salgado, Miguel Ramos-Marín,
Marco A. Ruíz-Gasca, Daniela Ramírez-Castellanos

Instituto Tecnológico de Tláhuac (ITT), Av. Estanislao Ramírez Ruiz 301, Amp. Selene, Tláhuac, 13420.

[§]Autor de correspondencia: (diana.nr@tlahuac.tecnm.mx).

RESUMEN

Dentro de la actividad agrícola es importante contar con herramientas que permitan conocer el estado del suelo y de distintos parámetros como los climáticos y la concentración de nutrientes. El prototipo presentado en este trabajo es un robot que monitorea el correcto crecimiento de plantas y cultivos dentro de un invernadero. El dispositivo es capaz de medir los niveles de los macronutrientes más importantes como el nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), concentrados en la tierra en la que se desarrollan las plantas; y así poder detectar deficiencias o excedentes de éstos para su óptimo abastecimiento. Por otro lado, también se obtienen mediciones de

parámetros ambientales como la temperatura y humedad, tanto relativa como del suelo. Es indispensable controlar el parámetro de la humedad para el intercambio de gases y la fotosíntesis, ya que su escasez o exceso afectan significativamente los procesos naturales de las plantas, en este caso la investigación se enfocó en el cempoalxóchitl (*Tagetes erecta*). Por último, el robot es un dispositivo sustentable con tracción diferencial autónomo que obtiene datos de macronutrientes, temperatura y humedad, además de contar con una etapa de carga de baterías conformada por paneles solares.

Palabras clave: cempoalxóchitl, humedad, macronutrientes, temperatura, sustentable.



USO DE BIOPRODUCTOS PARA MEJORAR LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ EN LA MIXTECA BAJA POBLANA

BIOPRODUCTS USE TO IMPROVE CORN PRODUCTION IN THE MIXTECA BAJA POBLANA

Gabriel López-Salvador^{1§}, Pedro José González-Cañizares², Javier Iván Sanches-Guerrero¹

¹Instituto Tecnológico de Tecamatlán, Carretera Palomas-Tlapa km. 19.5, Tecamatlán Puebla, México.

²Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Carretera a Tapaste, km 3½, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba. §Autor de correspondencia: (coteyuco@gmail.com).

RESUMEN

El maíz es uno de los cultivos básicos de los pobladores de la Mixteca Baja Poblana, sin embargo, el limitado acceso de los productores a los fertilizantes sintéticos debido a sus altos precios y los riesgos que conlleva su uso en una región de alta diversidad biológica, sugiere la búsqueda de alternativas más amigables con el medio ambiente para mejorar su productividad. Bajo estas premisas, se ejecutó un experimento en condiciones de campo, con el objetivo de evaluar el efecto de un bioestimulante a base de quitosano y la inoculación con hongos micorrízicos arbusculares (*HMA*), en el crecimiento y rendimiento del maíz variedad Criollo. Se estudiaron seis tratamientos, conformados por la aplicación de quitosano, la aplicación de inoculantes micorrízicos formulados con las cepas de *HMA* *Glomus cubense* y *Rhizophagus irregularis*, la combinación del bioestimulante con uno y otro inoculante micorrízico, y un testigo sin quitosano ni *HMA*, en un diseño de bloques al azar con cuatro réplicas. El quitosano se aplicó

mediante la imbibición de las semillas al momento de la siembra y por aspersión a los 50 días después de la germinación a razón de 200 mL ha⁻¹, y los inoculantes micorrízicos, por el método del recubrimiento de las semillas al momento de la siembra. Tanto el quitosano como la inoculación con las cepas de *HMA* estimularon la germinación y tuvieron un efecto positivo en el crecimiento y el rendimiento de grano del maíz, aunque entre ambos inoculantes micorrízicos, los mayores efectos de obtuvieron con la cepa *R. irregularis*. Sin embargo, la mayor altura y número de hojas de las plantas, así como los mayores efectos en el rendimiento de grano y sus componentes, se alcanzaron con la aplicación conjunta del quitosano y el inoculante micorrízico formulado con *R. irregularis*. Se concluye que el uso de productos biológicos a base de quitosano, combinado con inoculantes formulados con cepas efectivas de *HMA*, puede ser una alternativa para mejorar la productividad del maíz en la Mixteca Baja Poblana.

Palabras clave: bioestimulantes, crecimiento, hongos micorrízicos arbusculares, rendimiento.



LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA COMO SOPORTE DEL DESARROLLO SOSTENIBLE EN COMUNIDADES RURALES DE IMÍAS, GUANTÁNAMO

PHOTOVOLTAIC SOLAR ENERGY AS A SUPPORT FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT IN RURAL COMMUNITIES OF IMIAS, GUANTÁNAMO

Robuam Peña-Domínguez^{§1}, Reineris Montero-Laurencio², Yoandra Pulsant-Limonta¹, Yelenne Marcelo-Luis¹

¹Universidad de Guantánamo, Cuba. ²Universidad de Moa. Centro de Estudios de Energía y Tecnología Avanzada de Moa. [§]Autor de correspondencia: (robua82@gmail.com).

RESUMEN

El apoyo al desarrollo local a través de las energías renovables se trabaja en diversas regiones, incluida la provincia de Guantánamo. Dentro del programa Apoyo a la Política de Energía en Cuba, se ha desarrollado el Proyecto Fuentes Renovables de Energía como apoyo al desarrollo local (FRE local), en dos comunidades rurales del municipio de Imías: Los Abiertos y El Palenque. Estas comunidades enfrentaban dificultades para conectarse al sistema eléctrico nacional (SEN), debido a su ubicación y condiciones técnicas, lo que limita el acceso a la energía y por ende la calidad de vida de sus habitantes. El presente trabajo tiene como objetivo mostrar los resultados del proyecto FRE local en Guantánamo, el cual implementa tecnologías de energía solar fotovoltaica como soporte para el desarrollo sostenible, facilitando el acceso a las energías renovables y estimulando el consumo eficiente. Partiendo de la metodología de intervención social diseñada para el proyecto FRE local, y sus herramientas de recolección de datos, se encuestó al 98 % de las familias, los líderes comunitarios y

a los representantes del gobierno en el territorio. Se identificaron las necesidades y oportunidades relacionadas con el acceso a la energía, así como las potencialidades para la implementación de tecnologías FRE, se diseñaron las soluciones específicas para cada una de las comunidades, lográndose la implementación de 42 sistemas fotovoltaicos autónomos de 2.2 kWp en la comunidad El Palenque que mejoran la calidad de vida de sus habitantes y favorecen el desarrollo productivo local. Al mismo tiempo, se inicia la construcción de un parque fotovoltaico conectado al SEN de 48 kWp para la comunidad Los Abiertos, que deberá culminarse en marzo del 2025. La voluntad política y la colaboración a nivel local han sido esenciales para integrar los avances en energía renovable en la gestión del gobierno, beneficiando a las comunidades rurales. Los estudios realizados y las soluciones de electrificación diseñadas son fundamentales para impulsar su desarrollo y alcanzar las metas.

Palabras clave: desarrollo local, energías renovables, matriz energética, sistemas fotovoltaicos.



POTENCIALIDADES PARA EL USO DE FUENTES RENOVABLES DE ENERGÍA EN VAQUERÍAS TÍPICAS CUBANAS: EXPERIENCIAS DEL PROYECTO “FRE LOCAL”

POTENTIALITIES FOR THE USE OF RENEWABLE ENERGY SOURCES IN TYPICAL CUBAN DAIRY FARMS: EXPERIENCES FROM THE “FRE LOCAL” PROJECT

Lisbet Mailin López-González[§], Yudelkis Ponce-Valdés, Julio Pedraza- Garciga, Orestes-Hermida García, Ernesto Luis Barrera-Cardoso

Universidad José Martí Pérez de Sancti Spíritus, Cuba (UNISS). Centro de Estudios de Energía y Procesos Industriales (CEEPI). Ave. de los Mártires, No.360, Sancti Spíritus. §Autor de correspondencia: lisbetmailin1970@gmail.com.

RESUMEN

El desarrollo de Fuentes Renovables de Energía (*FRE*), garantizando un suministro energético confiable, diversificado, moderno, a precios competitivos y en condiciones de sostenibilidad ambiental constituye una prioridad. Es objetivo fue identificar las oportunidades para el uso de las *FRE* en vaquerías típicas de Cuba. Se realizó un estudio de caso en la empresa pecuaria Managuaco de la provincia de Sancti Spíritus, Cuba. La metodología se basó en la estimación de la demanda energética de los procesos tecnológicos que se ejecutan en una vaquería típica, determinación del potencial para las tecnologías de *FRE*. En el trabajo se identificaron 4 sistemas energéticos: 1. Instalación de un sistema de generación por paneles fotovoltaicos aislados anclados al techo con almacenamiento de energía para reducir el servicio eléctrico ininterrumpido y de calidad en vaquerías típicas. 2. Producción de biogás a partir de la digestión de los estiércoles generados en las vaquerías típicas para la cocción

de alimentos. 3. Bombeo solar de agua limpia para consumo en cada vaquería. 4. Bombeo solar del digestato líquido del biodigestor para fertirriego de pastos cercanos a la vaquería y/o recirculación al biodigestor. La demanda de energía para una vaquería típica es aproximadamente de 10.33 kWh/d, la cual incluye el sistema de conservación de la leche (termo), sistema de ordeño, iluminación de los establecimientos y bombeo de agua. Para cada vaquería típica de la empresa se diseñó un sistema FV híbrido compuesto por el sistema de generación 7 paneles Solares fotovoltaicos 450 Wp anclados a los techos de las naves con almacenamiento de energía, un biodigestor híbrido para la producción de biogás de 24 m³/d, que serán comprimidos y distribuidos en red y dos bombas solares. Se dejan de emitir anualmente 20 t CO₂ con el aprovechamiento de las potencialidades identificadas para uso de las *FRE* en una vaquería típica.

Palabras clave: biogás, solar fotovoltaica.



POLÍGONOS DEMOSTRATIVOS DE AGROENERGÍA: ESPACIOS INNOVADORES DE APRENDIZAJE EN APOYO A LA POLÍTICA DE TRANSICIÓN ENERGÉTICA

AGRO-ENERGY DEMONSTRATION PARKS: INNOVATIVE LEARNING SPACES IN SUPPORT OF ENERGY TRANSITION POLICY

Julio Pedraza-Garciga¹, Janet Jimenez-Hernández¹, Lisbet Mailin López-González^{§1}, Omar Pérez-Navarro², Ernesto Luis Barrera-Cardoso¹

¹Universidad José Martí Pérez de Sancti Spiritus, Cuba (UNISS). Centro de Estudios de Energía y Procesos Industriales (CEEPI). Ave. de los Mártires, No.360, Sancti Spiritus. ²Universidad Central Marta Abreu de Las Villas (UCLV). Facultad de Química-Farmacia (FQM). [§]Autor de correspondencia: (lisbetmailin1970@gmail.com).

RESUMEN

La coexistencia de tecnologías de fuentes renovables de energía con prácticas agrícolas sostenibles, haciendo un uso eficiente del suelo, la valorización de residuos y bajo enfoque de cadena y cierre de ciclo, así como, la necesidad de desarrollar competencias profesionales y transformar los modos de actuación de los diferentes actores coinciden en el sector electroenergético y agropecuario. El objetivo del trabajo fue crear espacios innovadores de aprendizaje para desarrollar competencias profesionales con la implementación de fuentes renovables de energía a escala real, para la obtención de energía y alimentos en una misma área, en apoyo a las políticas de transición energética y transición ecológica de Cuba. Se diseñaron dos polígonos demostrativos en dos escenarios del sector ganadero al amparo del proyecto FRE local: 1. Empresa Pecuaria Managuaco dedicada a la producción descentralizada de ganado vacuno. 2. Granja Genética Porcina UEB la Pastora. El diagnóstico energético de cada escenario, así como, el balance de recursos, agua y energía, permitió seleccionar las tecnologías innovadoras que a su vez permitieran la formación de competencias bajo el enfoque de

aprender/haciendo. Para el primer polígono se tuvo en cuenta desde el uso de bombeo solar fotovoltaico para abasto de agua, la instalación de molinos a viento, hasta el aprovechamiento energético de las excretas de vaquerías, mediante biodigestores de biogás. Por otra parte, en la UEB genética porcina se diseñó una planta de biogás centralizada cuya producción fue proyectada para una planta de secado de granos, donde se incluyeron tecnologías para purificación de biogás, y tecnologías solares. Se obtuvieron dos esquemas productivos apoyados en fuentes renovables de energías: se diseñaron tres redes de suministro de biogás en la empresa pecuaria: 31 reactores (10-96 m³) que incluyeron 14 granjas lecheras y un matadero. En la UEB porcina la planta de biogás consistió en un reactor de 830 m³ de volumen, con una producción de biogás de 350 m³/d. Ambos escenarios se convirtieron en laboratorios vivos y demostrativos de cómo avanzar hacia una economía circular, a la vez que se favorecen los índices empresariales económicos y ambientales con la reducción de 150-165 teq CO₂/año en cada escenario.

Palabras clave: biogás, espacios innovadores de aprendizaje, fuentes renovables de energía, polígono demostrativo.



DENOMINACIÓN DE ORIGEN DEL MEZCAL: ENTRE EL DESARROLLO RURAL Y LAS TRAMPAS DE POBREZA

MESCAL APPELLATION OF ORIGIN: CATALYST FOR RURAL DEVELOPMENT OR PERPETUATION OF INEQUALITY

Dessiree Xiqui

Ghent University, Faculty of Bioscience Engineering, Couture Links 653,9000. Autor para correspondencia: (dessiree.xiqui@gmail.com).

RESUMEN

La Denominación de Origen del Mezcal (*DOM*) fue concebida con el objetivo de consolidar la cadena de valor del mezcal y contribuir al desarrollo socioeconómico de los pequeños productores, mediante el impulso de las ventas y exportaciones. Esta investigación, realizada entre 2021 y 2022 como parte de un programa de maestría fuera de México, tuvo como objetivos analizar el cómo la implementación de la *DOM* contribuye al desarrollo sostenible de pequeños productores en Oaxaca y su relación con dinámicas que perpetúan la pobreza multidimensional. Debido a las restricciones de la pandemia de Covid-19, el estudio se basó en fuentes secundarias, como bases de datos del INEGI y CONEVAL, artículos académicos y documentos oficiales, además de la recolección limitada de datos primarios mediante observación participante, visitas a palenques y entrevistas semiestructuradas. La metodología cualitativa incluyó tres fases: I. Caracterización de la pobreza multidimensional en Oaxaca y del contexto de la producción de mezcal; 2. Análisis de sostenibilidad de la *DOM* utilizando cinco

dimensiones (económica, social, ambiental, cultural e institucional). 3. Integración de una narrativa crítica y desarrollo de modelos conceptuales mediante diagramas de bucles causales para visualizar las interacciones entre la *DOM* y el contexto, desde la perspectiva de trampas de pobreza. Los resultados muestran que, aunque la *DOM* ha facilitado el acceso a mercados globales, ha creado barreras para que los pequeños productores accedan a sus beneficios, incluyendo dificultades para la certificación, una distribución desigual de las ganancias e impactos ambientales, y erosión de conocimientos tradicionales. La investigación sugiere que, sin una reorientación en las políticas y prácticas, la *DOM* podría convertirse en un mecanismo que refuerza las dinámicas de pobreza, añadiendo complejidad a la trama de pobreza multidimensional preexistente en el territorio. La estructura actual de la *DOM* está vinculada a la distribución desigual de beneficios y externalidades, lo que plantea riesgos para la sostenibilidad e implica la necesidad de repensar las políticas y prácticas de manejo vigentes.

Palabras clave: denominación de origen, desarrollo rural, sostenibilidad, trampas de pobreza.



FRE LOCAL EN RÍO CAUTO. IMPACTOS DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA EN COMUNIDADES RURALES AISLADAS

FRE LOCAL IN RÍO CAUTO. IMPACTS OF THE ENERGY TRANSITION ON ISOLATED RURAL COMMUNITIES

Yanelis de La Caridad Pompa-Montes de Oca², Ernesto Luis Barrera-Cardoso^{§1}, Maite Riquenes-Pérez²,
Adelmis Estrada-Rodríguez², Yans Guardia-Puebla²

¹Universidad José Martí Pérez de Sancti Spíritus, Cuba (UNISS). Centro de Estudios de Energía y Procesos Industriales (CEEPI). Ave. de los Mártires, No. 360, Sancti Spíritus. ²Universidad de Granma. Centro Universitario Municipal Río Cauto, Granma, Cuba. [§]Autor de correspondencia: (ernestobarrera2010@gmail.com).

RESUMEN

El presente trabajo evalúa los impactos de la transición energética, desde la experiencia del proyecto FRE local, en dos comunidades rurales aisladas en el municipio Río Cauto en la provincia Granma, Cuba. En zonas como estas, el uso de Fuentes Renovables de Energía (FRE) se convierte en una importante alternativa para su progreso como respuesta a las políticas de nueva ruralidad y desarrollo local, a partir de considerar sus riquezas naturales y potencialidades económicas. Desde los estudios integrales realizados en las comunidades objeto de estudio, Ensenada del Indio y Uno de Santa Rosa, se pudo constatar las insuficiencias energéticas que han estado afectando directamente el desarrollo de las localidades y que, como consecuencia, han constituido una necesidad prioritaria de sus habitantes. En la primera, se hacía uso de sistemas fotovoltaicos autónomos (SFVA) de 250 Wp, que suministraban diariamente 1.3 kWh/vivienda y en la segunda de un grupo electrógeno que genera 1.47 kWh/vivienda. En el proceso de transición energética se instalaron SFVA de 2.2 kWp, que incrementaron el acceso a la energía del 19 al 100 % del consumo promedio (CP) de una vivienda urbana (6.67 kWh/d); mientras que el parque solar de 48 kWp, prevé un

incremento del 22 al 100 % del CP (97 % con FRE), respectivamente. Se tuvieron en cuenta, además, otras necesidades sentidas de los habitantes que inciden directamente en su calidad de vida, por lo que resalta la instalación de sistemas de bombeo solar, biodigestores y neveras solares. El compromiso y la participación popular, la integración de los actores claves y el Gobierno, el emprendimiento local y la percepción social del bien para los comunitarios, así como la adquisición de conocimientos medioambientales, le aportaron especial significación, tanto a la metodología de intervención social, como a la estrategia formativa, implementadas sobre la base de la Educación Popular. El retorno de los pobladores, los resultados productivos, la cultura ambiental y el reconocimiento social como comunidades en transformación, son, entre otros, significativos impactos de FRE local en el territorio. Lo anterior ubica al proyecto como referente para la planificación estratégica del municipio y la implementación de otros proyectos en respuesta al cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible.

Palabras clave: desarrollo, energía renovable, ruralidad, transición.



USO Y MANEJO DE HERBICIDAS EN EL CULTIVO DE CAÑA

USE AND MANAGEMENT OF HERBICIDES IN SUGARCANE CULTIVATION

Ana Gabriela Gallegos-Gaspar¹, Isabel Araceli Amaro-Espejo^{1§}, María del Refugio Castañeda-Chávez¹,
Ángel de Jesús Isidoro-Pio², Juan Valente Megchún-García¹

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Boca del Río, Km 12 s/n. Carretera Veracruz-Córdoba, Boca del Río, Veracruz, México C.P. 94290. ²Colegio de Postgraduados Campus Veracruz, Km. 88.5 Carretera Federal Xalapa-Veracruz, C.P. 91690. [§]Autor de correspondencia: (isabelamaro@bdelrio.tecnm.mx).

RESUMEN

El estudio realizado en Chalahuite, Veracruz, sobre el uso y manejo de herbicidas en la caña de azúcar busca evaluar las prácticas actuales y sus impactos en la salud y el medio ambiente. Se seleccionaron 16 productores con experiencia diversa para una entrevista estructurada, abarcando su formación, uso de herbicidas y medidas de seguridad. Los resultados revelaron que el 38 % de los productores tiene más de 40 años de experiencia, pero la mayoría posee una formación académica limitada, lo que sugiere la necesidad de programas de capacitación. Los herbicidas más utilizados incluyen Gesapax H-375 y Diurón, ambos clasificados como peligrosos. Se observó una variabilidad en las dosis aplicadas, con el 50 % de los productores aplica herbicidas cada seis meses, mientras 31 % de los productores

utilizando lo que se considera una dosis adecuada. La frecuencia de aplicación varía, siendo la anual la más común, lo que indica un enfoque conservador. Sin embargo, solo el 38 % de los productores usa equipo de protección personal adecuado, exponiéndolos a riesgos de salud. En cuanto al almacenamiento, el 69 % almacena los envases de manera segura, aunque un porcentaje significativo lo hace en condiciones inadecuadas, lo que puede llevar a exposiciones accidentales. En conclusión, los hallazgos subrayan la urgencia de implementar programas de educación y capacitación en manejo seguro de herbicidas para mejorar la salud de los trabajadores y reducir el impacto ambiental, destacando la necesidad de adoptar prácticas más sostenibles en el cultivo de caña de azúcar.

Palabras clave: caña de azúcar, control de malezas, herbicidas, salud, sostenibilidad.



CARACTERÍSTICAS FÍSICAS EXTERNAS DEL HUEVO DE GUAJOLOTA (*Meleagris gallopavo* L.) ALIMENTADAS CON UNA DIETA ALTERNATIVA MÁS FORRAJES

EXTERNAL PHYSICAL CHARACTERISTICS OF THE TURKEY (*Meleagris gallopavo* L.) EGG FED WITH AN ALTERNATIVE DIET MORE FORAGE

América Naomi Hernández-Gutiérrez^{1§}, Martha Patricia Jerez-Salas¹, Marco Antonio Camacho-Escobar²,
Salvador Lozano-Trejo¹, Marco Antonio Vásquez-Dávila¹

¹Tecnológico Nacional de México, Campus Valle de Oaxaca (ITVO), División de Estudios de Posgrado e Investigación (DEPI), Ex hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca, México. C.P. 71233. ²Universidad del Mar Campus Puerto Escondido. Km 1.5 vía Sola de Vega, Puerto Escondido Mixtepec, Oaxaca. C.P 71981.

§Autor de correspondencia: (naomihernandezgutierrez@gmail.com).

RESUMEN

El objetivo fue evaluar la calidad física externa de los huevos de guajolota, ya que en México no existen criterios que la regulen. Para estudiar sus características físicas externas se trabajó bajo un diseño completamente al azar con cinco tratamientos, T0: alimento comercial, T1: dieta alternativa, T2: dieta alternativa más acelga, T3: dieta alternativa más verdolaga y T4: dieta alternativa más espinaca. Las aves se alimentaron con 150 g de dieta alternativa más 50 g de forraje verde, se recolectaron 100 huevos en total. 25 huevos por tratamiento. Las variables medidas fueron: PH: Peso de Huevo (g), DT: Diámetro Transversal (mm), DL: diámetro longitudinal (mm), PC: peso de cáscara (g), IF: índice de forma y %C: porcentaje de cáscara. Se construyó una base de datos, se utilizó un diseño completamente al azar para el análisis de resultados y con ayuda del programa estadístico SAS se creó un análisis de varianza y se hizo una comparación de medias por el método Duncan. Se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos de acuerdo con cada tipo de alimentación. Para PH, el T1 (81.74

g), T2 (80.97 g) y T4 (81.55 g) presentan mejores resultados en comparación con el T0 (74.66 g). Los tratamientos T1 y T4 (47.3 mm) y T2 (46.72) tienen el DT más grande, indicando una diferencia significativa respecto al T0 (46.06 mm). Para el DL donde el T1 (68.24 mm), T2 (68.07 mm) y T4 (67.05 mm) presentan los valores más altos con respecto al T0 (63.62 mm). Los tratamientos con un mayor PC fueron el T1 (9.60 g), T2 (9.43 g) y T4 (9.29 g), todos con diferencias significativas respecto al T0 (8.99 g). El T0 y T3 presentan los mayores IF (72.58 y 72.31, respectivamente), lo que indica huevos más ovoides. Para el %C, el T0 (12.08), T1 (11.75), T2 (11.66) y T3 (11.90) presentaron los mejores valores para esta variable. Estos resultados sugieren que la dieta alternativa e incluir espinaca y acelga a la alimentación de las aves mejoran significativamente el peso y tamaño del huevo, lo que puede ser beneficioso para la producción avícola orientada a mercados que valoran huevos más grandes.

Palabras clave: acelga, calidad, diámetro transversal, espinaca, peso de huevo.



IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA SEMBRANDO VIDA EN TRES EJIDOS DEL SURESTE DE VERACRUZ

IMPLEMENTATION OF THE SEMBRANDO VIDA PROGRAM IN THREE EJIDOS IN SOUTHEASTERN VERACRUZ

Juana Ortiz-Timoteo[§], Odilón Manuel Sánchez-Sánchez

Universidad Veracruzana (UV). Centro de Investigaciones Tropicales, Xalapa, Veracruz. [§]Autor de correspondencia: (ortiztj79@gmail.com).

RESUMEN

El Programa Sembrando Vida (PSV) se implementó para fortalecer el sector agropecuario y fomentar el bienestar social y ambiental en comunidades rurales de México mediante la provisión de especies vegetales que favorezcan prácticas agroecológicas, aunque se sabe poco sobre la aceptación y adaptación de estas prácticas por parte de los productores. Este estudio analizó la aceptación del PSV, identificó dificultades con las especies proporcionadas y evaluó la respuesta de las plantaciones en tres ejidos del municipio de Jesús Carranza, Veracruz. Se planteó la hipótesis de que los sembradores complementarían las especies del programa ante deficiencias observadas en las plantas recibidas. Para recabar información sobre los problemas asociados con las especies suministradas, se realizaron entrevistas abiertas y semiestructuradas a 51 sembradores, visitas a viveros y se aplicó una escala del 1 al 5 para evaluar la aceptación del programa. Además, se efectuaron muestreos en 40 predios de sembradores (20 en sistemas de milpa intercalada con árboles frutales (MIAF) y 20 en sistemas agroforestales (SAF)), utilizando parcelas de 25 m² y 50 m² para registrar

datos de altura, diámetro del tallo, copa, y presencia de plagas y enfermedades. El PSV obtuvo un valor de aceptación de 4 (de acuerdo). Inicialmente, se proporcionaron 21 especies (8 maderables, 8 frutales, 3 agroindustriales, 1 especie y 1 transitoria); sin embargo, los sembradores incrementaron la diversidad a 41 especies en MIAF (*Ananas sativus* y *Annona muricata*) y a 53 en SAF (*Swietenia macrophylla* y *Tabebuia donnell-smithii*) ante problemas de escasez y calidad. Se observó un 98 % de supervivencia de plantas en ambos sistemas, con un 59.09 % de sanidad en MIAF y 64.79 % en SAF, indicando plagas y enfermedades en un 40.91 % de MIAF y 35.21% de SAF (incluyendo gusano barrenador, arrieras, pulgón, pepe y hongos). En conclusión, el PSV no solo proveyó especies, sino que promovió la diversificación de plantaciones, contribuyendo a la conservación de especies nativas y al bienestar rural. Sin embargo, se recomienda explorar medidas para mejorar la sanidad vegetal y asegurar la salud de las plantaciones a largo plazo.

Palabras clave: muestreos, plantas, predios, sembradores.



DISEÑO POR SIMULACIÓN DE MICRORRED ELÉCTRICA HÍBRIDA PARA LA COMUNIDAD CUARTO CONGRESO, SANCTI SPÍRITUS, CUBA

SIMULATION DESIGN OF HYBRID MICRO-GRID FOR THE COMMUNITY CUARTO CONGRESO, SANCTI SPÍRITUS, CUBA

Eliecer Sotolongo Hernández §, Julio Pedraza Garciga, Yudelkys Ponce Valdés

Universidad José Martí Pérez de Sancti Spíritus, Cuba (UNISS). Centro de Estudios de Energía y Procesos Industriales (CEEPI). Av. de los Mártires, No. 360, Sancti Spíritus. §Autor de correspondencia: (eliecersotolongo@gmail.com).

RESUMEN

En la actualidad, las energías renovables forman parte fundamental de las estrategias adoptadas por numerosos países y organizaciones para promover la transición hacia un nuevo sistema energético, que no solo sea más eficiente y diversificado, sino también más sostenible y respetuoso con el medio ambiente. Este cambio responde a la necesidad urgente de reducir la dependencia de los combustibles fósiles y disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero, que contribuyen al cambio climático. Estos nuevos esquemas utilizan tecnologías híbridas que combinan fuentes de energía renovable, como la solar y la eólica, con sistemas tradicionales. En este contexto, el presente artículo aborda el estudio de sistemas de microrredes eléctricas que operan sin conexión al Sistema Electroenergético Nacional, conocidas como microrredes aisladas. Se presenta, en primer lugar, un análisis de la comunidad Cuarto Congreso, una localidad ubicada en una zona remota del municipio de Fomento, en la provincia de Sancti Spíritus, que está aislada tanto desde el punto de vista eléctrico como geográfico. Esta comunidad posee solo 4 horas de electricidad diarias debido al uso de un grupo electrógeno en mal estado, siendo insuficiente la energía para las

necesidades básicas de los pobladores. Posteriormente, se desarrolla un caso de estudio para evaluar la viabilidad técnico-económica de implementar una microrred en esta comunidad. El estudio incluye la simulación de una variante de suministro eléctrico utilizando el software HOMER, considerando las condiciones específicas de la zona. Finalmente, se validan los resultados, demostrando que esta variante reduce los costos de capital y operativos, garantizando un suministro eléctrico continuo las 24 h del día. También al hacer uso de la microrred la comunidad ha adquirido un gran desarrollo social y económico, pues las mujeres han sido capacitadas en temas de fotovoltaica y sectores productivos de mayor remuneración, fomentando la igualdad de género. Debido a ello el 46 % de los habitantes actualmente desarrolla roles productivos destinados a la producción de bienes y servicios, que producen ingresos personales y para el hogar. Además, se analiza el costo de la sostenibilidad del proyecto a lo largo de los 25 años de vida útil del equipamiento y la infraestructura.

Palabras clave: electrificación rural, HOMER, sistema fotovoltaico.



EVALUACIÓN MULTICRITERIO CON ENFOQUE DE PROCESOS PARA LA ELECTRIFICACIÓN EN COMUNIDADES RURALES

MULTI-CRITERIA EVALUATION WITH PROCESS APPROACH FOR ELECTRIFICATION IN RURAL COMMUNITIES

Daniel Enrique Yero-Gómez[§], Yaima Brito-Ibarra, Yudelkys Ponce-Valdés

Universidad José Martí Pérez de Sancti Spíritus, Cuba (UNISS). Centro de Estudios de Energía y Procesos Industriales (CEEPI). Ave. de los Mártires, No. 360, Sancti Spíritus. §Autor de correspondencia: (dyero.gomez@gmail.com).

RESUMEN

El acceso a la energía ha sido una de las causas de la no resiliencia de los pobladores de comunidades rurales en Cuba. Como parte de la Revolución Energética fueron instalados en numerosas comunidades rurales en Cuba generadores diésel, en la actualidad la escasez de combustible hace de estos una solución no sustentable. Diversos proyectos han sido implementados para sustituir los sistemas de generación distribuida con diésel por sistemas basados en fuentes renovables de energía, como parte de la transición energética en Cuba. Dichos proyectos han tenido un limitado impacto en estas comunidades, entre otras causas, por las deficiencias en los sistemas de evaluación y control durante el tiempo de vida del proyecto. Ante esta problemática, dentro del proyecto *FRE Local*, el cual abarca doce escenarios de intervención, se desarrolló un procedimiento de evaluación multicriterio para identificar los aspectos a mejorar para contribuir a la sustentabilidad de la electrificación. Se implementó este procedimiento con un enfoque de procesos, lo cual permitió corregir las deficiencias en un escenario de intervención dentro del mismo

proyecto. En este trabajo se ponderaron los criterios de evaluación del proyecto y sus escenarios de intervención. Además, se estableció el periodo de evaluación dentro del ciclo de vida del proyecto y fueron planteadas preguntas de control para tomar decisiones críticas en el proceso. Con la aplicación del procedimiento de evaluación al proyecto *FRE Local* en el escenario de intervención Los Alazanes, se identificaron posibilidades de mejora en los criterios: estudios de carga, el alcance de la electrificación y la participación de la comunidad. En una de las preguntas de control se identificó la necesidad de un rediseño en la solución final para ajustar los costos a los recursos financieros. Los resultados demostraron la capacidad de la herramienta desarrollada para aplicarse en proyectos de electrificación en comunidades rurales con múltiples escenarios de implantación como garantía para una evaluación continua e identificación de mejoras que contribuyan a su sustentabilidad.

Palabras clave: electrificación rural, energías renovables, enfoque de proceso, evaluación multicriterio, sustentabilidad.



ELECTRIFICACIÓN RURAL EN CUBA: UNA MIRADA DESDE EL PROYECTO FRE LOCAL, EL DESARROLLO ENERGÉTICO SOSTENIBLE E INDICADORES DE VULNERABILIDAD ENERGÉTICA

RURAL ELECTRIFICATION IN CUBA: A VIEW FROM THE FRE LOCAL PROJECT, SUSTAINABLE ENERGY DEVELOPMENT AND ENERGY VULNERABILITY INDICATORS

Reineris Montero-Laurencio

Universidad de Moa. Centro de Estudios de Energía y Tecnología Avanzada de Moa. Autor de correspondencia: (reineris2014@gmail.com).

RESUMEN

La electrificación rural tiene una alta importancia ante la creciente efectos de la globalización, la cual concentra en las ciudades casi el 55 % de la población mundial. Por su parte, la población rural y aislada de los sistemas eléctricos, poseen un conjunto de características que requieren su estudio en relación con la energía que utilizan, lo cual favorecería los procesos de toma de decisiones en cuanto el acceso a la energía. El propósito de este trabajo es abordar los aspectos más relevantes que caracterizan la electrificación rural en Cuba. A partir de un análisis obtenido mediante intervenciones en Comunidades Rurales Aisladas, se presentan las particularidades en relación a la energía, donde se incluye la dinámica y perfil del consumo eléctrico. Se toman como referentes, cuatro comunidades de la provincia de Holguín en Cuba. Independiente de su situación geográfica, los escenarios de actuación del proyecto FRE local, han revelado que se pueden emplear diversas tecnologías de electrificación en función del potencial renovable existente, así como diferentes soluciones particulares con fuentes renovables de energía, las cuales en su conjunto favorecen el desarrollo local. Se mencionan los indicadores que

pueden describir la situación de vulnerabilidad energética existente y que responden a diferentes instituciones y enfoques. Son abordadas generalidades tecnológicas de la electrificación mediante el proyecto FRE local, las cuales se han basado fundamentalmente a Sistemas Fotovoltaicos Autónomos y Parques Solares Fotovoltaicos de conexión a red. Con el trabajo, se manifiestan ciertas regularidades referidas a: la existencia de solo el 20% de la población en Cuba en zonas rurales; el insuficiente acceso a la energía eléctrica transversaliza todos los aspectos socioeconómicos y socioculturales de las comunidades; se unen a la electricidad insuficiencias en el acceso al agua y a las propias localidades; antes de la electrificación a 24 h, solo el 20 % de los pobladores poseía el 80 % de los equipos eléctricos; se aprecian distintas dispersiones de las viviendas en las comunidades y el incremento del acceso a la energía mejora considerablemente el bienestar de las poblaciones, las cuales son la base para garantizar el desarrollo local en cada contexto.

Palabras clave: comunidades rurales aisladas, Cuba, electrificación rural, sistemas fotovoltaicos, vulnerabilidad energética.



APORTE DE LOS PEQUEÑOS RUMIANTES A LA SEGURIDAD Y SOBERANÍA
ALIMENTARIA EN LA MIXTECA OAXAQUEÑA

CONTRIBUTION OF SMALL RUMINANTS TO FOOD SECURITY AND FOOD
SOVEREIGNTY IN THE MIXTECA OAXAQUEÑA

Araceli Mariscal-Méndez, Alfonso Pedro Santos-Martínez[§], Héctor Maximino Rodríguez-Magadan,
Teódulo Salinas-Ríos, Magaly Aquino-Cleto, Jorge Hernández-Bautista

*Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Avenida
Universidad s/n, col. Cinco Señores, C.P. 68120. Oaxaca, México. [§]Autor de correspondencia:
(pedrosantostmz1995@gmail.com).*

RESUMEN

La producción de pequeños rumiantes (ovinos y caprinos) además de ser una actividad económica, es un soporte en los medios de vida en las comunidades rurales. El objetivo del presente trabajo fue analizar el aporte de los pequeños rumiantes a la seguridad y soberanía alimentaria en la Mixteca oaxaqueña. La información se obtuvo mediante el método de investigación social, tipo descriptivo y analítico transversal. Se emplearon técnicas de entrevista semiestructurada, observación participante, grupos focales e instrumentos como el cuestionario semiestructurado, diario de campo y herramientas participativas. Para identificar los sabedores claves, se utilizó un muestreo no probabilístico tipo intencional. La sistematización de la información obtenida se realizó de acuerdo con las dimensiones

de la seguridad alimentaria: acceso a los recursos, disponibilidad de alimentos, utilización de los recursos, estabilidad, percepciones y rol familiar. Se encontró que la ganadería ovina y caprina es una estrategia que le permite a los productores disponer de alimentos necesarios, siendo a su vez un sistema alimentario que se desarrolla bajos sus propios criterios, no obstante, en la región se enfrenta a diversos desafíos del cambio climático, lo que afecta la eficiencia productiva de las unidades de producción familiar, por ello la importancia de la innovación e introducción de tecnologías apropiadas para enfrentar a dicho fenómeno.

Palabras clave: caprinocultura, desarrollo rural, economía familiar, ovinocultura, producción campesina.



ESCARABAJOS RIZÓFAGOS (COLEOPTERA: MELOLONTHIDAE) DE IMPORTANCIA AGRÍCOLA Y SU RELACIÓN CON FACTORES EDAFOCLIMÁTICOS EN SANTA MARÍA TECOMAVACA

RHIZOPHAGOUS BEETLES (COLEOPTERA: MELOLONTHIDAE) OF AGRICULTURAL IMPORTANCE AND THEIR RELATIONSHIP WITH EDAPHOCLIMATIC FACTORS IN SANTA MARÍA TECOMAVACA

Axel Teodoro Cortes-Dávila^{1§}, Jesús Alberto Cruz-López², Salvador Lozano-Trejo¹, Ernesto Castañeda-Hidalgo¹, Antonio Martínez- Ruíz²

¹Tecnológico Nacional de México, Campus Valle de Oaxaca (ITVO), División de Estudios de Posgrado e Investigación (DEPI), Ex Hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca, México. C. P. 71233. ²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca. Melchor Ocampo No. 7, Santo Domingo Barrio Bajo, Villa de Etla, Oaxaca, México, C.P. 68200. [§]Autor de correspondencia: (axel87116@gmail.com).

RESUMEN

Se consideran plagas rizófagas aquellos insectos que llevan a cabo una parte o todo su ciclo de vida por debajo del suelo, alimentándose de las raíces. Dentro de este grupo, se encuentran las larvas de escarabajos conocidas como gallina ciega. Estas, provocan daños considerables a diversos cultivos de importancia agrícola. Para tratar la problemática de estos insectos en el municipio de Santa María Tecomavaca, Oaxaca, se diagnosticó la composición faunística de escarabajos adultos y de las larvas del estadio LIII del complejo gallina ciega asociado a cultivos de agave, limón y papaya. Además, se instalaron equipos con sensores de medición de variables edafoclimáticas (temperatura/humedad/precipitación) para determinar cuáles influyen en una mayor o menor emergencia de los escarabajos. Se colectaron larvas en las parcelas cavando cepellones aleatorios (10/parcela) de 40×40×40 cm en puntos con y sin vegetación. También, se capturaron escarabajos adultos por medio de trampas de luz blanca led, cada semana durante el periodo febrero-agosto 2024. Con las muestras recolectadas, se realizó la identificación taxonómica correspondiente. El total de escarabajos adultos recolectados fue de 1,303 (parcela agave = 983, parcela limón = 269

y parcela papaya = 51) en cada sitio de muestreo. Del total de estas especies, se identificaron 22 especies pertenecientes a 16 géneros diferentes, todas son de importancia agrícola. En cuanto a la riqueza, abundancia y diversidad de especies, las tres principales fueron *Diploaxis* sp. 1 (total/especie = 984, total/sexo = 284 machos-700 hembras), *Diploaxis* sp. 2 (total/especie = 220, total/sexo = 52 machos-168 hembras) y *Listrochelus cuicateca* (total/especie = 60, total/sexo = 19 machos-41 hembras). La colecta de larvas arrojó un total de 86 larvas pertenecientes a cuatro especies diferentes. Con relación a la medición de las variables edafoclimáticas, se observó que el 95 % de las especies, tuvieron mayores picos de emergencia durante los meses más lluviosos (junio, julio y agosto), excepto las dos especies de *Diploaxis*, debido a que emergieron durante todos los meses muestreados, lo que varió fue el número de escarabajos capturados/mes, influyendo en los picos de emergencia, una mayor humedad relativa (75 %), mayor humedad en el suelo (0.210 m³), mayor precipitación (15-20 mm/lluvia) y temperaturas entre los (20-35 C°).

Palabras clave: agave, escarabajos rizófagos, gallina ciega, trampas de luz blanca.



RESERVORIO DE CARBONO Y NITRÓGENO EN DIFERENTES SISTEMAS DE
PRODUCCIÓN EN SUBCUENCA RÍO COPALITA, OAXACA

CARBON AND NITROGEN RESERVOIR IN DIFFERENT PRODUCTION SYSTEMS IN THE
COPALITA RIVER SUB-BASIN, OAXACA

Celestino Sandoval-García^{1§}, Israel Cantú-Silva²

¹Universidad del Mar, campus Puerto Escondido (UMAR), Instituto de Industrias, Ciudad Universitaria, Carretera Vía Sola de Vega, Puerto Escondido, San Pedro Mixtepec, Juquila, Oaxaca, México C.P. 71985.

²Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Forestales, México (UANL). Carretera Nacional 85, Km. 145, Linares, Nuevo León, México. C.P. 67700. §Autor de correspondencia: (celestinosandoval@gmail.com).

RESUMEN

Los cambios de uso de suelo constituyen disturbios y diversas implicaciones que influyen en los componentes y propiedades de los suelos. La investigación se realizó con el objetivo de evaluar el contenido y reserva de carbono orgánico, nitrógeno y materia orgánica, en diferentes usos del suelo: pastizal, agrícola, plantación de pino, bosque de pino (control) y agropecuario, en la microcuenca Río La Venta, Copalita, Oaxaca, México. Se recolectaron cuatro muestras compuestas por cada uso de suelo, a dos profundidades (0-10 y 10-30 cm); para determinar el contenido de materia orgánica del suelo (MOS), carbono orgánico del suelo (COS, % y Mg ha⁻¹) se utilizó el método de Walkley/Black y para evaluar el nitrógeno total (Nt) fue mediante el método de Kjeldahl y se estimó la relación C:N. Las variables evaluadas se analizaron estadísticamente utilizando un arreglo factorial con un diseño completamente al azar, usos de suelo y profundidad con cuatro repeticiones. Los resultados del contenido de

materia orgánica, reserva de COS y Nt para la profundidad de 0 a 10 cm fueron de 9.5, 5.33-0.35 % y 55.11-3.69 Mg ha⁻¹ (agrícola), 10.95, 6.39-0.44 % y 50.59-3.50 Mg ha⁻¹ (plantación de pino), 11.47, 6.69-0.44 % y 66.01-4.36 Mg ha⁻¹ (agropecuario), 14.42, 8.37-0.50 % y 64.98-3.82 Mg ha⁻¹ (pastizal), 15.75, 9.11-0.54 % y 56.91-3.39 Mg ha⁻¹ (bosque de pino), respectivamente. Para la profundidad de 10-30 cm se observó que los valores disminuyeron debido probablemente al menor contenido de materia orgánica. Los valores promedio de relación C:N variaron de 14.21 a 17.1 en ambas profundidades. Se concluye que los cambios de uso de suelo propician una disminución en el COS y Nt del suelo, por lo que es importante mantener la cobertura forestal mediante prácticas de manejo como la silvicultura comunitaria, lo cual permitirá la conservación de los bosques y la disposición de materia orgánica en el suelo.

Palabras clave: agropecuario, bosque de pino, materia orgánica, pastizal, uso agrícola.



LA CROMATOGRAFÍA COMO HERRAMIENTA EN EL DIAGNOSTICO DE SUELOS CAFETALEROS EN LA NUEVA ESPERANZA, PUTLA

CHROMATOGRAPHY AS A TOOL IN THE DIAGNOSIS OF COFFEE SOILS IN NUEVA ESPERANZA, PUTLA

Rosalía Ortiz-Heraz¹, Edilberto Aragón-Robles^{2§}, Lina Pliego-Santillán², Gustavo Omar Díaz-Zorrilla²

^{1,2}Estudiante, investigador, Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. [§]Autor de correspondencia: (edilberto.ar@voaxaca.tecnm.mx).

RESUMEN

Los suelos cafetaleros es unos de los parámetros más importantes para la caficultura ya que se están presentando amenazas sobre el cambio del uso de suelos afectando la diversidad dentro dicho agroecosistema etc. La presente investigación se desarrolló en la localidad de la Nueva Esperanza, se muestreo tres parcelas diferentes, de cada parcela se obtuvo tres muestras con tres repeticiones en el periodo agosto -diciembre 2023; el objetivo fue determinar los componentes del suelo, los minerales, materia orgánica y los microorganismos de las tres parcelas diferentes, siguiendo la técnica de la cromatografía, en el cual se utilizó la metodología de Pfeiffer (1984), aplicando una solución de Hidróxido de sodio (NaOH) preparada al 1 %, suficiente para solubilizar las sustancias nitrogenadas del metabolismos de los microorganismos presentes, al ser expuestos sobre papel filtro especial impregnado con el nitrato de plata revelando una serie de colores distintos y

específicos, que permite evaluar los minerales y la oxigenación que existen en el suelo. La cromatografía se aplicó con intervalo de tiempo de un mes, incorporando abonos orgánicos (bocashi) y biol, para observar la importancia de incorporar abonos orgánicos en el suelo, mejorando las propiedades físicas - químicas, textura, color y pH, al inicio se obtuvo un pH extremadamente ácidos de 3.5 a 4.5, con una textura francos arcillosos, como resultados obtenidos fue que al incorporar materia orgánica incrementa la salud del suelo y mejorando las propiedades físicas y químicas, con un aumento de pH de 10 unidades, aumentando la materia orgánica, minerales y la oxigenación. En conclusión, es una técnica fotográfica que los productores pueden interpretar fácilmente los resultados, sin la utilización de análisis estadístico, es económica y es un método rápido para diagnosticar la sanidad de cualquier tipo de suelos.

Palabras clave: hidróxido de sodio, minerales, microorganismos, nitrato de plata.



AGRICULTURA SINTRÓPICA; UNA EXPERIENCIA COMO AGROECOSISTEMA EN LOS VALLES CENTRALES DE OAXACA

SYNTROPIC AGRICULTURE; AN EXPERIENCE AS AN AGROECOSYSTEM IN THE CENTRAL VALLEYS OF OAXACA

Cecilia Solis-Lopez¹, Ernesto Castañeda-Hidalgo^{§2}, Gisela Margarita Santiago-Martínez², Salvador Lozano-Trejo², José Cruz Carrillo-Rodríguez ², Martha Patricia Jerez-Salas²

^{1,2}Estudiante, investigador, Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca.

[§]Autor de correspondencia: (casta_h50@hotmail.com).

RESUMEN

La agricultura sintrópica se define como un sistema de abundancia que se rige por principios de sucesión natural acorde a lo propuesto por Göstch (1979). Se basa en la relación funcionalidad/instrumentalidad de los elementos que integran el agroecosistema, un enfoque en donde se modelan las condiciones e intereses de lugares específicos con el fin de regenerar suelos y recuperar biodiversidad. El principio se aplica para atenuar los grandes problemas en la agricultura generados por el mal uso de los recursos naturales y por el despliegue de herramientas y tecnologías modernas; por lo que es importante generar estrategias que armonicen la producción con las dinámicas del medio ambiente. Para ello se estableció una parcela de evaluación en el 2020 en San Jerónimo Tlacoahuaya, Oaxaca; de 3000 m² en condiciones de clima semicálido; con el objetivo de evaluar los principios adaptados a diferentes enfoques de producción, mediante la evaluación de variables edáficas, rendimiento y riqueza de biodiversidad en comparación con un sistema convencional. Se trabajó en tres secciones, una con 65 especies bajos diferentes sistemas de cultivos

hortícolas (27), cultivos anuales (7) y plantas medicinales (16), y entre estas se colocaron líneas de plantas de servicio/biomasa (15) como barreras entre las secciones productivas; más una zona testigo bajo manejo tradicional. Para el 2023, se realizaron los primeros análisis químicos de suelo de las tres secciones para conocer su estado actual. Se encontraron contenidos de materia orgánica (MO) entre 3.1 y 3.5%; el fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), azufre (S) y boro (B) se encuentran con niveles óptimos, mientras que los micronutrientes se encuentran en nivel medio, sin diferencias aún entre zonas, pero si con el testigo. El pH de las tres zonas fue ligeramente alcalino (8.3), por lo que se deben analizar los factores de procedencia y aplicar enmiendas orgánicas. Actualmente se tienen las muestras para análisis físico-químicos de todos los parámetros y se continúa con la investigación en el sitio para conocer los beneficios que genera la agricultura sintrópica, así como los retos a los que se enfrenta por las condiciones climáticas del sitio.

Palabras clave: biomasa, funcionalidad, regeneración, semicálido, sucesión natural.



CONSERVACIÓN DE MAÍZ NATIVO EN COMUNIDADES DEL MUNICIPIO DE HOPELCHÉN, CAMPECHE

CONSERVATION OF NATIVE CORN IN COMMUNITIES OF THE MUNICIPALITY OF HOPELCHÉN, CAMPECHE

Vanessa Vianey Espejo-Dzib, Yesenia del Carmen Briceño-Velazquez, Pedro Salvador-Morales[§], Mónica Beatriz López-Hernández, Enrique Arcocha-Gómez, José Manuel Anchevida-Varguez, Miguel Ángel Gómez-Jiménez, Miguel Arcángel Burgos-Campos

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de China Calle 11 S/N entre 22 Y 28, Chiná, Campeche. México. [§]Autor de correspondencia: (pedro.sm@china.tecnm.mx).

RESUMEN

La Milpa Maya es considerada como un sistema agrícola ancestral aplicado en la tradición cultural de las comunidades indígenas mayas, la cual consiste en la siembra asociada de un maíz nativo, frijol y calabaza. Este método de cultivo ha persistido a lo largo de los siglos, no solo es parte de una práctica para la obtención de alimentos, sino que también demuestra que tiene una profunda conexión con la tierra, las tradiciones y conservación de las especies. El objetivo principal del presente estudio fue conocer el estado de conservación de las especies de maíz nativo en las comunidades del municipio de Hopelchén, Campeche. El trabajo se realizó en coordinación con la secretaria de agricultura del Estado Campeche, los participantes fueron beneficiarios del programa Producción para el Bienestar que se caracterizan por cultivar maíz asociado con frijol y calabaza, se diseñó y aplicó una encuesta a cuatro productores de la comunidad de Chan-Chen, 12 de Pachuitz, uno de Ukum, uno de Xmabén y cinco de Chunchintok, la información recabada fue analizada mediante estadística descriptiva. Los

resultados indican que se encontraron 11 variedades de maíz nativo, de los cuales el maíz San Pableño Blanco representó el (22 %), X'mején Naal (14 %), San Pableño amarillo (12 %), Sak Tux (12 %), Dzit Bacal (10 %), Naal Xoy (5 %), Chac Chu ub (3 %), Santa Rosa (3 %), Eh hu (3 %), Clavo Chiapaneco (2 %), según los agricultores, es tradición que las semillas de estas variedades se hereden a los hijos para su preservación. Se pudo observar que el total de los productores conservan su semilla en una estructura denominada troje, en estos espacios se almacena las mazorcas completas, tal como se cosecharon, las cuales sirven para su autoconsumo y la siembra del siguiente ciclo de cultivo. En las comunidades en estudio, se ha logrado mantener este tipo sistema de milpa por cientos de años, pasando de generación en generación hasta nuestros tiempos, por lo que es importante mantener activo este conocimiento que es la base de la producción de alimento en las comunidades y un banco de material genético.

Palabras clave: conservación de semilla, maíz nativo, milpa maya, variedades de maíz.



EVALUACIÓN *in vitro* DE *Trichoderma* spp. CONTRA *Fusarium* spp. QUE AFECTAN HUERTAS DE PLÁTANO

In vitro ASSESSMENT OF *Trichoderma* spp. AGAINST *Fusarium* spp. AFFECTING BANANA PLANTATIONS

Francisco Javier Delgado-Virgen^{1§}, Selene Yubetsi Pelayo-Ibarra¹, María Daniela Delgado-Calvario¹, Efrén Neftalí Padilla-Bargas¹, Manuel de Jesús Bermúdez-Guzmán², Claudia Lizette Torres-Bracamontes¹, Ana Cecilia Ramírez-López¹, Luis Enrique Gómez-Sánchez³

¹Tecnológico Nacional de México - Colima. Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica: Av. Tecnológico No. 1, Col. Liberación, Villa de Álvarez, Colima. ²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Campo Experimental Tecmán. Km. 35 Carretera Colima-Manzanillo. Tecmán, Colima. ³Instituto Tecnológico Superior de Coalcomán. Departamento de Ingeniería en Innovación Agrícola Sustentable. Av. Tecnológico #371 Col. Emiliano Zapata. Coalcomán, Michoacán. [§]Autor de correspondencia: (fdelgado@colima.tecnm.mx).

RESUMEN

Una de las principales enfermedades que afectan el cultivo de plátano en el mundo es el Mal de Panamá, causada por *Fusarium oxysporum* f. sp. cubense; sin embargo, otras especies de dicho género suelen causar enfermedades adicionales como la pudrición de la corona, que también inciden en el rendimiento y manejo postcosecha de este cultivo. Los agentes de control biológico, como las especies hiperparásitas competitivas del género *Trichoderma*, constituyen una alternativa al uso de agroquímicos para el control de las enfermedades causadas por hongos fitopatógenos. El presente trabajo se realizó en el 2024 con el objetivo de evaluar la efectividad de cinco aislados del género *Trichoderma* para inhibir el crecimiento de 18 aislados del género *Fusarium*, todos obtenidos de muestras provenientes de plataneras de la costa del estado de Colima. Se realizaron confrontaciones por triplicado entre cada aislado de *Trichoderma* y los 18 aislados de

Fusarium en Agar Papa Dextrosa, evaluando el porcentaje de inhibición a los 7 días de incubación a 28 °C. Los datos se sometieron a un análisis de varianza de dos vías (bifactorial). No hubo diferencia significativa en el porcentaje de inhibición promedio alcanzado por los cinco aislados de *Trichoderma*, el cual rondó el 50 %; sin embargo, los aislados F61, F67 y F162 mostraron una inhibición significativamente menor, con valores promedio de 38 %; mientras que los aislados F38 y F156 mostraron una gran dispersión, al presentar porcentajes de inhibición en un rango de 10 a 65 % entre repeticiones. Los 5 aislados de *Trichoderma* inhibieron en promedio un 55 % el crecimiento de F158, el cual fue identificado molecularmente como *Fusarium oxysporum* f. sp. cubense. Actualmente se trabaja en la caracterización molecular del resto de los aislados empleados.

Palabras clave: biocontrol, fitopatógenos, inhibición.



EVALUACIÓN DE HERBICIDAS EN EL CULTIVO DE CHÍA (*Salvia hispanica*) EN LOS ALTOS DE JALISCO, MÉXICO

HERBICIDES EVALUATION IN CHIA (*Salvia hispanica*) IN LOS ALTOS OF JALISCO, MEXICO

Martín Molina-Valenzuela¹, Susana Elisabeth Ramírez-Sánchez^{2§} Primitivo Díaz-Mederos², José Luis Arispe-Vázquez³

¹Tecnológico Mario Molina Y Pascal, Campus Zapotlanejo. Av. Tecnológico No. 300, Predio Huejotitán, C.P. 45430 Zapotlanejo, Jalisco México. ^{2,4}Instituto Nacional de Investigación Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Av. Biodiversidad No. 2470, C.P. 47714, Tepatitlán de Mólelos, Jalisco México. ³INIFAP, C.E. Iguala, Guerrero, Tuxpan 10, Las Américas II, Iguala de la Independencia. C.P. 40054. [§]Autor de correspondencia: (maria.pl@voaxaca.tecnm.mx).

RESUMEN

Jalisco es uno de los estados con mayor producción de chía (*Salvia hispanica*) siendo la región Los Altos uno de los mayores productores. Una de sus problemáticas es el control de malezas, el control de estas se realiza con glifosato y debido a que existe una posible prohibición se tiene que buscar otras opciones, por esto, el objetivo de este trabajo es probar otros herbicidas que sean aptos para el cultivo de chía. En este ensayo se utilizó Oxifluorfenó, Sulfentrazone, Clethodim + Bentazon y extracto de ajo al 50 %, se realizó en campo abierto en parcelas de 10 m² con cuatro repeticiones con un testigo enmalezado, se evaluó la fitotoxicidad al cultivo y a la maleza. El muestreo fue totalmente al azar, con ayuda de un cuadrante de un m². Se identificaron taxonómicamente las malezas clasificándolas en hoja ancha, *Amaranthus hybridus* L, *Titonia* sp, y hoja angosta *Cyperus esculentus* L. y *Commelina diffusa* Burn. Los resultados muestran el control más efectivo sin fitotoxicidad al cultivo con la mezcla de Clethodim + Bentazon, en dosis

recomendada en la etiqueta de 1 L 1.5 L⁻¹ respectivamente por hectárea con mayor control de hoja angostas. Con la dosis de Clethodim 1.5 L + Bentazon 2 L ha⁻¹ se controló en su mayoría a las malezas de hoja ancha. El control más efectivo fue Clethodim + Bentazon con una efectividad de control del 94.5 %, en hoja ancha y un control del 95.9 % de control en hoja angosta, y no presentó fitotoxicidad en el cultivo y se encontró que algunas especies de hoja angosta solo tenían necrosis, en áreas pequeñas, sin llegar a secar en su totalidad. Al contrario, Oxifluorfenó y Sulfentrazone los cuales fueron fitotóxicos para *S. hispanica* de un 99 % y presentaron una efectividad del 99.9 % y 98.9 % de control en hoja ancha correspondientemente, Oxifluorfenó presentó un control del 96.9 % de control en hoja angosta y Sulfentrazone presentó un 97.2 % de control, estos se descartan por la fitotoxicidad en *S. hispanica*. El extracto de ajo no fue efectivo.

Palabras clave: control de herbicidas, fitotoxicidad, extracto de ajo.



USO DE ADYUVANTES EN HERBICIDAS PARA EL CONTROL DE ARVENSES EN EL CULTIVO DE LIMÓN

USE OF ADJUVANTS IN HERBICIDES FOR WEED CONTROL IN LEMON CROP

Emiliano Gaona-Ocampo¹, José Luis Arispe-Vazquez^{2§}, Susana Elizabeth Ramírez-Sánchez³, Leslie Carnero-Avilés⁴, Roció Toledo-Aguilar², David Heriberto Noriega-Cantú², José Francisco Díaz-Nájera⁵, Maricela Apáez-Barrios⁵, Sergio Ayvar-Serna⁵, José Terrones-Salgado⁶

^{1,5}Estudiante, investigador, Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero, Iguala de la Independencia, Guerrero, México. C. P. 40000. ²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Iguala. Km 2.5 Carretera Iguala-Tuxpan, Colonia Centro Tuxpan C. P. 40000, Iguala de la Independencia Guerrero, México. ³INIFAP, Campo Experimental-Centro Altos de Jalisco. Av. Biodiversidad 2470 CP. 47600. Tepatitlán de Morelos, Jalisco. México. ⁴INIFAP, Km 2 Carretera Delicias-Rosales, Poniente C.P. 33000, Ciudad Delicias Chihuahua, México. ⁶Decanato de Ciencias de la Vida y la Salud, Escuela de Ingeniería en Agronomía, Centro de Investigación en Horticultura y Plantas Nativas, UPAEP University, 21 sur No. 1103, Puebla, Puebla CP. 72410, México. [§]Autor de correspondencia: (arispe.jose@inifap.gob.mx).

RESUMEN

El uso adecuado de adyuvantes no solo tiende a mejorar la eficacia de los herbicidas, sino que también puede optimizar la absorción y translocación de los principios activos en las plantas. Sin embargo, es importante considerar que, en determinadas situaciones, el adyuvante puede provocar efectos antagónicos. El objetivo de la investigación fue evaluar tres diferentes adyuvantes como potencializadores de herbicidas para el control de arvenses en el cultivo de limón. La investigación se realizó en agosto del 2024 en una parcela de cultivo de limón mexicano en el INIFAP-CEIGUA. El diseño del experimento incluyó la evaluación de arvenses (Johnson y Estrella) con una altura entre 10 cm y 20 cm. En total, se establecieron 30 tratamientos distintos, cada uno con cuatro repeticiones. La unidad experimental tubo una dimensión de 4 × 5 m y el diseño fue en bloques al azar. Para medir la

efectividad de los tratamientos en las arvenses se utilizó la propuesta de la European Weed Research Society (EWRS) durante dos semanas. Los resultados se evaluaron en porcentaje, se realizó un análisis de varianza y la prueba de comparación de medias (Tukey, $\alpha \leq 0.05$), mediante SAS versión 9.4. Los adyuvantes que sobresalieron en este estudio fueron el que está fabricado a base de la mezcla de tensoactivos, mezcla de acidificantes, orgánicos e inorgánicos, ácidos fúlvicos, potencializadores, diluyentes y elementos relacionados y el de a base de aceite vegetal y siloxano óxido de polialquileño ($p = 0.0001$). A la fecha, los tratamientos que presentaron un mayor efecto de control de arvenses al usar la dosis al 50 % + los adyuvantes, fue al usar el glifosato, el glufosinato de amonio y en bioherbicidas BH2, BH3 y BH2+ BH3.

Palabras clave: dosis, efectividad, maleza.



EVALUACIÓN DE DIETAS DE ALTO RENDIMIENTO EN POLLOS DE ENGORDA

EVALUATION OF HIGH PERFORMANCE DIETS IN BROILERS

Francisco Peralta-Díaz^{1§}, María Isabel Pérez-León², Yuri Villegas-Aparicio², Alejandro Miguel Aragón-Calvo³, Gerardo Rodríguez-Ortiz², Rosa María Gómez-Ugalde²

^{1,2}Estudiante, investigador, TecNM, Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, Ex-Hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca, México. CP 71230. ³Gerente general Grupo SEPROAX S.A. de C.V. km 17, Carretera Internacional, San Francisco Lachigoló, 70424 Oaxaca de Juárez, Oaxaca. [§]Autor de correspondencia: (MI6920121@voaxaca.tecnm.mx).

RESUMEN

A nivel mundial se estiman 137,98 millones de toneladas métricas producidas de carne de pollo, lo cual brinda proteína animal a menor costo en comparación con otras especies pecuarias, sin embargo, es importante cubrir la nutrición de los pollos desde el inicio de la engorda para eficientar la producción ya que la alimentación llega a representar más del 60 % del costo total de producción. El objetivo fue evaluar eficiencia productiva y económica de dietas con diferentes niveles nutricionales en aves de engorde en la etapa de iniciación (21 días). Las dietas fueron: A (19 % PC, 3000 kcal), B (21% PC, 3000 kcal), C (20 % PC, 3000 kcal) y D (21 % PC, 3200 kcal). Se realizó la evaluación en la empresa SEPROAX S.A. de C.V. ubicada en San Francisco Lachigoló, Oaxaca durante un periodo de 21 días, con 480 pollos Ross 308, siendo 120 pollos para cada uno de los 4 tratamientos, con 3 repeticiones alojando 40 pollos por espacio. Las variables evaluadas fueron: peso del individuo, consumo de alimento, ganancia de peso, conversión alimenticia, eficiencia

alimenticia, mortalidad y costos de alimentación para obtener un kg de peso vivo. Se realizó análisis de varianza y la prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) con el paquete estadístico SAS 9.4. En la etapa de iniciación se obtuvo diferencia significativa ($p < 0.05$) con la dieta C en consumo de alimento individual (690.3 g) y ganancia de peso individual (482.7 g), se encontraron valores mayores para consumo de alimento individual en las dietas B (753.6 g) y D (773.27 g) y ganancia de peso 753.6 y 773.27 g respectivamente; con la dieta C se obtuvo conversión y eficiencia alimenticias de 1.47 y 0.69, el costo de alimentación resultó ser más bajo (\$14.34) a comparación de las demás dietas evaluadas y la mortalidad fue de 1.66 %, para los tratamientos A (8.33 %), B (10 %) y D (4.16 %) se elevó. Los pollos de engorde alimentados con la dieta que contenía 20 % PC, 3000 kcal alcanzó un mejor desempeño productivo y económico en etapa de iniciación.

Palabras clave: eficiencia alimenticia, iniciación, nutrición avícola, Ross 308.



APORTACIÓN DEL MIAF A LA DE SEGURIDAD ALIMENTARIA Y ECONOMÍA LOCAL EN LA MIXTECA OAXACA

CONTRIBUTION OF THE MIAF TO FOOD SECURITY AND LOCAL ECONOMY IN MIXTECA OAXACA

Carlos Gerardo Hernández-Aguilar^{1§}, Gisela Margarita Santiago-Martínez¹, Ernesto Castañeda-Hidalgo¹, Salvador Lozano-Trejo¹, Martha Patricia Jerez-Salas¹, Juan Regino-Maldonado²

¹Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca (ITVO). Ex Hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca, México. C.P. 71230. ²Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Oaxaca (CIIDIR), Calle Hornos 1003, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca. 71233. [§]Autor de correspondencia: (aguilarc_92@hotmail.com).

RESUMEN

La milpa intercalada con árboles frutales (*MIAF*), es un sistema que provee alimentos e ingresos monetarios en el medio rural. Sin embargo, se desconoce la aportación del sistema a la alimentación y los beneficios que genera monetariamente. El objetivo fue analizar la aportación del sistema *MIAF* a la seguridad alimentaria y economía local en comunidades rurales en Oaxaca, México. El estudio se realizó en tres comunidades pertenecientes al distrito de San Pedro y San Pablo Teposcolula en Oaxaca. A una muestra de 40 campesinos se les aplicó una entrevista semiestructurada. Se aplicó análisis de correlación de Spearman y Análisis de Grupos Jerárquicos (*AGJ*). Los resultados muestran correlación entre la superficie de siembra del productor (ha), con el número de árboles frutales después de establecer su sistema ($r = 0.69$; $p < 0.01$), indicando que se ha generado un alto impacto en la implementación del *MIAF*, y los beneficios que se reflejan en la seguridad alimentaria local ($r = 0.35$; $p < 0.01$), es decir que, a mayor superficie, las familias obtienen una

diversidad de productos como maíz, frijol, calabaza y frutas para autoconsumo. Los resultados muestran correlación con los empleos que se han generado en las familias ($r = 0.55$; $p < 0.01$), esto indica que, a mayor establecimiento de este sistema, las familias se benefician con la generación de empleos para tener ingresos que les permiten adquirir alimentos para complementar su canasta básica. La comercialización de excedentes, muestra relación negativa con los ingresos monetarios, debido a que no existe una comercialización de venta, si no un intercambio de forma cultural entre productos, sin asignar un valor monetario para venta. ($r = -0.41$; $p < 0.05$, haciendo que exista una complementación en la adquisición de productos para su alimentación. Se concluye que el *MIAF* contribuye a la seguridad alimentaria local, mediante la obtención de alimentos en cuanto a acceso, disponibilidad y estabilidad. Además, con los excedentes se practica culturalmente el trueque de productos sin asignar valor monetario, lo cual complementa la adquisición de productos de la canasta básica.

Palabras clave: alimentación, comercialización, productor.



DIAGNÓSTICO DEL POTENCIAL TURÍSTICO DE CUILAPAM DE GUERRERO, OAXACA

DIAGNOSIS OF THE TOURISM POTENTIAL OF CUILAPAM DE GUERRERO, OAXACA

Oscar Clemente-Herrera¹, María Isabel Pérez-León^{1§}, José Pérez-Castellanos², Rodolfo Benigno de los Santos-Romero¹, Ernesto Hernández-Santiago¹, Rosa María Gómez-Ugalde¹

¹Tecnológico Nacional de México, campus Valle de Oaxaca, Ex-Hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca, México. 71230. ²Director de Ecología, H. Ayuntamiento de Cuilapam de Guerrero, Oaxaca. 71400. [§]Autor de correspondencia: (maria.pl@voaxaca.tecnm.mx).

RESUMEN

El objetivo fue identificar atractivos ecoturísticos, culturales y agropecuarios en el municipio de Cuilapam de Guerrero, Oaxaca con potencial turístico. Se realizaron recorridos de campo en la parte alta, media y baja de la comunidad, fueron georreferenciadas rutas turísticas y con Google Earth se corroboraron, con la plataforma ArcGIS se visualizaron las estaciones dentro del polígono de la comunidad, con QGIS se georeferenciaron los puntos para el plano final. Se aplicó el cuestionario identificación de potencialidades turísticas en regiones y municipios, considerando los componentes principales del mercado y dimensiones: recursos naturales, culturales, equipamientos turísticos, instalaciones e infraestructura y mercado, y se identificó el estatus actual; la información fue sistematizada y socializada con la comunidad, autoridades e integrantes del NODESS “Manejo integral de cuencas N2022000024. La técnica de evaluación de los recursos turísticos fue la de jerarquía 0 = atractivos sin méritos, I = recursos considerados

patrimonio, pero sin la capacidad de atracción de un mercado o demanda turística bien definida y 2 = productos turísticos que atraen un mercado turístico con apoyo de Microsoft Excel. Se identificaron nueve estaciones turísticas: Exconvento, mercado gastronómico, baratillo, “Casa del abuelo”, “Bambú”, “Rosita”, “Loma larga”, “Vivero” y “Galera”. Los principales productos turísticos son: cultural (patrimonio, convento, tradiciones, folklore, manifestaciones culturales, acontecimientos programados), rural (agroturismo) y de naturaleza. Se requieren acciones para fortalecer el cuidado de los recursos naturales, servicios a turistas y la organización social; la planeación y gestión de recursos resulta indispensable para un turismo sostenible. En Cuilapam de Guerrero, Oaxaca bajo el enfoque de economía social y solidaria permitirá trabajar el turismo comunitario en armonía con la naturaleza, que garantice el máximo beneficio y respeto de los recursos, tradiciones y cultura.

Palabras clave: economía social y solidaria, ecoturismo, turismo sostenible.



USO DE ADYUVANTES EN HERBICIDAS PARA EL CONTROL DE ARVENSES EN EL CULTIVO DE MAÍZ

USE OF ADJUVANTS IN HERBICIDES FOR WEED CONTROL IN CORN CROP

Emiliano Gaona Ocampo¹, José Luis Arispe-Vazquez^{2§}, Susana Elizabeth Ramírez-Sánchez³, Leslie Carnero- Avilés⁴, Roció Toledo-Aguilar², David Heriberto Noriega-Cantú², José Francisco Díaz-Nájera⁵, Maricela Apáez-Barrios⁵, Sergio Ayvar-Serna⁵, José Terrones Salgado⁶

^{1,5}Estudiante, investigador, Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero, Iguala de la Independencia, Guerrero, México. C. P. 40000. ²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Iguala. Km 2.5 Carretera Iguala-Tuxpan, Colonia Centro Tuxpan C. P. 40000, Iguala de la Independencia Guerrero, México. ³INIFAP, Campo Experimental-Centro Altos de Jalisco. Av. Biodiversidad 2470 CP. 47600. Tepatitlán de Morelos, Jalisco. México. ⁴INIFAP, Km 2 Carretera Delicias-Rosales, Poniente C.P. 33000, Ciudad Delicias Chihuahua, México. ⁶Decanato de Ciencias de la Vida y la Salud, Escuela de Ingeniería en Agronomía, Centro de Investigación en Horticultura y Plantas Nativas, UPAEP University, 21 sur No. 1103, Puebla, Puebla CP. 72410, México. [§]Autor de correspondencia: (arispe.jose@inifap.gob.mx).

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto del aceite de parafina y una mezcla de tensioactivos solubles en aceite (APMT) y aceite vegetal más siloxano óxido de polialquilenol (ASOP) como adyuvantes para potencializar herbicidas para el control de malezas (*Melochia nodiflora* y *Cynodon* sp.) en el cultivo de maíz. Se realizaron un total de distintos tratamientos, los cuales incluyeron herbicidas sintéticos químicos y un bioherbicida, cada uno con tres réplicas, la dosis fue del 100 %, 50 % y 50 % más uno de los dos potencializadores en estudio. El diseño fue en bloques al azar con arreglo factorial: A (productos) con 7 niveles, B (coadyuvantes) con 4 niveles y C (fechas de evaluación) con cinco niveles, cada bloque constó de un área de 4 m de ancho por 3 m de largo (con tres replicas cada tratamiento). La evaluación se realizó de forma periódica, cada semana (cinco evaluaciones), se utilizó la escala propuesta por Sociedad Europea de Investigación en Maleza (EWRS). Los resultados fueron en porcentajes y se realizó un análisis factorial y la prueba de comparación de medias con Tukey ($\alpha \leq 0.05$), utilizando el software SAS. En el factor

A, los mayores efectos de control correspondieron al glifosato, BH2, y dicamba + atrazina con una media de 92.4, 81.0 y 65.7 %, respectivamente. En el factor B, los resultados más altos fue con dosis del 50 % de los herbicidas en estudio más los potencializadores, principalmente con APMT y posteriormente el ASOP con 54.171 % y 52.87.6 %, respectivamente. Los datos más bajos fueron al usar solo la dosis del 50 % del herbicida. Para el factor C, los tratamientos presentaron su mayor efectividad durante la tercera evaluación. El uso del aceite de parafina y una mezcla de tensioactivos solubles en aceite mejoró el efecto de control de malezas al usar herbicidas al 50 %, tales como: glufosinato de amonio, dicamba + atrazina, carfentrazon etil y el glifosato, sobresaliendo al usar dicamba + atrazina, en cambio el uso del aceite vegetal más siloxano óxido de polialquilenol mejoró el efecto del 2,4-D + carfentrazon etil y BH2. El uso de potencializadores en herbicidas puede ofrecer múltiples beneficios, pero también plantea desafíos que deben ser abordados para maximizar su efectividad y sostenibilidad.

Palabras clave: arvenses, efectividad, potencializadores.



EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DE HÍBRIDOS DE *Solanum lycopersicum* EN UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN ALTERNATIVO EN CONDICIONES DE INVERNADERO

TECHNICAL AND ECONOMIC EVALUATION OF *Solanum lycopersicum* HYBRIDS UNDER ALTERNATIVE PRODUCTION SYSTEM IN GREENHOUSE CONDITIONS

Teresa de Jesús Nereida Hernández-Salinas¹, Gabriel Córdova -Gámez², Graciela Zárate-Altamirano², Lina Pliego-Marín^{2§}

^{1,2}Estudiante, investigador, Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. Ex Hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oax. 71233, Santa Cruz Xoxocotlán, Oax. [§]Autor de correspondencia: (linapliego@hotmail.com).

RESUMEN

Solanum lycopersicum, es de las hortalizas más cultivadas y de importancia económica en el mundo. En México ocupa el décimo lugar en producción de tomate fresco posicionándolo como el tercer producto más exportado del país, siendo este cultivo quien convierte a México en el principal exportador mundial con 1.5 millones de toneladas al año, que corresponde el 50 % de la producción total del país. A fin de generar sistemas de producción redituables y con el mínimo impacto ambiental se evaluaron cuatro híbridos de tomate indeterminado analizando sus caracteres fenológicos y agronómicos, calidad del fruto y de resistencia a plagas, estableciéndose un experimento totalmente aleatorizado con 10 repeticiones. Los híbridos de tomate seleccionados fueron: Cid, Sun, Vikingo y Reserva. Se utilizó un sistema de riego por goteo y acolchado; aplicando fertilizantes orgánicos como supermagro mezclado con humatos, microorganismos de montaña y abono de gallinaza; además se utilizaron fertilizantes líquidos no orgánicos, insecticidas y fungicidas para el control del cultivo. Plantas de los híbridos

Vikingo, Reserva y Sun, tuvieron la capacidad de formar un mayor número de racimos (11-13) y fueron superiores a los detectados en Sun (6). El híbrido Vikingo mostró frutos con mayor peso, pero en el caso de otras variables relacionadas con las características del fruto no hubo diferencias significativas. El híbrido Vikingo presentó mayor resistencia a plagas en follaje y frutos de hasta 126 g y sin frutos anormales como se presentan en el híbrido Cid. El híbrido Sun, mostró resistencia a plagas, pero fue vulnerable al ataque de araña roja. El híbrido reserva presentó ataques de gusano de alambre en racimos cercanos al suelo. En la producción de los híbridos evaluados se obtuvo una relación beneficio-costos de 5.1, esto aunado al manejo dado al cultivo, este sistema de producción es una buena opción para productores interesados en sistemas alternativos de producción que busca un balance entre rendimiento y el uso de insumos amigables con el medio ambiente.

Palabras clave: gallinaza, humatos, sistemas producción, supermagro, tomate.



MANEJO DEL AGROECOSISTEMA PAPAYA EN LA COSTA DE OAXACA

MANAGEMENT OF THE PAPAYA AGROECOSYSTEM ON THE COAST OF OAXACA

Arturo De la Rosa-Galindo¹, Eduardo Pérez-Campos², Mónica Pérez-Nicolás^{1§}, Pedro Cisneros-Saguilán¹,
Alfredo Paulo-Maya³, Juan de Dios Ruiz-Rosado⁴, Margarito Martínez-Cruz²

¹Instituto Tecnológico de Pinotepa, Avenida Tecnológico No. 1155, Sección Primera, Colonia La Soledad, Pinotepa Nacional, Oaxaca. C.P. 71602. ²Instituto Tecnológico de Oaxaca: Avenida Ing. Víctor Bravo Ahuja No. 125 Esquina Calzada Tecnológico. C.P. 68030. ³Division of Nephrology and Hypertension, Nationwide Children's Hospital: Columbus, OH 43205, USA. ⁴Universidad Autónoma de México, Departamento de Historia y Filosofía de la Medicina, Facultad de Medicina, Avenida Universidad 3000, Ciudad de México. C.P. 04510. [§]Autor de correspondencia: (monica.pn@pinotepa.tecnm.mx).

RESUMEN

Oaxaca es uno de los principales productores de papaya, los municipios con mayor producción son Villa de Tututepec de Melchor Ocampo y Santa María Huazolotitlán. El agroecosistema de papaya ha sido poco estudiado, por lo que el objetivo fue describir la fenología, el proceso de producción y las prácticas de manejo de los productores. En el periodo de octubre 2023 a octubre 2024 se implementó un monitoreo de actividades diarias en tres huertas, entrevistas semiestructuradas y abiertas a 19 jornaleros en cada sitio para registrar las etapas fenológicas y prácticas de manejo. Se encontró que las variedades de papaya que se cultivan son Maradol, Maribel, Olmeca y Maradona. La germinación se presenta a los 2 *dds* (días después de la siembra), la emergencia entre los 4 y 6 *dds*, las plántulas entre 10 y 15 *dds*, entre el desarrollo vegetativo y la floración 90 *dds* y la fructificación a los 240 días. En el ciclo de producción se llevan las prácticas de manejo de preparación del terreno, instalación del sistema de riego, trasplante, resiembra, poda de rebrotes, sexado y raleo, manejo de fertilizantes, control de malezas, control de plagas y enfermedades, en las

cuales se utilizan 72 agroquímicos con diferentes ingredientes activos, entre los que se enlistaron, abamectina, benomilo, captan, bifentrina, malatión, glufosinato de amonio, paraquat; y diversos grupos químicos, principalmente carbamatos, organofosforados y piretroides. El manejo del agua se realiza a través de riego por goteo suministrado desde pozos semi profundos de 10 m a 30 m de profundidad. En el agroecosistema de papaya se llevaron a cabo prácticas de manejo sostenibles, se utilizaron abonos orgánicos; se aplicaron insecticidas-acaricidas biológicos para combatir ácaros que han adquirido resistencia a los productos químicos; y se realizó rotación de cultivos, principalmente con maíz y ajonjolí. La producción de papaya es rentable en la región, pero se utilizan diversos agroquímicos para combatir plagas y enfermedades, por lo que, se requieren políticas gubernamentales enfocadas a incentivar la producción de papaya de manera agroecológica para disminuir problemas ambientales, económicos y sociales.

Palabras clave: agroecosistemas, *Carica papaya* L., plaguicidas, variedad 'Maradol'.



Revista Mexicana de Agroecosistemas

Vol. II (Suplemento I), 2024, 19 - 21 de noviembre, ISSN: 2007-9559

VII Congreso Nacional de Recursos Naturales, Sistemas de Producción e Innovación Tecnológica

I Congreso Internacional de Biodiversidad, Innovación y Sustentabilidad

EJE TEMÁTICO 6. INNOVACIÓN PARA LA SUSTENTABILIDAD (IS)



VALIDACIÓN DE MEDIDOR PORTÁTIL: SECADO Y CORRELACIÓN ENTRE ÍNDICE SPAD Y CLOROFILA EN *Jatropha curcas*

VALIDATION OF PORTABLE METER: DRYING AND CORRELATION BETWEEN SPAD AND CHLOROPHYLL INDEX IN *Jatropha curcas*

Yolanda Hernández-de la Cruz[§], Guadalupe López-Puc, Angeles Sánchez-Contreras

Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco (CIATEJ) Unidad Sureste, Parque Científico Tecnológico de Yucatán, Km 5.5 Carretera Sierra Papacal-Chuburná puerto, Mérida-CP 97302, México. [§]Autor de correspondencia: (msanchez@ciatej.mx).

RESUMEN

Jatropha curcas L. var. *Sikilte* es un cultivo oleaginoso que prospera en suelos pobres y climas cálidos con baja precipitación. Aunque su uso como biocombustible está bien documentado, hay pocos estudios sobre sus hojas como fuente de compuestos bioactivos. Con el objetivo de caracterizar su secado manteniendo la composición fitoquímica, se utilizó un dispositivo portátil YLS-A medidor de clorofila con índice SPAD (Desarrollo del Análisis de Plantas en el Suelo), empleado como un método no destructivo para estimar la concentración de clorofila (*Chl*) en hojas frescas y secas colectadas en un cultivo experimental de *Jatropha* ubicado en Yucatán. Se evaluó la cinética de secado de las hojas en condiciones controladas: en un secador de charolas con hojas parcialmente trituradas (6.67 cm²) a 65°C durante 7 h, hasta obtener peso constante. La extracción de clorofila se realizó por inmersión en dimetilsulfóxido (DMSO) por 24 h de hojas frescas y secas con área y peso conocidos. El contenido de clorofila total (*ChlT*) y la relación de clorofila a/b se cuantificó en espectrofotómetro (*I*_{665.1} y *I*_{649.1}), correlacionando las medidas obtenidas por el medidor de clorofila en unidades

SPAD para el mismo número de hojas (*n* = 10). Los resultados mostraron una eficiencia de secado de 91.97 % con una velocidad de secado de 5.72 g min⁻¹, alcanzando peso constante en 6 h. Las hojas frescas mostraron un promedio de humedad de 60.1±16.6 % siendo variable por la posición de la charola en la torre. La concentración de *ChlT* en hojas secas y frescas fue de 15.86±2.41 y 25.18±2.65 [μM cm⁻²] respectivamente, alcanzando una relación [*Chl a/b*] de 2.83±0.18 en secas y 3.41±0.44 en frescas, corroborando el tipo de planta C3. El secado en charolas permitió un alto rendimiento y mantuvo la calidad de la clorofila en las hojas, obteniéndose una relación lineal significativa entre el inverso del índice SPAD y la concentración de clorofila total [mM cm⁻²], independientemente de la humedad, con una correlación lineal negativa (-0.752837) del índice SPAD=37.1502-1.02876 × *ChlT* [mM cm⁻²]. El dispositivo portátil YLS-A es una buena estrategia tecnológica para medir rápidamente la calidad de la clorofila durante el secado a nivel industrial.

Palabras clave: cinética de secado, clorofila total.



GENES ANTIFÚNGICOS EN *Zea mays* ssp. *parviglumis*, *Zea diploperennis*, *Zea luxurians* Y MAÍZ

ANTIFUNGAL GENES IN *Zea mays* ssp. *parviglumis*, *Zea diploperennis*, *Zea luxurians* AND MAIZE

José Luis Hernández-Morales^{1§}, María del Socorro Pina-Canseco¹, Patricia Vásquez-Luis³, Nora Hilda Rosas-Murrieta², Alma Dolores Pérez-Santiago³, Marco Antonio Sánchez-Medina³

¹UNAM-UABJO, Centro de Investigación, Facultad de Medicina. Avenida San Felipe del Agua (2,69 km), C.P. 68020 Oaxaca. México. ²Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Laboratorio de Bioquímica y Biología Molecular, 4 Sur 104 Centro Histórico, C.P. 72000. Puebla. México. ³Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Oaxaca. Avenida Ing. Víctor Bravo Ahuja No. 125 Esquina Calzada Tecnológico, C.P. 68030, Oaxaca. México. [§]Autor de correspondencia: (joseluishmorales@gmail.com).

RESUMEN

Las plantas han desarrollado sistemas de defensa contra patógenos, la pared celular es la primera línea de defensa, sin embargo, cuando está comprometida, se activa el sistema inmune, activando la expresión de genes relacionados a la patogénesis (*PR*), entre ellos *Zlp* (*PR-5*) y *pr-10*. La respuesta de estos genes se ha documentado ante la infección fúngica de *Aspergillus* en líneas endogámicas de maíz, pero no se ha reportado en teocintles y en maíces nativos los estudios son escasos. Por tal motivo, el objetivo de este estudio fue identificar los genes *Zlp* y *pr-10* en los teocintles: *Zea mays* ssp. *parviglumis*, *Z. diploperennis*, *Z. luxurians* y en los maíces nativos: cónico, zapalote chico, jazmín y Jaltepec; en el híbrido H733; en las líneas puras CML 340 y CML 321. Se diseñaron oligonucleótidos para ambos genes a partir de regiones conservadas de secuencias nucleotídicas de maíz. El ADN genómico se extrajo de coleóptilos; la integridad y

calidad se verificó por electroforesis y espectrofotometría respectivamente. Se realizaron gradientes de concentración de oligonucleótidos y temperatura de alineamiento para obtener la amplificación de los genes. Los resultados indicaron que el ADN extraído no presentó degradación y la calidad quedó en el rango aceptable de 1.8-2. Mediante reacción en cadena de la polimerasa se identificaron los genes en los teocintles *Z. mays* ssp. *parviglumis*, *Z. diploperennis*, *Z. luxurians*; y en los maíces en estudio. Las condiciones de amplificación de los genes *Zlp* y *pr-10* obtenidas en este trabajo permitirán evaluar su expresión genética en los teocintles, maíces nativos, híbridos comerciales y líneas puras ante el ataque de *Aspergillus*. La importancia del estudio de genes relacionados a la resistencia a la infección de *Aspergillus* radica en el riesgo para la salud humana y animal, debido a la naturaleza mutagénica de sus micotoxinas.

Palabras clave: *Aspergillus*, micotoxinas, *pr-10*, teocintles, *Zlp*,



DISEÑO Y MANUFACTURA DE UNA MÁQUINA PROCESADORA DE PELLETS HECHOS A BASE DE BIOMASA

DESING AND MANUFACTURE OF A PELLETS PROCESSING MACHINE MADE FROM BIOMASS

Elizabeth Salmerón-Martínez[§], Marco Antonio Ruíz-Gasca, Eduardo Galicia-Hernández, Benjamín Loeza-Santana, Daniela Ortiz-Rodríguez, Carlos Mauricio Ramírez-Terrazas

Instituto Tecnológico de Tláhuac (ITT), Av. Estanislao Ramírez Ruiz 301, Amp. Selene, Tláhuac, 13420.

§Autor de correspondencia: (elizabeth.sm@tlahuac.tecnm.mx).

RESUMEN

El prototipo presentado en este trabajo consiste en el diseño, desarrollo e implementación de una máquina que se encarga de la elaboración de pellets hechos a base de biomasa, cuyo objetivo principal es la reducción del uso de madera y carbón como combustible. Esto reducirá considerablemente la emisión de gases contaminantes a la atmósfera, debido a que los utilizados actualmente emiten grandes cantidades de CO_2 que generan un gran daño a la capa de ozono al recibir más de 15,300 millones de toneladas de dióxido de carbono a nivel mundial. Además, ofrece una alternativa al uso de los desechos orgánicos generados en las comunidades locales. En México, la generación anual de residuos orgánicos es de 327,3 millones de toneladas, en donde la Ciudad es responsable de generar 265,11 millones de toneladas aproximadamente; esto conlleva un impacto social, económico y ambiental. El proceso de paletización consta de 3 etapas; secado, triturado y compactación; para que este sea exitoso se deben considerar distintos factores, pues se requiere que

la biomasa se encuentre dentro de un rango de humedad entre 10 % y 15 %, todo depende del tipo de biomasa. Otro factor importante es la fuerza de compactación, la cual debe de estar en un rango de 50 MPa a 200 MPa, la cantidad de presión empleada dependerá si la biomasa es blanda o sólida. Por último, para el diseño de la máquina, se consideró un eje de acero con una tolva en la que se va a suministrar la biomasa a triturar; el movimiento rotatorio se hace mediante un motor de corriente alterna, empleando un reductor de velocidad cadena piñón 1 a 3. Inmediatamente después del proceso de trituración, comienza el proceso de compactación, el cual se realiza mediante un sistema de rodillos fijos adaptados a un conjunto de tornillos que controlan la fuerza de compactación al entrar en contacto con la placa matricial, obteniendo un pellet con forma uniforme. La placa antes mencionada gira en sincronía con la trituradora debido a un sistema de cadena piñón conectado a un motor.

Palabras clave: combustible, CO_2 , calentamiento global, pellets, residuos orgánicos.



ACTIVIDAD DE ACEITES ESENCIALES DE *Bursera glabrifolia* Y *B. simaruba* CONTRA
UREDOSPORAS DE *Hemileia vastatrix*

ACTIVITY OF ESSENTIAL OILS OF *Bursera glabrifolia* AND *B. simaruba* AGAINST *Hemileia*
Vastatrix UREDOSPORES

Emanuel Hernández-Cortés^{1§}, Edgar García-Sánchez², Luicita Lagunez-Rivera¹, Rodolfo Solano¹, Alfonso
Vásquez López¹

¹Instituto Politécnico Nacional (IPN), Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral
Regional (CIIDIR) Unidad Oaxaca, Hornos 1003, Santa Cruz Xoxocotlán, 71230, Oaxaca, México.

²Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología-IPN, CIIDIR Unidad Oaxaca, [§]Autor de
correspondencia: (ehernandezc2300@alumno.ipn.mx).

RESUMEN

La roya del café es una enfermedad foliar del cultivo de café causada por el hongo *Hemileia vastatrix*. El impacto social y económico ocasionado por este fitopatógeno es devastador. Más del 50 % de la producción mundial de café es afectada por este hongo. Debido a esta problemática y con el propósito de encontrar nuevas alternativas ecoamigables y eficaces para el control de *H. vastatrix* se evaluó la actividad antifúngica de los aceites esenciales (AEs) de hojas, frutos y tallos de *Bursera glabrifolia* y *B. simaruba* en uredosporas de *H. vastatrix*. El efecto antifúngico fue evaluado por el método de germinación de uredosporas en portaobjetos. Los AEs de hojas, frutos y tallos de *B. glabrifolia* y *B. simaruba* se obtuvieron por hidrodestilación convencional (HD) e hidrodestilación asistida con microondas (MO) y se prepararon a las

concentraciones de 2, 1.5, 1, 0.5 y 0.25 $\mu\text{L mL}^{-1}$ en *H. vastatrix*. Las uredosporas que se establecieron se determinó el porcentaje de germinación a las 72 h. Los resultados muestran que todos los AEs evaluados presentan un efecto antifúngico en las uredosporas de *H. vastatrix* y que a concentraciones entre 0.5-2.0 $\mu\text{L mL}^{-1}$ se inhibió la germinación del 100 % de las uredosporas. Los aceites esenciales de hojas de ambas especies de *Bursera* estudiadas mostraron el mejor efecto antifúngico al presentar una CI_{50} de 0.14 $\mu\text{L mL}^{-1}$. Estos resultados sugieren que los AEs de *B. glabrifolia* y *B. simaruba* son una alternativa promisorio para el control de *H. vastatrix*.

Palabras clave: concentración inhibitoria media, roya del café.



COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE PLANTAS DE PAPAYA CULTIVADAS EN POSICIÓN INCLINADA EN CASA SOMBRA EN LA MIXTECA POBLANA, MÉXICO

YIELD OF PAPAYA PLANTS GROWN IN TILTED POSITION IN GREEN HOUSE CONDITIONS AT MIXTECA POBLANA, MEXICO, REGION

Fortunato Jiménez Cruz¹, Fredy Mera Zuñiga¹, Salvador Vazquez Martinez^{2§}

¹Instituto Tecnológico de Tecomatlán (ITC), Ingeniería en Agronomía. Tecomatlán, Puebla, México. ²ITC, Ingeniería en Sistemas Computacionales. §Autor de correspondencia: (salvador.vm@tecomatlan.tecnm.mx).

RESUMEN

Se condujeron plantaciones de papaya (*Carica papaya* L.) 'Maradol Roja' en condiciones de invernadero o casa sombra, para conocer la respuesta de la variedad ante la agrotecnología. Se establecieron plantaciones en condiciones de casa sombra con tres formas de conducción del crecimiento que fueron: A) plántulas en posición vertical (testigo); B) plántulas colocadas horizontalmente sobre el suelo al trasplante y C) inclinación de las plantas tras la formación del primer fruto. La variedad mostró un comportamiento muy similar al que exhibe en ambiente natural en términos de crecimiento hasta

inicio de cosecha, 33.6 frutos/planta en igual momento, 2.10 kg. de peso del fruto y contenido de 12.8 de sólidos solubles totales. El diámetro del tallo se correlacionó según modelos lineales, con 56 frutos/planta al inicio de cosecha y con la producción total por planta de 83.06 kg. Las plantaciones estuvieron en cosecha 12 meses según la variante A) y 20 meses en las restantes formas de conducción del crecimiento. La papaya 'Maradol Roja' responde favorablemente al manejo de conducción del crecimiento en invernadero y puede considerarse una variedad de porte bajo para esa agrotecnología.

Palabras clave: comportamiento, diámetro, crecimiento.



EVALUACIÓN MICROBIOLÓGICA Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE JUGO DE PIÑA-TÉ
MATCHA CON *Lactobacillus acidophilus*

MICROBIOLOGICAL EVALUATION AND ANTIOXIDANT CAPACITY OF PINEAPPLE
JUICE-MATCHA TEA WITH *Lactobacillus acidophilus*

Rosa Yvette Alavez-López, Ernestina Paz-Gamboa[§], María de los Ángeles Vivar-Vera, Araceli Pérez-Silva,
Marisol de Montserrat Tejeda-Paz

TecNM/Instituto Tecnológico de Tuxtepec, Calzada Dr. Víctor Bravo Ahuja, núm. 561. Col. Predio el
Paraíso. C.P. 68350. Tuxtepec, Oax. [§] Autor de correspondencia: (ernestina.pg@tuxtepec.tecnm.mx).

RESUMEN

La aceptabilidad de las bebidas saludables con ingredientes naturales ha aumentado debido a su valor nutricional y beneficios para la salud, especialmente frente a enfermedades crónico-degenerativas. El objetivo de esta investigación fue evaluar las características microbiológicas y la capacidad antioxidante de una bebida de jugo de piña (variedad MD2) con té verde matcha y el probiótico *Lactobacillus acidophilus*. Se prepararon tres formulaciones (T1, T2 y T3) con té verde matcha en concentraciones de 0.9 %, 1.3 % y 1.4 % y un 2 % de probiótico. Se realizaron análisis fisicoquímico del jugo de piña, análisis microbiológico, contenido de polifenoles y actividad antioxidante in vitro mediante los métodos ABTS + y FRAP, durante 1, 7, 14 y 21

días de almacenamiento. Los resultados indicaron un crecimiento de microorganismos mesófilos aerobios entre 0 y 25 UFC mL⁻¹ en los días 1 a 21, sin detección de mohos, y levaduras entre 0 y 15 UFC mL⁻¹. El contenido de polifenoles osciló entre 0.2761 a 0.4304 g GAE 100 mL⁻¹. La capacidad antioxidante por FRAP varió de 27.83 a 42.92 µmol Eq Trolox 100 mL⁻¹, y el método ABTS mostró valores entre 9.17 a 16.41 µmol Eq Trolox 100 mL⁻¹. Se concluyó que el tratamiento 3, con 1.4 % de té verde matcha y 2 % de probiótico presentó la mayor capacidad antioxidante, estableciéndose como una bebida funcional con beneficios significativos durante los 21 días de almacenamiento.

Palabras clave: *Ananas comosus*, antioxidantes, bebida saludable, polifenoles, probiótico.



MEDIDOR IOT DE FACTOR DE POTENCIA PARA CARGAS LINEALES Y NO LINEALES

IOT POWER FACTOR METER FOR LINEAR AND NON-LINEAR LOADS

Luis Esteban Pichardo Sánchez[§], Antonio García Santiago, Marco Antonio Ruíz Gasca, Diana Núñez
Ramírez, Gabriel Giovanni Castillo López, Mauricio Pichardo Sánchez

Instituto Tecnológico de Tláhuac (ITT), Av. Estanislao Ramírez Ruiz 301, Amp. Selene, Tláhuac, 13420.

[§]Autor de correspondencia: (luisesesteban1968@gmail.com).

RESUMEN

Para que la energía, que se genera a través de combustibles fósiles o de energías limpias como la eólica o la solar, sea aprovechada de manera eficiente, es necesario garantizar que las cargas conectadas a la línea eléctrica tengan un factor de potencia cercano a 1. El sistema electrónico presentado en este trabajo se encarga de medir el factor de potencia de manera continua en una instalación eléctrica, tanto en cargas que sean lineales como no lineales. Los datos de medición son enviados a la computadora para hacer un análisis del comportamiento del consumo de potencia para posteriormente diseñar el banco de capacitores apropiado que corrija la desviación de factor de potencia, el cual consiste en una configuración serie, paralelo o ambas en función

de los valores de capacitancia comerciales. Para la lectura de las señales de la línea eléctrica se hace uso de sensores de corriente y voltaje y de una placa Arduino, posteriormente estas señales son enviadas a la computadora para procesarlas, lo cual consiste en realizar sobre ellas el cálculo de la transformada rápida de Fourier para obtener sus componentes frecuenciales y poder realizar el cálculo del factor de potencia. El desarrollo del sistema contribuye al ahorro energético ya que al corregir el factor de potencia se evita la sobredemanda de energía, la cual ocasiona pérdidas en los conductores eléctricos de las líneas de transmisión por el efecto Joule, de manera tal que se reducen a la vez costes y se minimiza el impacto al medio ambiente.

Palabras clave: desempeño energético, eficiencia energética, factor de potencia, gestión de la energía.



DETERMINACIÓN DE LAS CONDICIONES DE GERMINACIÓN DE UREDOSPORAS DE
Hemileia vastatrix in vitro

DETERMINATION OF GERMINATION CONDITIONS OF UREDOSPORES OF *Hemileia*
vastatrix in vitro

Emanuel Hernández-Cortés^{1§}, Edgar García-Sánchez², Luicita Lagunez-Rivera¹, Rodolfo Solano¹, Alfonso Vázquez López¹

¹Instituto Politécnico Nacional (IPN), Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR) Unidad Oaxaca, Hornos 1003, Santa Cruz Xoxocotlán, 71230, Oaxaca, México.

²Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología-IPN, CIIDIR Unidad Oaxaca, §Autor de correspondencia: (ehernandezc2300@alumno.ipn.mx).

RESUMEN

La roya del café es una de las principales enfermedades del cafeto causada por el hongo *Hemileia vastatrix*, que afecta más del 50 % la producción de café en el mundo. Actualmente, las metodologías para realizar evaluaciones biológicas *in vitro* con uredosporas de *H. vastatrix* es limitada, ya que es un parásito obligado debido a ello la viabilidad de las uredosporas disminuye después de retirarlas de las hojas. Así mismo, la temperatura, humedad relativa, pH y fotoperiodo son condiciones importantes que influyen en la germinación de la uredospora. El objetivo fue determinar las mejores condiciones en la germinación de uredosporas de *H. vastatrix in vitro*. Se evaluaron soluciones de recuperación

(Tween 80 al 0.1% y Tween 80 al 0.01 %), soluciones de lavado (H₂O desionizada y H₂O del grifo estéril), pH (5.0 y 6.5) e incubación a temperatura ambiente (luz y oscuridad). Se determinó el número de uredosporas y su porcentaje de germinación a las 72 h. Los resultados muestran que las uredosporas en condiciones de H₂O del grifo estéril, pH 6.5 e incubadas en oscuridad, el 37 % germinó. Estos resultados permitieron determinar las mejores condiciones de germinación *in vitro* de uredosporas de *H. vastatrix* para utilizarlas en posteriores estudios biológicos.

Palabras clave: *Coffea arabica*, fitopatógeno, roya del café, viabilidad.



SISTEMA DE INTERNET DE LAS COSAS (IOT) PARA LA AUTOMATIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

IoT-BASED SYSTEM FOR AUTOMATING AGRICULTURAL PRODUCTION

Salvador Vázquez Martínez¹, Fortunato Jiménez Cruz², Fredy Mera Zuñiga² Agustín Aranda Cruz¹, Jahir González Bonilla¹, Nayeli Anahí López Ortiz³

¹Instituto Tecnológico de Tecamatlán (ITC), Ingeniería en Sistemas Computacionales. Tecamatlán, Puebla, México. ²ITC, Ingeniería en Agronomía. ³ITC, Ingeniería en Gestión Empresarial. [§]Autor de correspondencia: (salvador.vm@tecomatlan.tecnm.mx).

RESUMEN

La innovación tecnológica es determinante en la productividad agrícola. Sin embargo, las unidades de producción agrícola en México tienen un nivel muy bajo en el uso de tecnologías como: sembradoras (29 %), cosechadoras (15 %), computadora (2 %), GPS (0.67 %), sensores (0.15 %). El problema es que sistemas basados en IoT (Internet of Things), son muy costosos al provenir de otros países y son inadecuados para el campo mexicano porque son complejos de usar, la mayoría para cultivo protegido y no para cielo abierto, además requieren conexión a Internet. La realización inadecuada de labores culturales sobre los cultivos como el riego, control de plagas y enfermedades y control de sombreado, a causa del desconocimiento de variables agroambientales disminuye el rendimiento de los cultivos y el ingreso de los productores. Por lo anterior, se desarrolló un sistema para monitorear variables agroambientales (temperatura, humedad y radiación fotosintéticamente activa del ambiente, así como temperatura, humedad y potencial de hidrógeno del suelo). Dicho sistema está compuesto por sensores que capturan y envían datos de variables agroambientales a un

microcontrolador, el cual envía de manera inalámbrica los datos a una computadora local o en la nube con servidor de base de datos, dicha computadora funciona también como servidor web al cual se conectan los dispositivos cliente para visualizar los datos mediante un explorador web, donde los usuarios pueden visualizar gráficas y tablas de las variables agroambientales monitoreadas. Además, el sistema propuesto tiene la capacidad de poner en marcha actuadores como respuesta a los valores recolectados de las variables, al compararlos con datos previamente cargados al sistema (y que pueden ser modificados por el usuario) sobre los requerimientos óptimos de diferentes cultivos, de esta manera se pueden controlar automáticamente distintos tipos de máquinas con el fin de mantener las variables agroambientales en los niveles óptimos para cada cultivo. Existen diversos sistemas basados en IoT similares, sin embargo, el que se propone, se diferencia por su facilidad de uso, adaptabilidad al campo mexicano, funcionamiento con o sin Internet, capacidad para seleccionar la especie que se está cultivando, capacidad de activar diferentes actuadores y uso de energía solar.

Palabras clave: agricultura 4.0, agricultura de precisión, sensores.



EVALUACIÓN DE LA VIDA EN ANAQUEL DE CUATRO VARIEDADES DE HONGOS COMESTIBLES EN COMITÁN, CHIAPAS

SHELF LIFE EVALUATION OF FOUR VARIETIES OF EDIBLE MUSHROOMS IN COMITÁN, CHIAPAS

Miguel Ángel Gómez-Jiménez, Pedro Salvador-Morales, Miguel Arcángel Burgos Campos, Enrique Arcocha-Gómez

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Chiná. Calle 11 S/N entre 22 Y 28, Chiná, Campeche, México. *§Autor de correspondencia: (miguel.gj@fcomalapa.tecnm.mx).*

RESUMEN

El consumo de hongos comestibles impacta en la salud individual como en el bienestar general; su incorporación mejora la calidad nutricional de las comidas, además ofrece una variedad de beneficios para la salud. El objetivo de esta investigación fue evaluar la vida útil en anaquel de diferentes variedades de hongos comestibles: *Pleurotus djamor*, *Pleurotus ostreatus*, *Pleurotus pulmonarius* B.LOR y *Pleurotus* spp., mediante la comparación de su resistencia a la descomposición en condiciones ambientales diversas. La metodología se basó en una evaluación sensorial, pruebas culinarias para determinar las características organolépticas (textura, sabor, olor y apariencia). Las cepas de los cuatro hongos son domesticadas en laboratorio y autenticadas como comestibles para el ser humano. Mediante el análisis estadístico Tukey ($\alpha = 0.05$) se determinó la vida en anaquel de cuatro variedades de hongos comestibles, determinando que la variedad más resistente en un ambiente controlado es *Pleurotus* spp., con una duración mínima de 5.5 días, mientras que *Pleurotus ostreatus* alcanzó un máximo de 4 días en comparación con *Pleurotus*

pulmonarius B.LOR. (estas variedades estuvieron en un ambiente libre a 35.2 °C). La evaluación del color de *Pleurotus ostreatus* LI83-2 muestra un cambio notable durante los primeros tres días de desarrollo. En el primer día, presenta un color gris oscuro, que se transforma en gris claro el segundo día, y finalmente alcanza un color blanco, considerado normal, al tercer día. *Pleurotus* spp. I73GBGy y *Pleurotus pulmonarius* Blor siguen un patrón similar de maduración. En este caso, el primer día exhibe un color perla, que cambia a blanco en el segundo día, manteniéndose en este último color hasta el tercer día. En contraste, *Pleurotus djamor* LI792PDJ2 comienza con un color rosa guinda el primer día, seguido por un tono rosa naranja en el segundo día. Al tercer día, su color se estabiliza en un blanco intermedio con bordes de color rosa. Es relevante destacar que esta evaluación se centra en los tres primeros días, ya que son críticos para observar la transición hacia el color normal de cada especie.

Palabras clave: *Pleurotus djamor*, *Pleurotus ostreatus*, *Pleurotus pulmonarius*.



CONCENTRADO DE AGUAMIEL: CASO DE ÉXITO EN CORPORATIVO MAGUEYERO
SAN ISIDRO S.A DE C.V., TLAXCALA

CONCENTRATION OF AGUAMIEL: SUCCESS STORY IN CORPORATIVO MAGUEYERO
SAN ISIDRO S.A DE C.V., TLAXCALA

Areli Flores-Morales^{1§}, María de Lourdes Nohpal Licon¹, Angeles Sánchez-Contreras^{2§}

¹Tecnológico Nacional de México- Instituto Tecnológico del Altiplano de Tlaxcala. Km. 7.5 Carretera Fed. San Martín Texmelucan; Tlaxcala-México. 90122. ²Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco (CIATEJ), Sede sureste. Tablaje Catastral Km 5.5 Carretera Sierra Papacal-Chuburna Puerto Parque Científico Tecnológico de Yucatán. Méx. 97302. [§]Autor de correspondencia: (floresafm@hotmail.com).

RESUMEN

El Corporativo Magueyero, a través de actividades de investigación y desarrollo (I+D), ha desarrollado un proceso semiindustrial para la deshidratación de aguamiel, con el objetivo de estandarizar y comercializar el producto. Se monitorearon 41 corridas de procesamiento. Al producto se le determinó pH, grados Brix, viscosidad, un análisis químico-proximal (OACC, 2000) y análisis microbiológico (NOM 003-SAGARPA-2015). Se realizó una evaluación sensorial para verificar su aceptación. Se procesaron lotes de 1200 L de aguamiel con 16 °Brix y pH de 5.4, el rendimiento de miel fue 58.3 % obtenida a 62 ± 2 °C durante 4 h. El concentrado final alcanza un pH de 6.55 ± 0.26 , °Brix de 72.35 ± 1.47 y viscosidad de 2601.63 ± 1.326 mPa s⁻¹. El valor de correlación Pearson, $r = 0.7$ implica que la viscosidad aumenta a medida que aumenta el pH y los °Brix. La miel de agave

presentó de proteína (1.73 ± 0.027 %), y carbohidratos totales de 9.5 ± 0.47 , azúcares reductores totales de 78.21 ± 0.52 g L⁻¹, con 1.29 ± 0.09 g L⁻¹ de sacarosa, 3.847 ± 0.10 g L⁻¹ de glucosa, y 0.75 ± 0.03 g L⁻¹ de fructosa. El análisis microbiológico cumple con lo establecido en la NOM-003-SAGARPA-2015. La evaluación sensorial no mostró diferencias significativas ($p > 0.05$) para el atributo de dulzor, pero si para color y textura. Estos parámetros fueron empleados para estandarizar la producción de miel de agave obteniendo un producto inocuo que se comercializa bajo la nominación de marca "CORMASANI", dando origen a la creación de nuevas oportunidades de negocio para el Corporativo, garantizando un panorama sustentable, de calidad, nutritivo e inclusivo.

Palabras clave: agave, innovación tecnológica, jarabe.



IMPORTANCIA DE LOS AZÚCARES EN AGAVES MEZCALEROS DE OAXACA

SUGARS IMPORTANCE IN AGAVES OF MESCAL FROM OAXACA

Suzel Rios-Ramírez^{1§}, Víctor Conde-Martínez¹, Rodolfo García Nava¹, José Alberto Escalante Estrada¹,
José Raymundo Enríquez del Valle²

¹Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Posgrado en Botánica. Km. 36.5 Carretera México-Texcoco, Montecillo, Texcoco, Estado de México C.P. 56264. ²Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca (ITVO) Ex Nazareno, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca. C. P. 71230. [§]Autor de correspondencia: (rios.suzel@colpos.mx).

RESUMEN

Los agaves poseen un metabolismo ácido crasuláceo (CAM), su principal producto fotosintético son los carbohidratos. Estos se aprovechan tradicionalmente para la elaboración de mezcal. La productividad del mezcal está influenciada por la especie y edad fisiológica de la planta. Como objetivo se planteó evaluar la concentración de azúcares de piñas en fresco y cocido de cinco especies mezcaleras del estado de Oaxaca. Se trabajó con *Agave angustifolia*, *A. potatorum*, *A. karwinskii*, *A. americana* var. *oaxacensis* y *A. marmorata* con edades fisiológicas diferentes. Se colectaron muestras de piña en fresco y cocidas 5 por especie (primavera 2023). La extracción de azúcares se realizó por el sistema Soxhlet y la cuantificación de azúcares solubles totales (AT) por el método de Antrona. Las absorbancias de las muestras se realizaron por espectrofotometría a 625 nm. Para calcular la concentración de AT (azúcares totales) se construyó una curva de calibración con glucosa (2 mg mL⁻¹). Los datos se sometieron a un análisis de

varianza y comparación de medias de Tukey ($\alpha = 0.05$). La mayor concentración de azúcares se observó en piñas cocidas debido a su previo tratamiento con alta temperatura (100 °C) y tiempo de extracción por reflujo continuo. *A. angustifolia* presentó la mayor concentración de azúcares tanto en piña fresca como en piña cocida con 0.613 y 0.740 g L⁻¹ peso fresco, en contraste con *A. marmorata* con la menor concentración de AT con 0.325 y 0.486 g L⁻¹ PF, respectivamente. Los resultados demuestran una acumulación diferencial de AT en las diferentes especies de agaves con tamaño y madurez fisiológica y método de extracción. Se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas ($p \leq 0.01$) entre la concentración de azúcares de piñas en fresco y cocidas, provenientes de las especies de agaves estudiadas. Estos resultados impactan directamente en la producción del mezcal, debido a que el alcohol que se obtenga de la fermentación va a depender de la cantidad de azúcares que presenten en los agaves, así como de otros factores.

Palabras clave: *Agave*, azúcares totales, fermentación, madurez fisiológica.



APLICACIÓN PARA PREDECIR EL VOLUMEN FUSTAL DE ESPECIES FORESTALES
(VERSIÓN I): UNA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA DE ACCESO LIBRE

APPLICATION FOR PREDICTING THE VOLUME OF FOREST SPECIES (VERSION I): AN
OPEN-ACCESS TECHNOLOGICAL INNOVATION

Pablo Antúnez

*Universidad de la Sierra Juárez, División de Estudios de Posgrado-Instituto de Estudios Ambientales, Ixtlán,
Oaxaca, 68725. Autor de correspondencia: (pantunez4@gmail.com).*

RESUMEN

En el ámbito de la gestión forestal, la estimación precisa del volumen de los troncos es esencial. Para cubrir esta necesidad, se desarrolló una aplicación que calcula el volumen del fuste a partir del diámetro normal y la altura total del árbol. Esta herramienta utiliza un modelo predictivo optimizado mediante datos dasométricos de 6453 árboles. A fin de minimizar los errores de predicción, el ajuste del modelo combina técnicas de mínimos cuadrados no lineales y regresión cuantílica, evaluando de este modo todos los sectores de la distribución condicional. A diferencia de los modelos convencionales, esta

aplicación ofrece una ventaja significativa al adaptar los parámetros a las dimensiones específicas de cada arbolado, en lugar de aplicar un único conjunto de parámetros a todos los datos. La validación del modelo, realizada con 184 observaciones independientes, demostró una mejora del 62.5 % en comparación con el mejor modelo del sistema biométrico nacional. La interfaz intuitiva permite una introducción de datos rápida, facilitando el cálculo del volumen en metros cúbicos, lo cual beneficia tanto a los técnicos forestales como a propietarios de bosques destinados a la producción maderable.

Palabras clave: ingeniería forestal, manejo forestal, predicción automática.



CRECIMIENTO Y ENRAIZADO DE BROTES DE FRESA *Fragaria* × *ananassa* (Duchesne ex Weston) Duchesne ex Rozier EN CULTIVO *in vitro*

GROWTH AND ROOTING OF STRAWBERRY *Fragaria* × *ananassa* (Duchesne ex Weston) Duchesne ex Rozier SHOOTS IN *in vitro* CULTURE

Yutzil Duran-Duran^{1§}, José Raymundo Enríquez-del-Valle², Vicente Arturo Velasco-Velasco²

¹Estudiante, investigador, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca (ITVO), División de Estudios de Posgrado e Investigación. Ex-Hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, C.P. 71233, Oaxaca. [§]Autor de correspondencia: (m19920233@voaxaca.tecnm.mx).

RESUMEN

El cultivo *in vitro* es una técnica que facilita la germinación y propagación de cualquier especie vegetal. Requiere de condiciones controladas para aumentar la capacidad de división de células, formación de meristemos y desarrollo de las plantas, por medio de la aplicación de reguladores de crecimiento. El objetivo de este trabajo fue evaluar el enraizado de brotes y crecimiento de plantas de fresa *Fragaria* × *ananassa* (Duchesne ex Weston) Duchesne ex Rozier, a partir del establecimiento del cultivo aséptico. El medio de cultivo para la proliferación de brotes e inhibición de raíces contenía las sales minerales de Murashige y Skoog, 1 mg L⁻¹ de Bencilaminopurina (*BAP*) y 0.3 mg L⁻¹ de ácido indolacético (*IAA*). Una vez sembrados en este medio de cultivo se colocaron durante cuatro semanas en un área de incubación en condiciones de iluminación LED 35 μmol m⁻² s⁻¹, de 1000 a 10,000 lux de intensidad, fotoperiodo 16/8 h de oscuridad, la temperatura en el rango de 15 a 29 °C. Transcurridas las cuatro semanas, de los brotes obtenidos se tomaron los

que tenían de 3-5 cm de altura, se trasladaron cuatro brotes a cada frasco de 145 cm³ que tenía 20 mL de medio de cultivo para inducir el enraizado, que no tenía *BAP* ni *IAA*, pero sí 1 mg L⁻¹ de ácido indolbutírico *AIB*. Se evaluaron 280 brotes distribuidos en 70 frascos de cultivo, y durante 26 días se monitoreó el surgimiento y crecimiento de las raíces adventicias. Transcurrido este tiempo todos los brotes formaron raíces. Las primeras raíces se observaron 8 días después de la siembra. Se observó que las plantas de fresas que ya contaban con raíces de la etapa anterior las mantienen y con la diferencia después de 26 días se apreció el incremento de raíces en todos los frascos, así como la presencia de algunos brotes, aumentó el número de hojas y altura de la planta. Por lo que se concluye, que la presencia de las auxinas y citocininas ayuda a proliferar brotes, en el caso del *AIB* no solo promueve raíces, sino también aporta en el crecimiento y desarrollo de la planta.

Palabras clave: incubación, proliferación de brotes, reguladores de crecimiento.



UTILIZACIÓN DE MICORRIZAS EN EL CULTIVO DE LECHUGA BAJO UN SISTEMA ACUAPÓNICO CON TILAPIA

USE OF MYCORRHIZAE IN THE LETUCE CULTIVATION UNDER AN AQUAPONIC SYSTEM WITH TILAPIA

Lenin Eleazar Fabian-Canseco[§], Lucia Torres-Rueda, Herlindo Ramírez-López, Guadalupe Mora-Baez, Sarahí Esperanza Rivera-Moreno

Tecnológico Nacional de México. Instituto Superior de Tlatlaquitepec. Carretera Federal Amozoc-Nautla km 122 + 600. [§]Autor de correspondencia: (len.canseco@gmail.com).

RESUMEN

La aplicación de bioestimulantes en el cultivo de hortalizas ha sido una estrategia eficiente para mejorar los rendimientos productivos y se ha documentado la utilización de estos organismos en sistemas hidropónicos, sin embargo, la utilización de micorrizas en sistemas acuapónicos ha sido poco estudiado, por lo que, el objetivo fue evaluar la utilización de micorrizas en el crecimiento de lechuga bajo un sistema acuapónico con la utilización de tilapia (*Oreochromis niloticus*). Se analizaron tres concentraciones de inoculación de micorrizas (raíces de plántulas sumergidas durante un minuto) 0.25, 0.5 y 1 g L⁻¹, y el blanco sobre el crecimiento de plantas y peces. El periodo de evaluación fue de 60 días, se realizaron mediciones de peso total, longitud total, longitud de raíz y número de hojas para el caso de las plantas, así como la presencia de micorrizas mediante la observación al microscopio de muestras de raíz de las plantas; el peso total y la longitud total en el caso de los peces, con pruebas de comparación de medias mediante ANOVA para cada una de las biometrías. Se

utilizó un sistema de recirculación NFT, con tubos de PVC de 4" de diámetro perforados circularmente cada 10 cm para la colocación de las plantas a un flujo de 2 L min⁻¹, mientras que botes de 150 L fueron utilizados para el mantenimiento de los peces. Los resultados muestran que las micorrizas se pueden asociar positivamente a las raíces de las plantas en este tipo de sistemas, asimismo se ve una relación directa entre el crecimiento de las plantas y la concentración de inoculación de micorrizas en las raíces de las plantas, encontrando diferencias significativas en desarrollo de las plantas para las diferentes concentraciones de inoculación de micorrizas ($p < 0.05$). La sobrevivencia de los peces fue del 100 % para todas las concentraciones de micorrizas, no se observaron diferencias significativas en el crecimiento de los peces. Se concluye que las micorrizas pueden ser utilizadas en sistemas acuapónicos para fomentar el crecimiento y desarrollo de lechugas, ayudando a generar mejores crecimientos en hortalizas

Palabras clave: acuaponía, *Oreochromis niloticus*.



VINAZAS DE MEZCAL COMO CORRECTOR DEL pH EN FERTILIZANTES ORGÁNICOS

MESCAL VINASSES AS A pH PROOFREADER IN ORGANIC FERTILIZERS

Edson Jordy Amador-Santiago^{1§}, José Cruz Carrillo-Rodríguez¹, José Luis Chávez Servía², Gisela Virginia Campos-Ángeles¹, Araceli M. Vera-Guzmán², Gustavo O. Díaz Zorilla¹

¹Tecnológico Nacional de México, Campus Valle de Oaxaca (ITVO-TecNM). Ex hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca, México. C.P. 71233. ²Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca, Hornos # 1003. 71230, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, México. [§]Autor de correspondencia: (amadoredson0@gmail.com).

RESUMEN

El mezcal es un componente importante de la economía oaxaqueña debido a su creciente demanda, sin embargo, los desechos de la industria mezcalera (bagazo de agave y vinazas del mezcal) generan contaminación al ambiente. El objetivo de este estudio fue utilizar vinazas mezcaleras (VM) para ajustar el pH en diferentes fertilizantes orgánicos (FO) como alternativa para el uso de los residuos de la industria mezcalera, ya que el pH alcalino en FO reduce la disponibilidad de nutrientes para los cultivos agrícolas (pH óptimo: 6 - 7). Para la obtención de los FO se elaboró un fertilizante orgánico básico (FOB) compuesto de microorganismos de montaña (MM) fase sólida y líquida, bagazo de agave (BA), estiércol vacuno, gallinaza, harina de rocas, hojarasca, aserrín y tallo de plátano. Se hizo una pila de los diferentes materiales, se humedeció con MM fase líquida, se mezcló bien y se revolvió durante 30 días. La composición de los diferentes FO fue la siguiente, FO1: FOB con BA nuevo, FO2: FOB con BA de

180 días, FO3: FOB con VM, FO4: FOB con cascarilla de arroz (CA), FO5: FOB con CA más VM. Para determinar la calidad de los FO se disolvió 50 g de FO en 200 mL de agua destilada y se realizaron pruebas de pH y conductividad eléctrica (CE). Los resultados muestran que el FO5 obtuvo los mayores valores en pH: 8.69 y CE: 2.68 mS cm⁻¹, lo que representa un pH alcalino, no recomendable en cultivos agrícolas, pero con niveles de CE óptimos, por otro lado los menores parámetros obtenidos fue el FO2 con un pH: 8.43 y CE: 1.78 mS cm⁻¹, sin embargo, estos resultados se mejoraron con la utilización de VM (pH: 3 - 4) como corrector de pH, utilizando la cantidad de 3 mL logrando ajustar el pH y CE de los diferentes fertilizantes orgánicos a valores óptimos y deseables (pH: 6 - 7 y CE: 2.5 - 3 mS cm⁻¹). El uso de las vinazas mezcaleras como corrector de pH en abonos orgánicos e inorgánicos es una alternativa viable para el aprovechamiento de los residuos de la industria mezcalera.

Palabras clave: bagazo de agave, conductividad eléctrica, industria mezcalera, residuos.



AISLAMIENTO E IDENTIFICACIÓN PARCIAL DE MICROORGANISMOS PRESENTES EN EL MUCÍLAGO DEL MAÍZ OLOTÓN

ISOLATION AND PARTIAL IDENTIFICATION OF MICROORGANISMS PRESENT IN THE MUCILAGE OF OLOTÓN CORN

Yürguen Omar Martínez-Pacheco¹, Aarón Martínez-Gutiérrez^{2§}, José Luis Hernández-Morales³, Óscar
Clemente-Herrera², Antonio Turrent Fernández⁴

¹Estudiante, investigador, Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca (ITVO)-TecNM, Ex Hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca, México. C.P. 71230. ³UNAM-UABJO, Centro de Investigación, Facultad de Medicina, Ex Hacienda de Aguilera, San Felipe del Agua, Oaxaca. C.P. 68020. ⁴INIFAP, Campo Experimental CEVAMEX, EdoMex. [§]Autor de correspondencia: (aaron.mg@voaxaca.tecnm.mx).

RESUMEN

El suelo es un ecosistema complejo que alberga una gran diversidad de microorganismos, muchos de ellos son prácticamente desconocidos. Entre ellos se encuentran las bacterias fijadoras de nitrógeno, quienes pueden establecer simbiosis con las raíces de las plantas para convertir el nitrógeno atmosférico en una forma asimilable por las plantas. En particular, se ha investigado la posible simbiosis entre el maíz de raza Olotón y las bacterias fijadoras de nitrógeno presentes en el mucílago de sus raíces adventicias. Esta característica del maíz Olotón podría explicar su resistencia a las condiciones adversas y su capacidad para crecer en suelos pobres en nutrientes, como el de la región de la Sierra Norte de Oaxaca. En este estudio se aislaron microorganismos presentes en el mucílago del maíz nativo raza Olotón, con el objetivo de identificarlos parcialmente y determinar su relación de parentesco con otras especies bacterianas mediante la secuenciación de un fragmento de su gen 16S ribosomal. Como

resultado, se aisló una cepa pura de levadura y dos cepas puras de bacterias, en estas últimas, se avanzó con la extracción de ADN y se estandarizaron las condiciones de amplificación del gen 16S mediante reacción en cadena de la polimerasa (PCR). Al observar sus características microscópicas, se determinó que ambas cepas tenían forma de cocos y se diferenciaron en el medio de cultivo: una cepa tenía la capacidad metabólica para fermentar lactosa con desarrollo de colonias rojizas, mientras que la otra presentó una fermentación lenta de lactosa, desarrollando colonias color rosado. Se concluyó que ambas cepas podrían pertenecer a los géneros de *Azotobacter*, *Rhizobium* y *Klebsiella*, conocidas por su capacidad de fijar nitrógeno atmosférico. Sin embargo, es importante destacar que no todas las bacterias con forma de coco son fijadoras de nitrógeno, ya que la forma de la célula no está directamente relacionada con esta capacidad.

Palabras clave: bacterias fijadoras de nitrógeno, gen 16S ribosomal, raíces adventicias, rizosfera.



ALTURA E ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR DEL MAÍZ A TRAVÉS DE IMÁGENES OBTENIDAS CON UN DRON

HEIGHT AND LEAF AREA INDEX OF CORN USING DRONE IMAGES

Pedro Salvador-Morales^{1§}, Neftaly Gijón-Yescas², Yameli Aguilar-Duarte³, Vicente de la Cruz Muñoz⁴, Enrique Arcocha Gómez¹, Brallan Chan Ek¹, Zeyli Alejandra Pineda León¹, Miguel Ángel Gómez Jiménez¹

¹Tecnológico Nacional de México (TecNM)/Instituto Tecnológico de Chiná Calle 11 S/N entre 22 Y 28, Chiná, Campeche. México. ²Centro de Investigación y de Estudios Avanzados, Unidad Mérida. Km. 6 Antigua carretera a Progreso Apdo. Postal 73, Cordemex, C.P. 97310, Mérida, Yucatán, México. ³Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Sureste, Calle 6 No. 398 por 13 Av. Correa Rachó, Col. Díaz Ordaz, C.P. 97130, Mérida, Yucatán, México. ⁴TecNM/Instituto Tecnológico de Campeche, Carretera Campeche-Escárcega km. 9 C.P. 24500, Lerma, Campeche, México. [§]Autor de correspondencia: (pedro.sm@china.tecnm.mx).

RESUMEN

En la actualidad, el monitoreo de cultivos para evaluar variables como crecimiento, ataque de plagas, requerimientos hídricos, así como la nutrición de las plantas, se hacen de manera manual y dependiendo la superficie pueden elevar los costos de producción. Por ello, el objetivo del presente estudio fue evaluar el uso de imágenes RGB en la estimación de la altura y el índice de área foliar del cultivo de maíz en una parcela de Tikinmul, Campeche. Se realizó un sobrevuelo autónomo con un dron DJI Phantom 4, el cual está equipado con una cámara RGB de 12.4 megapíxeles y un sistema de posicionamiento por satélite GPS/GLONASS, los vuelos autónomos fueron diseñados con la aplicación Pix4Dcapture, la cual fue descargada e instalada en un dispositivo iPhone SE 2020 desde donde se realizó la planeación del vuelo; las imágenes se capturaron sobre una parcela de maíz a una altura de 70 m, un traslape frontal de 80 % y un lateral de 70 %. Las imágenes se procesaron utilizando el software

Agisoft Metashape v1.7.3 generando una nube de puntos, un modelo digital de elevaciones y un ortomosaico. El ortomosaico delimitó una superficie de 5.8 ha, el modelo digital de las alturas del maíz (MDAM) estimó una altura promedio de 125 cm con una altura mínima y máxima de 102 cm a 146 cm respectivamente; con un tamaño de muestra de 248 datos, el cálculo del índice del área foliar mediante los índices VARI generó un área de plantas de maíz de 48,799 m², un área del suelo de 9,713 m² y un área de píxeles no clasificados de 347 m². Mientras que con el índice GRVI se obtuvo un área de plantas de maíz de 48,851 m², un área del suelo de 8,690 m² y un área de píxeles no clasificados de 1,318 m²; con el índice de área foliar los valores obtenidos con el índice VARI y GRVI fueron de 5.02 y 5.62. Los drones representan una alternativa precisa, de bajo costo y reduce los tiempos en el monitoreo del cultivo de maíz.

Palabras clave: índice GRVI, índice VARI, modelo digital de elevación, ortomosaico.



EVALUACIÓN *in vitro* DE EXTRACTOS VEGETALES Y CEPAS NATIVAS DE *Trichoderma*
CONTRA *Fusarium*

In vitro EVALUATION OF PLANT EXTRACTS AND NATIVE STRAINS OF *Trichoderma*
AGAINST *Fusarium*

Lucia Torres-Rueda[§], Guadalupe Mora-Báez, Cristal Guzmán-de Luna, Soledad Lara-Vázquez, Oriana
Lizeth Méndez-Cruz

Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico Superior de Tlatlauquitepec (ITSTL). Ingeniería
en Innovación Agrícola Sustentable. Carretera Federal Amozoc-Nautla Km. 122+600, Almoloni,
Tlatlauquitepec, Puebla, México. [§]Autor de correspondencia: (lucy.torres0988@gmail.com).

RESUMEN

El género *Fusarium* se caracteriza por presentar especies fitopatógenas que atacan a una gran variedad de cultivos de importancia agrícola. Su control se basa principalmente en la aplicación de fungicidas sintéticos, lo cual tiene un impacto significativo para los pequeños productores al elevar los costos de producción. Estos productos pueden ocasionar a largo plazo problemas al medio ambiente y la salud humana. Por ello se buscan estrategias agroecológicas e inocuas para su control. En la presente investigación se plantea que la aplicación de extractos vegetales y cepas nativas de *Trichoderma* ejercerán un control significativo *in vitro* contra *Fusarium*. Se evaluaron extractos vegetales de *Thymus vulgaris*, *Origanum vulgare*, *Lavandula angustifolia*, *Citrus limon*, *Ruta graveolens* y *Laurus nobilis* en concentraciones al 15, 10 y 5 %. Se utilizaron cepas nativas de *Trichoderma* aisladas de las localidades de Oyameles y la cabecera municipal de Tlatlauquitepec: *T. viride* y *T. harzianum*. La cepa de *Fusarium* fue obtenida mediante aislamientos de frutos de chile manzano con síntomas de marchitez. Los extractos vegetales se evaluaron

utilizando la técnica del medio envenenado usando medio de cultivo agar papa dextrosa (PDA), y para las confrontaciones con *Trichoderma* se utilizó la técnica del cultivo dual. Se estableció un diseño experimental completamente al azar con cinco repeticiones, siendo la unidad experimental una caja Petri. Se evaluó el porcentaje de inhibición de crecimiento micelial (% ICM). Los datos obtenidos se analizaron en el programa SAS ver 9.0 mediante análisis de varianzas y pruebas de medias de Tukey ($\alpha = 0.05$). Los extractos de laurel, orégano y ruda presentaron los valores más altos de % ICM al con 77.30, 83.53 y 91.92 % hasta la semana dos de la evaluación, teniendo efecto inhibitorio a partir del 5 % de concentración. En las confrontaciones con *Trichoderma* la cepa de *T. viride* presentó el % ICM más alto con un 87.42 %. El uso de extractos vegetales de orégano, laurel y ruda y la aplicación de *T. viride* son alternativas agroecológicas contra el fitopatógeno *Fusarium*, sin embargo, es necesario realizar una fase de campo para corroborar la periodicidad de aplicación.

Palabras clave: chile manzano, control agroecológico, control biológico.



CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE FRUTOS DE TOMATE (*Solanum lycopersicum*)
SOBREEXPRESANTES DEL GEN CRIPTOCROMO-I DE ARABIDOPSIS

PHYSICOCHEMICAL CHARACTERIZATION OF TOMATO (*Solanum lycopersicum*) FRUITS
OVEREXPRESSING THE CRYPTOCHROME-I GENE OF ARABIDOPSIS

Lorenzo Luis-Hernández¹, Ángel Ramón Flores-Sosa², Erika Cruz-Mejía¹, Lina Pliego-Marín¹, Manuel Fabián-Rojas¹, Dulce María Rivera-Pastrana², Reina María de los Angeles Gámez-Hernández¹, Javier López-Baltazar^{1§}

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. Ex Hacienda de Nazareno SN Agencia de Policía Nazareno, 71230 Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca. México. ²Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Química. 76010 Querétaro, México. [§]Autor de correspondencia: (javier.lb@voaxaca.tecnm.mx).

RESUMEN

Asegurar la producción de alimentos para la creciente población mundial requiere del mejoramiento genético de nuevas variedades de alto rendimiento y cerrar la brecha entre el potencial del rendimiento en condiciones óptimas y el rendimiento realmente alcanzado por los agricultores. Existe muy poca información científica sobre la función del gen criptocromo I (CRYI) en otras plantas exceptuando *Arabidopsis thaliana*. Mediante ingeniería genética se generaron plantas de tomate sobreexpresantes (OX) del gen criptocromo I de *Arabidopsis thaliana* (AtCRYI). El objetivo de este experimento fue evaluar las propiedades fisicoquímicas en frutos de plantas de tomate OXAtCRYI y de plantas de tomate sin modificación genética (WT). Los dos genotipos fueron replicados cuatro veces para un total de ocho unidades experimentales y distribuidas en

condiciones de invernadero establecido bajo un diseño completamente al azar. Se evaluaron cinco frutos a madurez fisiológica y comercial por unidad experimental. Los frutos a madurez fisiológica de las plantas OXAtCRYI tuvieron un mayor peso, diámetro polar y ecuatorial, pero sobre todo acumularon una mayor cantidad de clorofila total en comparación a los frutos cosechados en plantas WT. Los frutos cosechados a madurez comercial de las plantas de tomate OXAtCRYI acumularon mayor porcentaje de ácido cítrico (0.70) y licopeno, en cambio, disminuyó el contenido de sólidos solubles (7.14 °Brix) en comparación a los frutos cosechados en las plantas WT (8.64 °Brix). El pH, la firmeza y contenido de β -carotenos en los frutos cosechados en ambos genotipos fueron estadísticamente iguales.

Palabras clave: clorofila, licopeno, propiedades fisicoquímicas.



ENTORNOS DE PRÁCTICAS VIRTUALES CON JAILS: UNA SOLUCIÓN ECONÓMICA Y SEGURA EN EL ITVO

VIRTUAL PRACTICE ENVIRONMENTS WITH JAILS: AN ECONOMIC AND SECURE SOLUTION AT ITVO

Josué Luis Tomás, Carlos Enrique Morales Bautista[§], Manuel Fabian Rojas, Abraham Santa Ana Flores

Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca (ITVO). Ingeniería Informática, ExHacienda Nazareno, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, México. C.P. 71233. [§]Autor de correspondencia: (carlos.mb@voaxaca.tecnm.mx).

RESUMEN

En este proyecto se implementó un software de virtualización en el servidor de prácticas de Ingeniería Informática y de Ingeniería en Tecnologías de la Información y Comunicaciones del Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. El objetivo principal fue crear entornos de prácticas virtuales eficientes para asignaturas como administración de servidores, sistemas operativos, bases de datos y configuración de redes, optimizando los recursos disponibles y reduciendo significativamente los costos asociados al hardware especializado. La implementación siguió la metodología híbrida CASVIM, una combinación de las metodologías Cascada e Infraestructura Virtual (VIM). Este modelo híbrido adopta dos fases de la metodología cascada, análisis e instalación, que se integran con las fases de la metodología VIM. Con un sistema operativo de código abierto, la herramienta de virtualización Jails y un hipervisor, se crearon múltiples entornos de trabajo en un único servidor físico, permitiendo dividir el sistema en entornos separados, seguros y

diferenciados para cada asignatura, para actividades locales y remotas mediante conexiones múltiples, dentro o fuera del Instituto. Se realizaron tres pruebas: en la primera, se actualizó y modificó un servidor web enjaulado sin comprometer la integridad del sistema; en la segunda, se configuró un entorno web seguro en otra jaula; y en la última, se limitó a los usuarios conectados por SSH al acceso remoto de sus respectivas jaulas, permitiéndoles trabajar con las herramientas necesarias y privilegios controlados. En conclusión, la implementación de un sistema de virtualización con Jails mostró una solución eficaz para optimizar recursos, reducir costos de hardware y proporcionar entornos seguros y personalizados para prácticas académicas. Las pruebas realizadas confirmaron la funcionalidad y seguridad de los entornos virtuales, permitiendo a estudiantes y docentes trabajar de forma local y remota sin comprometer la integridad del sistema principal.

Palabras clave: FreeBSD, metodologías híbridas, servidor virtual, virtualización educativa.



ESTUDIO DE MANEJO INTEGRADO DE LA MICROCUENCA DEL MUNICIPIO DE
CUILÁPAM DE GUERRERO, OAXACA

INTEGRATED MANAGEMENT STUDY OF THE MICROBASIN OF THE MUNICIPALITY
OF CUILÁPAM DE GUERRERO, OAXACA

Carlos Enrique Morales Bautista¹, Oscar Clemente Herrera¹, María Isabel Pérez León¹, Juan Bustamante Luján¹, José Pérez Castellanos²

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca (ITVO), ExHacienda Nazareno, Santa Cruz Xoxocotlán Oaxaca. ²Universidad Autónoma de Chapingo, Carr. Federal México- Texcoco Km 38.5, 56230 el Cooperativo, Méx. ³Autor de correspondencia: (carlos.mb@voaxaca.tecnm.mx).

RESUMEN

El estudio sobre el manejo integrado de la microcuenca del municipio de Cuilápam de Guerrero, Oaxaca, se justifica por la importancia del agua como recurso esencial para el desarrollo sostenible de la población y el objetivo fue la urgente necesidad de analizar el estado actual de la cuenca, dada la creciente presión ambiental y social en la región. La metodología que se utilizó fue evaluar las condiciones biofísicas de la microcuenca, identificando problemas prioritarios y proponiendo soluciones que permitan su conservación y un uso más eficiente de los recursos hídricos. Se detectaron problemas críticos como la baja capacidad de retención y absorción de agua, la pérdida acelerada de vegetación nativa, el crecimiento urbano descontrolado, la contaminación de cuerpos de agua y la falta de un monitoreo socioambiental adecuado. Las soluciones incluyen el manejo integral y saneamiento de la cuenca, la implementación de un manejo forestal

sustentable, la creación de un plan de desarrollo comunitario para ordenar el territorio, y la capacitación de la población local. Los resultados del diagnóstico revelaron que tanto las actividades humanas como el cambio climático han deteriorado significativamente la disponibilidad de agua y la vegetación nativa, aumentando la vulnerabilidad de la microcuenca. En conclusión, el plan de manejo integrado propuesto busca restaurar y mejorar las condiciones ambientales, promover la sustentabilidad a largo plazo, y fomentar la participación activa de la comunidad e instituciones locales en la protección de los recursos hídricos. La implementación efectiva de estas medidas es esencial no sólo para garantizar la preservación de los recursos, sino también para asegurar el bienestar económico, social y ambiental de los habitantes de Cuilápam de Guerrero, contribuyendo a la resiliencia de la región ante los efectos del cambio climático y las actividades humanas.

Palabras clave: agua, cuenca, sustentabilidad.



THIDIAZURON Y ÁCIDO GIBERÉLICO EN CALIDAD FÍSICA DE DOS CULTIVARES DE MANZANA EN TEZIUTLÁN, PUEBLA

THIDIAZURON AND GIBERELLIC ACID IN PHYSICAL QUALITY OF TWO APPLE CULTIVARS IN TEZIUTLÁN, PUEBLA

Emmanuel Víctor-Gómez[§], Gregorio Arellano-Ostoa, Víctor Conde-Martínez, Sergio Humberto Chávez-Franco, Olga Tejeda-Sartorius

Colegio de Postgraduados (COLPOS), Carretera México-Texcoco km 36.5. Montecillo, Texcoco, Estado de México C.P. 56264. [§]Autor de correspondencia: (emmanuelvictorgomez@gmail.com).

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue evaluar parámetros de calidad física de frutos de manzana 'Golden Delicious' (G) y 'Chipona' (C) estimulados por Thidiazuron (*TDZ*) y ácido giberélico (AG3). La aplicación de los estimuladores de la brotación se realizó en enero 2024 en la localidad de Mexcalcuautla, Teziutlán, Puebla. Se evaluaron ocho tratamientos, GTestigo, G400ppmTDZ, G50ppmAG3, G400ppmTDZ+50ppmAG3, CTéstigo, C400ppmTDZ, C50ppmAG4 y C400ppmTDZ+50ppmAG3, de los cuales se tomaron cinco frutos de cada uno en la cosecha de julio 2024, donde se midió tamaño, peso y textura de frutos, se usó un diseño experimental factorial 2×4 en bloques completamente al azar, con

arreglo en franjas divididas. Se realizó un análisis de varianza y prueba Tukey ($\alpha = 0.05$) de comparación de medias con el programa estadístico SAS 9.4. Los frutos pertenecientes al tratamiento G400ppmTDZ presentaron un mayor diámetro polar y ecuatorial en comparación con los demás tratamientos, el peso fue mayor en frutos G400ppmTDZ y CTéstigo, mientras que no hubo diferencias significativas en la firmeza. Se concluye que la aplicación de 400 ppm de *TDZ* aumentó el tamaño y peso de los frutos de manzana 'Golden Delicious' y 'Chipona', sin embargo, ningún estimulador tuvo efecto en firmeza de los frutos de ambos cultivares.

Palabras clave: calidad, estimulador, firmeza de frutos.



BIOMASA FRESCA DE CULTIVO DE ALFALFA Y EL ÍNDICE DE VEGETACIÓN DE DIFERENCIA NORMALIZADA (*NDVI*)

FRESH BIOMASS FROM ALFALFA CROP AND THE NORMALIZED DIFFERENCE VEGETATION INDEX (*NDVI*)

Pedro Saúl Vásquez Rasgado[§], Zoila Carmen Lagunas Sánchez, Margarita Herrera Gamboa

Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca (ITVO). Departamento de Ingenierías. Ex Hacienda de Nazareno s/n, Xoxocotlán C.P. 71233, Oaxaca, México, [§]Autor de correspondencia: (psvasquezr@gmail.com).

RESUMEN

Una de las innovaciones en la agricultura es el uso de sensores para el monitoreo de cultivos. En este contexto, el objetivo de este estudio fue relacionar la biomasa de alfalfa con base en el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (*NDVI*) obtenido de la aplicación Crop Monitoring de EOS Data Analytics (*EOSDA*). El estudio se realizó en una parcela agrícola del ITVO en Xoxocotlán, Oaxaca. Las imágenes fueron obtenidas de la plataforma *EOSDA*. Se descargaron los datos para dos fechas: 23 de abril y del 3 de mayo del 2023, de imágenes raster en color *NDVI*, así como los vectoriales con los valores de este índice el cual varía de 0 a 1. La hipótesis planteada consistió en que los valores de *NDVI* se correlacionan significativamente con la biomasa fresca de alfalfa; para corroborarla se

procedió a hacer un muestreo en campo y se establecieron 42 cuadros de 50 cm × 50 cm, donde la alfalfa fue cortada y pesada. Se estimó mediante modelo de regresión exponencial, la relación entre ambas variables, el modelo no lineal $y = 0.7972 e^{6.0621(x)}$ $R^2 = 0.67$ ($p \leq 0.05$), donde x es el valor de *NDVI* y es el peso fresco de la alfalfa en gramos. Estos resultados concuerdan con otros estudios que han registrado la productividad de biomasa aérea de alfalfa puede ser estimada y modelada mediante el *NDVI*, al igual que la caña de azúcar. Se concluye que existe una correlación positiva entre el valor del índice *NDVI* y la biomasa fresca de alfalfa, que, si bien no es un modelo lineal, puede ser utilizada con fines explicativos en docencia.

Palabras clave: crop monitoring, índice de vegetación, *NDVI*, sensores remotos.



AUTOMATIZACIÓN DE CÁMARA DE ACLIMATIZACIÓN PARA PLÁNTULAS

AUTOMATION OF THE OF A SEEDLINGS ACCLIMATIZATION CHAMBER

Roberto Kevin Benítez Peña, Katia Angélica Martínez Arrazola, Mariana Díaz Jarquín, Hermila Cruz García, Eric Chávez Ortiz[§]

Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, Ex Hacienda de Nazareno s/n, Oaxaca, México. §Autor de correspondencia: (eric.co@voaxaca.tecnm.mx).

RESUMEN

El propósito del proyecto es la automatización de la cámara de aclimatación de plántulas en la Unidad de Manejo Ambiental (UMA) del Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca (ITVO). La cámara de aclimatación es un espacio controlado donde las plántulas, en sus primeras etapas de crecimiento, se adaptan gradualmente a condiciones ambientales específicas para fortalecer su desarrollo antes de ser trasladadas a entornos menos controlados. La aclimatación requiere de un ambiente óptimo en factores como temperatura, humedad e iluminación, elementos que hasta ahora eran controlados manualmente y sin precisión en el manejo de dichos factores. La automatización de estos parámetros pretende no solo mejorar la precisión en su control, sino también optimizar el uso de recursos naturales y minimizar la intervención humana. Para llevar a cabo el proyecto, se utilizó la metodología ágil Kanban, que permitió organizar las actividades en etapas, facilitando un flujo de trabajo eficiente y adaptable a las necesidades cambiantes del proyecto. Durante la implementación, se integraron sensores que capturan datos de temperatura, humedad e iluminación, y actuadores que ajustan los niveles

ambientales cuando se detectan desviaciones. Esta recolección de datos se almacena en un sistema web que permite a los usuarios monitorear los factores ambientales, acceder a información de comportamiento de las condiciones ambientales e información estadística, fortaleciendo la toma de decisiones. Con la implementación de este proyecto, se cuenta con un control preciso de variables ambientales a través del ajuste de los parámetros ideales de las distintas especies que se cultivan, lo que aumenta la certeza de mayor sobrevivencia y crecimiento de las plántulas en la cámara de aclimatación, al reducir variaciones drásticas en los factores climáticos. Además, el sistema automatizado contribuye a prácticas sostenibles al optimizar el uso de agua y energía, promoviendo una gestión eficiente de los insumos al implementarse tecnologías sostenibles en el manejo ambiental y la educación agrícola. En conclusión, la automatización de la cámara de aclimatación en la UMA representa un avance en la gestión de espacios dedicados a la conservación y estudio de especies vegetales mediante tecnologías en la conservación ambiental.

Palabras clave: actuadores, conservación, sensores, sostenibilidad, tecnología.



APLICACIÓN MÓVIL PARA EL SEGUIMIENTO DE ENTREGAS DE PRODUCTOS PREFABRICADOS POR HERROZINC

MOBILE APPLICATION FOR TRACKING DELIVERY OF PREFABRICATED PRODUCTS BY HERROZINC

Esperanza Belén Mesinas Santiago[§], Ambrosio Cardoso Jiménez, Rubén César Reyes Juárez, Híber Yair
Ambrosio López

*Tecnológico del Valle de Oaxaca (ITVO), Ingeniería Informática, ExHacienda Nazareno, Santa Cruz
Xoxocotlán Oaxaca CP. 71233. §Autor de correspondencia: (119920196@voaxaca.tecnm.mx).*

RESUMEN

El proyecto tiene como objetivo resolver los desafíos de HERROZINC Prefabricados en Oaxaca, específicamente el proceso manual de transcripción de números de lote, que ha generado una alta tasa de errores y afecta la precisión de la base de datos utilizada en varias áreas de la empresa. La propuesta es una solución tecnológica sustentable que optimiza la captura y gestión de datos mediante reconocimiento óptico de caracteres (*OCR*), eliminando el ingreso manual y facilitando una gestión más eficiente del inventario. Para su implementación, se utiliza la metodología SCRUM, la cual, con su enfoque en la adaptabilidad, rapidez y transparencia, promueve un entorno de colaboración entre los equipos. El desarrollo incluye una interfaz intuitiva, el uso de Firebird 2.5 para gestionar la base de datos, y su integración con el sistema

INVEWIN. Los resultados demostraron que la aplicación móvil permitió una conexión efectiva con la base de datos y un reconocimiento preciso de los códigos que están grabados en cada producto mediante *OCR*, mejorando notablemente la eficiencia en el registro de entregas y en las operaciones. Además, la aplicación automatiza la creación de archivos de respaldo y la actualización en tiempo real de las listas de productos, generando un ahorro significativo de tiempo, esfuerzo y recursos. Este proyecto representa un avance hacia la sustentabilidad operativa de HERROZINC, al reducir costos y errores, incrementar la eficiencia y mejorar la confiabilidad de la información, facilitando una toma de decisiones más precisa en distintas áreas de la empresa.

Palabras clave: reconocimiento óptico de caracteres, registros, scrum.



Bauveria sp. Y *Metarhizum* sp. EN EL CONTROL BIOLÓGICO DEL PICUDO NEGRO DEL AGAVE (*Scyphophorus acupunctatus*)

Bauveria sp. AND *Metarhizum* sp. IN THE BIOLOGICAL CONTROL OF THE BLACK AGAVE WEEVIL (*Scyphophorus acupunctatus*)

Daniel Eduardo Canseco-Santiago^{§1}, José Raymundo Enríquez-del-Valle¹, Gerardo Rodríguez-Ortiz¹, Marcos Emilio Rodríguez-Vásquez¹, Vicente Arturo Velasco-Velasco¹, Gloria Paulina Pérez-Félix², Everardo López-Bautista³

¹Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico Valle de Oaxaca (ITVO). Ex hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca, México. C.P. 71233. ²Instituto Politécnico Nacional (IPN), Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR), Unidad Oaxaca, Oaxaca, México. C.P. 71230. ³Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS), Juan José Ríos, Sinaloa C.P. 81110. [§]Autor de correspondencia: (danny-casant@hotmail.com).

RESUMEN

El *Agave angustifolia* Haw se ha utilizado de manera tradicional en el estado de Oaxaca principalmente en la elaboración de mezcal; como consecuencia de la alta demanda y expansión del agave como monocultivo, los problemas fitosanitarios han aumentado drásticamente, dentro de los cuales el picudo negro (*Scyphophorus acupunctatus*) es denominado como la principal plaga insectil del agave causando pérdidas económicas importantes. Además, es vector de múltiples enfermedades importantes para esta planta. Para minimizar esta problemática, el objetivo del presente estudio fue evaluar el control biológico de dos especies de hongos entomopatógenos nativos, *Bauveria* spp. y *Metarhizum* spp. contra adultos de *S. acupunctatus* en condiciones de laboratorio. Los picudos fueron impregnados con conidios de *Bauveria* sp. dentro de frascos de cristal de 150 mL de capacidad bajo tres concentraciones diferentes (tres tratamientos: T1: 10³, T2:10⁶ y T3:10⁹ conidios mL⁻¹) y *Metarhizum* sp. a tres concentraciones (tres tratamientos: T1: 10³, T2:10⁶ y T3:10⁹ conidios mL⁻¹). Para el testigo

control, los picudos solamente fueron impregnados con agua destilada estéril con cuatro repeticiones por tratamiento. Se realizaron comparaciones de medias Tukey ($\alpha = 0.05$), con el paquete estadístico SAS 9.4®. Los tratamientos fueron efectivos contra *S. acupunctatus* respecto al control ($p \leq 0.05$); Así mismo, los análisis arrojaron que no hubo diferencias significativas de mortalidad al evaluar las concentraciones de T1: 10³, T2:10⁶ con conidios de *Bauveria* sp. y *Metarhizum* sp. Por el contrario, para ambos tratamientos con concentraciones de conidios de 10⁹, obtuvieron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en mortandad de los insectos. En cuanto a los tiempos de exposición, *Bauveria* sp. fue superior colonizando y matando a los insectos en un periodo de 72 h en comparación a *Metarhizum* sp. que fue a las 120 h. Es indispensable utilizar métodos alternos de control biológico de plagas enfocados al manejo amigable sin el uso excesivo de los agroquímicos convencionales, ofreciendo alternativas viables a la economía y salud de los agricultores protegiendo al medio ambiente.

Palabras clave: biocontrol, entomopatógenos, insecto plaga.



APLICACIÓN WEB PARA LA GESTIÓN DE SERVICIOS TURÍSTICOS

TOURIST SERVICE MANAGEMENT: A WEB APPLICATION SOLUTION

Ruby García Vargas, Benedicto Ramírez Santiago[§], Mavelt Pérez Hernández, Ángel Maya Hernández

Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca (ITVO). Ingeniería Informática, ExHacienda Nazareno, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, México. C.P. 71233. §Autor de correspondencia: (benedictorams@gmail.com).

RESUMEN

Este sistema web tiene como objetivo administrar la información de venta de servicios turísticos ofertados en hoteles, mejorando la accesibilidad para el cliente y la capacidad de respuesta del personal. En el desarrollo de este proyecto se consideró como caso práctico al Hotel Plaza Conejo, ubicado en Bahías de Huatulco, Oaxaca. En este lugar la venta de servicios turísticos se hacía a través de notas de papel que después eran desechadas; esta situación generaba pérdida de tiempo, de información y desperdicio de papel, lo que conducía a un mal control de los recursos económicos. El sistema desarrollado cuenta con los módulos de autenticación de usuarios, gestión del catálogo de servicios turísticos, generación de informes financieros, manejo de reservaciones, ventas y gestión de usuarios. Se desarrolló la aplicación empleando la metodología SCRUM y

herramientas de desarrollo web (HTML, CSS, JavaScript) para la interfaz y bases de datos (MySQL) para el almacenamiento de la información. Entre los principales resultados obtenidos, se destaca que el sistema ha mejorado significativamente la operatividad del hotel, permitiendo el acceso remoto a la plataforma desde cualquier lugar con conexión a internet, lo cual ha facilitado la colaboración entre los distintos usuarios y mejorado la experiencia del cliente. En conclusión, la implementación de esta aplicación ha proporcionado una solución tecnológica escalable, eficiente y segura que contribuye a la modernización y optimización de la gestión de servicios turísticos en los hoteles. Además, promueve la sustentabilidad al reducir la dependencia de materiales como el papel.

Palabras clave: turismo, reservaciones, *Scrum*, sistema, tecnología.



DESARROLLO DE UN SISTEMA WEB DE ADMINISTRACIÓN MUNICIPAL EN CUILÁPAM DE GUERRERO, OAXACA

DEVELOPMENT OF A MUNICIPAL ADMINISTRATION WEB SYSTEM IN CUILÁPAM DE GUERRERO, OAXACA

Sandra Lily Santiago Velásquez, Emmanuel Almaraz Chávez, Eric Chávez Ortiz[§], Benedicto Ramírez Santiago, Mavelt Pérez Hernández

Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, Ex Hacienda de Nazareno s/n, Oaxaca, México. §Autor de correspondencia: (eric.co@voaxaca.tecnm.mx).

RESUMEN

El proyecto se centra en la creación e implementación de un sistema de administración pública municipal en el municipio de Cuilápam de Guerrero, perteneciente a los valles centrales del estado de Oaxaca, con el objetivo optimizar la interacción de la ciudadanía con las ventanillas de atención del municipio, incorporando herramientas tecnológicas que internet proporciona. El proyecto se desarrolló con la metodología ágil SCRUM, permitiendo un desarrollo iterativo, enfocados en diseñar y validar los distintos módulos del sistema de manera eficiente: sitio web, portal de transparencia, sistema de citas, y trámites en línea, entre otros. Sin embargo, los retos que se presentaron, fue la coordinación entre los roles asignados en el sistema y la constante revisión de los requisitos del municipio, teniendo que adaptar el proyecto a los ajustes y cambios generados durante el desarrollo del proyecto por parte de los integrantes de la administración municipal. La metodología SCRUM se basa en iteraciones y revisiones constantes; sin embargo, la limitada familiaridad

con herramientas digitales y el acceso restringido a internet dificultaron la participación de algunos miembros del cabildo y de ciudadanos clave durante las fases de revisión y validación de los incrementos de cada sprint, por lo que fue necesario adaptar las dinámicas de SCRUM, en lugar de depender únicamente de revisiones en línea, se optó por realizar sesiones de retroalimentación en formato presencial para explicar los avances del sistema y recibir comentarios. La implementación de este sistema web representa el primer paso hacia la digitalización de los servicios ofrecidos por el ayuntamiento de Cuilápam de Guerrero. Los resultados obtenidos con el desarrollo de este sistema son positivos al agilizar la atención al ciudadano, reducir el uso de recursos físicos (papel y tiempo) en la administración, y a través de citas en línea y trámites digitales se optimizan recursos que reducen la huella ambiental del municipio al minimizar desplazamientos innecesarios de los ciudadanos, promoviendo así prácticas sostenibles en dicho municipio.

Palabras clave: digitalización, scrum, servicios, sostenibilidad, transparencia.



EFFECTO DE DOS CITOQUININAS EN CULTIVO DE TEJIDOS *in vitro* DE *Agave angustifolia* HAW.

EFFECT OF TWO CYTOKININES *in vitro* TISSUE CULTURES OF *Agave angustifolia* HAW.

Fátima Manuel-Zárate^{1§}, José Raymundo Enríquez-del Valle¹, Alfonso Vásquez-López², Gerardo Rodríguez-Ortiz¹, Vicente Arturo Velasco-Velasco¹, José Cruz Carrillo-Rodríguez¹

¹Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, México. C.P. 71233. ²Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca. Santa Cruz Xoxocotlán, C.P. 71230. [§]Autor de correspondencia: (115920084@voaxaca.tecnm.mx).

RESUMEN

El cultivo *in vitro* de tejidos vegetales se ha convertido en una técnica útil para acelerar los procesos de producción de plantas, su efectividad depende del manejo de los factores que ayudan en este proceso, como la composición del medio de cultivo, la concentración de nutrientes, tipo y concentración de reguladores de crecimiento y pH; complementado con incubación: calidad y fotoperiodo de iluminación, humedad relativa, promueven la inducción y mantenimiento del tejido calloso embriogénico. Aun cuando se tienen reportes sobre la composición de los medios de cultivo para inducir la organogénesis y la embriogénesis somática de varias especies de agaves, es posible experimentar sobre modificaciones en los medios de cultivo para aumentar la eficiencia en la respuesta. En este trabajo se evaluaron reguladores de crecimiento que pueden transformar algunos procesos metabólicos importantes en las plantas en la etapa de multiplicación de propágulos, utilizando el medio Murashige-Skoog al 100 % que difirió en dos citoquininas (N6-bencilaminopurina, *BAP*, y

N6-(2-isopentenyl) adenine, *2i-P*) en dos concentraciones 2 o 4 mg L⁻¹, en su efecto de organogénesis directa de brotes de agave, siendo la unidad experimental un tallo en cada frasco con 25 mL de medio y se tuvieron 15 repeticiones por tratamiento, incubándolos durante sesenta días, en condiciones de iluminación LED a 35 µmol m⁻² s⁻¹, fotoperiodos de 16 h y 8 h de oscuridad; temperatura en el rango de 15 a 29 °C. Hubo diferencias en la cantidad de nuevos brotes y de raíces, debido a los componentes en el medio. Los resultados muestran que los tallos que se establecieron en medio de cultivo con 2 mg L⁻¹ de *BAP* formaron mayor cantidad (3.3 a 1.6) de brotes nuevos, mientras que los tallos que se establecieron en medio de cultivo con *2i-P* formaron menor cantidad (1.1 a 1.3) de nuevos brotes, pero formaron abundantes raíces (de 6.4 a 1.5), por lo que podemos concluir que el tipo de regulador promovió la multiplicación, pero en concentración no generó diferencias significativas.

Palabras clave: cultivo *in vitro*, organogénesis, reguladores de crecimiento.



EFFECTO DE BIOFERTILIZANTES EN EL DESARROLLO DE LISIANTHUS (*Eustoma grandiflorum* Raf.) BAJO CONDICIONES SEMICONTROLADAS

EFFECT OF BIOFERTILIZERS ON THE DEVELOPMENT OF LISIANTHUS (*Eustoma grandiflorum* Raf.) UNDER SEMI-CONTROLLED CONDITIONS

Zenaida Ramirez-Morales¹, Gisela Margarita Santiago-Martínez^{2§}, Ernesto Castañeda-Hidalgo², Salvador Lozano-Trejo², Jesús Baltazar-Estrada Castellanos³

^{1,2}Estudiante, Investigador, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, Ex Hacienda de Nazareno, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, México. C. P. 71233. ³Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural, Técnico Agroecológico. [§]Autor de correspondencia: (gissant68@hotmail.com).

RESUMEN

El uso de biofertilizantes elaborados con microorganismos que fijan nitrógeno y otras funciones representa una alternativa para el desarrollo de los cultivos y producción sustentable. La floricultura es una actividad agrícola con potencial productivo y económico; pero, el uso de productos de síntesis química genera problemas de salud humana y a los suelos. La investigación se realizó durante el ciclo primavera-verano del 2023 con el objetivo de evaluar el efecto de diferentes biofertilizantes en variedades de lisianthus bajo condiciones semicontroladas. Se estableció un experimento de campo bajo malla sobra, en un diseño completamente al azar con 15 tratamientos y cinco repeticiones con un total de 75 unidades experimentales. Se consideraron biofertilizantes elaborados a base de hongos (micorriza) y bacteria (*Azospirillum*) con una concentración de 1.0×10^{12} unidades formadoras de colonias (UFC),

dos testigos, uno químico y otro blanco, y tres variedades de lisianthus: Echo Champagne, Mariachi Pure White y Rosita 2 Purple. Los biofertilizantes se aplicaron cada 15 días a partir del trasplante (DDT) hasta los 83 días que finalizó el desarrollo de las plantas. Se aplicaron 100 mL de cada producto disueltos en 1 L de agua, según las recomendaciones especificadas para cada producto, hasta la apertura de las flores. Se evaluó el número de flores a partir de los 45 DDT hasta la cosecha. Los datos se sometieron a análisis de varianza y comparación de medias (Duncan, $\alpha = 0.05$). Los resultados mostraron que la variedad Mariachi Pure White en combinación con micorriza desarrollaron hasta nueve flores por planta. El uso de biofertilizantes es una alternativa a los productos químicos.

Palabras clave: *Azospirillum*, echo champagne, floricultura, mariachi, micorrizas.



BIOGRAN: BIOMETANO PARA CONTROL DEL GORGOJO (*Sitophilus zeamais* Motschulsky, (Coleoptera: Curculionidae)) EN GRANOS DE MAÍZ

BIOGRAN: BIOMETHANE PRODUCTION TO CONTROL THE WEEVIL (*Sitophilus zeamais* Motschulsky, (Coleoptera: Curculionidae)) IN CORN GRAINS

Genaro Pérez-Jiménez^{1§}, Giovanna I. Fuentes Escobar², César del Ángel Hernández-Galeno³, Antonio Vidal- Martínez⁴, Josset Sánchez-Olarte⁵

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Campo experimental San Martinito, Santa Rita Tlahuapan, Carretera Federal México-Puebla Km 56.5, CP 74100. ²Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo- Recursos Genéticos y Productividad- Fisiología Vegetal Carretera México-Texcoco Km. 36.5, Montecillo Texcoco 56264, Estado de México. ³INIFAP, Campo experimental Iguala. ⁴INIFAP, Campo experimental Santiago Ixcuintla. ⁵Tecnológico Nacional de México, campus San Martín Texmelucan, Camino a la Barranca de Pesos s/n, San Martín Texmelucan de Labastida Pue., C. P. 74120 México [§]Autor de correspondencia: (genaro.inifap@gmail.com).

RESUMEN

Se ha demostrado que el uso de compuestos químicos que se gasifican tiene amplio espectro de control sobre plagas poscosecha en granos de maíz. El objetivo fue evaluar BIOGRAN como un sistema cerrado de producción de biometano y determinar su letalidad en el control del gorgojo del maíz. El ensamble de BIOGRAN fue por contenedores blancos con tapa original de capacidad de 19 L, de sellado hermético. El kit de ensamble consta de dos botes, al primer bote (modulo I) se integraron los ingredientes de un biofertilizante. El segundo bote (modulo II) dos fueron 19 k de semilla de los tres genotipos estudiados (cacahuacintle, chalqueño rojo y azul). Se estudiaron treinta y sesenta días de maduración del biofertilizante y la letalidad del biogás en tres genotipos de semillas, además de una observación cualitativa del biofertilizante obtenido. Los resultados se analizaron por ANOVA y Tukey con el paquete estadístico SAS ver. 9.2. Los resultados de la descripción cualitativa del biofertilizante no mostraron diferencias significativas, se observó que a los treinta y sesenta

días el producto fue de olor a fermento y de color ámbar ubicándolo en la escala maduro. La comparación de medias mostró que hubo un crecimiento de la población del 8 -15 % respecto a lo inoculado al inicio de la prueba, la producción del biogás y su efecto durante los 60 días de evaluación causaron letalidad del 100 % de insectos dentro del grano almacenado. En cuanto a la evaluación de la germinación, se observó, aunque los granos fueron expuestos a 30 y 60 días al biogás, la germinación fue superior al 80 %, por lo tanto, la germinación fue afectada por la permanencia en exposición al biometano. La tecnología poscosecha de almacenamiento de granos de maíz BIOGRAN, presentó dos beneficios, la obtención de un biofertilizante orgánico y la conservación de granos, mostrando que a los 30 y 60 días se alcanzó la madures del biofertilizante y al gas producido se comprobó su efectividad en el control del gorgojo del maíz, y causa letalidad del 100 % de gorgojos en granos de maíz.

Palabras clave: almacenamiento, biofertilizante, gas metano, poscosecha.



Revista Mexicana de Agroecosistemas

Vol. II (Suplemento I), 2024, 19 - 21 de noviembre, ISSN: 2007-9559

VII Congreso Nacional de Recursos Naturales, Sistemas de Producción e Innovación Tecnológica

I Congreso Internacional de Biodiversidad, Innovación y Sustentabilidad

SIMPOSIUM: INNOVACIÓN Y SUSTENTABILIDAD

Estrategias de Ingeniería Química para el desarrollo comunitario de Oaxaca



ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO TÉRMICO EN UN COLECTOR SOLAR DE TUBOS DE ALUMINIO PARA LA DESHIDRATACIÓN DE PRODUCTOS AGROALIMENTARIOS

ANALYSIS OF THE THERMAL PERFORMANCE OF AN ALUMINUM PIPE SOLAR COLLECTOR FOR DEHYDRATION OF AGRI-FOOD PRODUCTS

Gabriela Itai Olivera-Cruz¹, Johana Eluney Reyes-García¹, Monserrat Jazmín García -Silva¹, Emilio Hernández-Bautista^{1§}, Iván Antonio García-Montalvo², Sadoth Sandoval-Torres³

¹Tecnológico Nacional de México (TecNM)/ Instituto Tecnológico de Oaxaca (ITO), Departamento de ingeniería química y bioquímica, Oaxaca 68033, México. ²TecNM-ITO, División de Estudios de Posgrado e Investigación. ³Instituto Politécnico Nacional, CIIDIR Unidad Oaxaca, Santa Cruz Xoxocotlán 71230, México. [§]Autor de correspondencia: (emilio.hb@oaxaca.tecnm.mx).

RESUMEN

El surgimiento de empresas comunitarias en el estado de Oaxaca, dedicadas al cultivo de productos agroalimentarios locales, ha generado la necesidad de desarrollar tecnologías de preservación, como el secado, que sean económicas y respetuosas con el medio ambiente. El objetivo de este trabajo es analizar el comportamiento térmico de un colector solar construido con tubos de aluminio. El colector solar fue diseñado con nueve tubos de aluminio, aislados en un cajón de madera y cubiertos con vidrio. Este sistema se instaló orientado hacia el sur, con una inclinación de 40 °. El aire frío entra por el extremo inferior de los tubos de aluminio y el espacio entre los tubos y la cubierta de vidrio, saliendo a una temperatura alta por el extremo superior. La temperatura del colector solar se monitoreó en función del tiempo en distintos puntos: la cubierta de vidrio, los tubos de aluminio, la estructura de madera, así como en las entradas y salidas de aire. La radiación solar fue medida con un piranómetro, mientras que la velocidad de entrada del aire se registró con un anemómetro. La radiación

promedio fue de 750 W m⁻² y la velocidad promedio para convección natural y forzada fue de 0.66 y 4.5 m s⁻¹ respectivamente. Los datos fueron recolectados bajo condiciones de convección natural y forzada, utilizando ventiladores. Los experimentos se llevaron a cabo durante nueve horas en total, y cada condición se replicó dos veces. Se realizaron balances de calor en la cubierta de vidrio, los tubos y el material aislante. Con base en estos balances, se elaboró un diagrama de la resistencia térmica del colector solar. Utilizando los datos experimentales y el diagrama de resistencia térmica, se calcularon los coeficientes de transferencia de calor en diferentes puntos del colector, tanto en condiciones de convección natural como forzada. Además, se calculó la eficiencia del colector, alcanzando un máximo de 33 % en convección natural y 80 % en convección forzada. Por lo que, la incorporación de tubos en el colector mejora la eficiencia ya que los colectores de placa plana tienen una eficiencia promedio del 20 % al 60 %.

Palabras clave: absorptividad, conducción, convección, radiación difusa, transmisividad.



PERFIL FITOQUÍMICO Y EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE TRES ESPECIES VEGETALES DE QUELITES

PHYTOCHEMICAL PROFILE AND EVALUATION OF THE ANTIOXIDANT ACTIVITY OF THREE PLANTS SPECIES OF QUELITES

Angeles Regina García-Gutiérrez, Fernando Pérez-Mendoza, Karla Gabriela Juárez-Segovia, Carlos Francisco Varapizuela-Sánchez, Marco Antonio Sánchez-Medina[§]

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Oaxaca, Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica, Av. Ing. Víctor Bravo Ahuja No. 125 Esq. Calzada Tecnológico, Oaxaca de Juárez, Oaxaca, C.P. 68030, México. [§]Autor de correspondencia: (marco.s.medina@itoaxaca.edu.mx).

RESUMEN

Los quelites son plantas nativas silvestres de México que se han utilizado como alimento desde tiempos prehispánicos y forman parte de la dieta complementaria de los mexicanos, con alrededor de 500 especies consumidas. Los quelites no solo aportan un aroma, color y sabor únicos, sino que también son fuentes de nutrientes como proteína, fibra dietética y minerales como calcio, potasio, magnesio, zinc y fósforo, así como vitaminas A y C. Además, contienen compuestos fenólicos que les confieren propiedades antioxidantes. Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue determinar el perfil fitoquímico y evaluar la actividad antioxidante de extractos de tres quelites diferentes. Se evaluaron las variedades de *Portulaca oleracea* (verdolaga), *Piper auritum* (hierba santa) y *Crotalaria longirostrata* (chépil) en extracto metanólico y se determinó el perfil fitoquímico por pruebas colorimétricas para la identificación de flavonoides, saponinas, taninos, cumarinas, alcaloides y glucósidos cardíacos. La capacidad

antioxidante se evaluó mediante la reducción de ferrocianuro de potasio, un método que se basa en la capacidad de los polifenoles para reducir Fe^{3+} a Fe^{2+} . En los tres extractos de quelite se encontró la presencia de flavonoides, alcaloides, saponinas y cumarinas, sin embargo, se observó la ausencia de taninos en chépil y la hierba santa, mientras que la verdolaga sí los presentó. Todos los extractos mostraron una ausencia de glucósidos cardíacos. Los resultados obtenidos del análisis de actividad antioxidante, mostraron que el extracto de hierba santa tiene una mayor capacidad de reducción del ion férrico, con un valor de 85.668 ± 0.53 mg equivalentes de ácido ascórbico (EAA) g^{-1} muestra, la verdolaga mostró una capacidad de reducción de 81.2894 ± 0.39 mg EAA g^{-1} muestra y el chépil tuvo una reducción de 71.4850 ± 0.96 mg EAA g^{-1} muestra, colocando a los quelites como una fuente natural rica en compuestos bioactivos y con alta capacidad antioxidante para su consumo.

Palabras clave: actividad antioxidante, metabolitos secundarios.



MICROESFERAS FUNCIONALES DE ALGINATO Y QUITOSANO CARGADAS CON BETACAROTENOS DE CHILE HUACLE CON POTENCIALES APLICACIONES ALIMENTARIAS

ALGINATE AND CHITOSAN FUNCTIONAL MICROSPHERES LOADED WITH β -CAROTENE FROM HUACLE CHILLI WITH POTENTIAL FOOD APPLICATIONS

Jairus Jamin Silva-Flores¹, Gonzalo Santos-López^{3§}, Frank M. León-Martínez², Flor de Belem Pérez-Chávez¹, Noemi González-Zarate¹, Minerva Donají Méndez-López¹

¹Tecnológico Nacional de México (TecNM), Instituto Tecnológico de Oaxaca, Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica, Oaxaca, México, C.P. 68030. ²Instituto Politécnico Nacional, CIIDIR Unidad Oaxaca, Hornos 1003, 71230, Oaxaca, México. ³TecNM, Instituto Tecnológico del Valle de Etla, Abasolo S/N, Barrio del Agua Buena, Santiago México. Suchilquitongo, Oaxaca, México, C.P. 68230. [§]Autor de correspondencia: (gonzalo.sl@itvalletla.edu.mx).

RESUMEN

Los carotenoides son compuestos antioxidantes que forman parte de las plantas y frutas responsables de su coloración amarilla, naranja o rojo. De los carotenos el β -caroteno es una antioxidante de gran importancia en la dieta humana ya que es precursor de la vitamina A y en aplicaciones biotecnológicas y. Una fuente natural de β -carotenos en el estado de Oaxaca es el chile huacle (variedad *Capsicum annum* L.), que es de gran importancia en la gastronomía local ya que se utiliza para preparar el tradicional mole negro Oaxaqueño. En este trabajo se realizó la extracción de betacarotenos de chile huacle utilizando éter de petróleo que posteriormente fue removido con un rotavapor. Al extracto se le determinó el contenido de β -carotenos realizando la construcción de una curva estándar mediante un estándar de alta pureza obteniendo un contenido de 0.901 ± 0.109 mg g⁻¹ de muestra. Para evitar la degradación de los carotenoides por la luz, oxígeno y temperatura se encapsularon en matrices elaboradas con los biopolímeros alginato y quitosano aprobados por la FDA (Food and Drug Administration) para su uso en alimentos. Mediante gelificación ionotrópica se formaron microesferas las

cuales fueron caracterizadas obteniendo tamaños de 3.063 ± 0.20 mm de diámetro. La caracterización por Espectroscopía de Infrarrojo de transformada de Fourier indica que se mantienen los grupos funcionales principales de los polisacáridos; del quitosano a los 1665 cm⁻¹ grupo Amida I, a los 1595 cm⁻¹ el doblaje del grupo amino, a los 1321 cm Amida III, a los 1079 la huella característica de los polisacáridos, para el alginato de sodio a los 1594 cm y los 1410 cm los grupos carboxilos -COO. Mediante un analizador termo-mecánico se determinó la temperatura de transición vítrea a 96.9 °C, lo que indica la estabilidad de las esferas a altas temperaturas. Finalmente se aplicó a moles rehidratados manteniendo estabilidad las esferas a la temperatura y agitación. Como producto final se obtuvieron matrices biopoliméricas encapsulando β -carotenos de chile huacle los cuales evitan su degradación por el oxígeno, luz y temperatura, haciendo que estos materiales se puedan aplicar a sistemas alimentarios debido a la naturaleza de sus componentes aprobados para alimentos.

Palabras clave: antioxidantes, biopolímeros, extracción, gelificación, tecnología en alimentos.



FORMACIÓN DE MATRICES BIOPOLIMÉRICAS A BASE DE QUITOSANO CON POTENCIAL TRATAMIENTO DE AGUAS CONTAMINADAS

FORMATION OF CHITOSAN-BASED BIOPOLYMERIC MATRICES WITH POTENTIAL TREATMENT OF CONTAMINATED WATER

Emiliano-Sebastián Santiago Arévalo¹, Gonzalo Santos-López^{2§}, Javier Díaz-Santiago², Flor de Belem
Pérez-Chávez¹, Noemi González-Zarate¹, Minerva Donají Méndez-López¹

¹Tecnológico Nacional de México (TecNM), Instituto Tecnológico de Oaxaca, Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica, Oaxaca, México, C.P. 68030. ²TecNM, Instituto Tecnológico del Valle de Etla, Abasolo S/N, Barrio del Agua Buena, Santiago México. Suchilquitongo, Oaxaca, México, C.P. 68230. [§]Autor de correspondencia: (gonzalo.sl@itvalletla.edu.mx).

RESUMEN

El agua es un recurso esencial para la vida que recientemente ha sido afectada por acciones antropogénicas generando su contaminación. Un tipo de contaminante encontrado en aguas son los metales pesados en aguas residuales y que se ha convertido en un problema a nivel mundial. Los biopolímeros son moléculas de alto peso molecular a partir de los cuales se pueden desarrollar matrices tipo gel con diferentes tipos de estructuras, como monolitos, esferas, etc. Los geles esféricos son formados por entrecruzamiento físicos o químicos de las cadenas poliméricas, este tipo de geometría máxima el área superficial por volumen lo que permite que puedan maximizarse interacciones de la superficie con otras moléculas. En este proyecto se han desarrollado esferas mediante gelificación ionotrópica entre biopolímeros como el quitosano, alginato y pectina. El quitosano es un biopolímero de naturaleza policationica en ambientes ácidos y el alginato y pectina son de naturaleza polianiónica, siendo reportados cada uno de manera individual como agentes con la capacidad de interactuar con metales y se ha usado para el tratamiento de aguas. Dos sistemas diferentes

fueron preparados de microesferas, uno preparado con alginato de sodio y quitosano y el otro con pectina cítrica y alginato. El componente a adsorber fue cobre (II) a partir de sulfato cúprico, por lo que se realizó una curva estándar obteniendo el modelo de ajuste lineal de $Y = 0.069x + 0.0195$ modelo. En las esferas con quitosano alginato se preparó una solución al 0.5M y mediante la realización del experimento se observó una disminución en la solución inicialmente de 0.086 M de sulfato cúprico a 0.0167 ± 0.0014 M indicando una remoción del 80 %, con las microesferas de pectina se obtuvo una remoción del 80 % pero a las 72 h. Físicamente las esferas presentan una coloración azul debido al cobre el cual fue cuantificado por espectrofotometría de Uv/Vis. En este trabajo de investigación se desarrollaron esferas a partir de productos naturales con la capacidad de adsorber sustancias contaminantes como el cobre aportando a la generación de materiales sustentables con aplicaciones en remediación de aguas contaminadas.

Palabras clave: adsorción, biopolímeros, remoción de contaminantes.



IDENTIFICACIÓN DE METABOLITOS BIOACTIVOS EN EL HONGO *Calvatia gigantea* EN CULTIVO *in vitro*

IDENTIFICATION OF BIOACTIVE METABOLITES IN THE FUNGUS *Calvatia gigantea* *in vitro* CULTURE

Yamil Evelyn Chavez-Mendoza¹, Baleria María Hernández Chávez, Marco Antonio Sánchez Medina, Iván Antonio García Montalvo, Diana Matías Pérez, Alma Dolores Pérez-Santiago[§]

Tecnológico Nacional de México, Campus Oaxaca (ITO). Avenida Ing. Víctor Bravo Ahuja No. 125 Esquina Calzada Tecnológico, C.P. 68030, Oaxaca de Juárez, Oaxaca. [§]Autor de correspondencia: (aperez_santiago@hotmail.com).

RESUMEN

Los basidiomicetos producen metabolitos de interés farmacológico y medicinal con actividad antitumoral, antiviral, antimicrobiana, antifúngica, anticoagulante, cicatrizante, entre otras. *Calvatia gigantea* pertenece a los hongos basidiomicetos, de la familia Agaricaceae; son ejemplares comestibles, con forma globosa de unos 10 cm de diámetro, de olor agradable, carne blanca, algunos de sus individuos pueden pesar hasta 1 kg. El objetivo de este trabajo fue identificar metabolitos secundarios en *C. gigantea* en cultivo *in vitro*. Los cuerpos fructíferos de *Calvatia gigantea* fueron colectados en la comunidad de San Mateo Sosola, Oaxaca, lugar con una gran diversidad fúngica. El material biológico fue lavado con agua destilada estéril y la gleba fue cortada cuidadosamente en fragmentos que se colocaron en diferentes medios de cultivo: agar extracto de malta (*AEM*), agar nutritivo (*AN*), y agar dextrosa y papa (*ADP*). Se evaluó la

cinética de crecimiento por crecimiento radial, unidades formadoras de colonias (*UFC*) y se identificaron metabolitos secundarios por pruebas colorimétricas. *C. gigantea* presentó rápido crecimiento de micelio blanco en *ADP*, en *AN* tuvo crecimiento rápido en los 10 primeros días y luego ralentizó su crecimiento permaneciendo estable por más tiempo, el crecimiento más uniforme se obtuvo en *AEM* con el cual se prepararon extractos en tres solventes: agua estéril, *PBS* y etanol al 96 %. Se detectaron alcaloides, saponinas, taninos y lectinas en el extracto con *PBS* después de 10 días de reposo. El conocimiento de metabolitos de interés farmacológico presentes en hongos silvestres comestibles agrega valor para su consumo como alimentos nutraceuticos, así como la posibilidad de producirlos en condiciones controladas, lo cual permitirá un mejor aprovechamiento de los beneficios de este recurso.

Palabras clave: basidiomicetos, metabolitos secundarios.



DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOS PARA LA ELABORACIÓN DE VASOS A PARTIR DE HOJAS DE ELOTE (*Zea mays*)

DETERMINATION OF FISC PARAMETERS FOR ELABORATION OF CUPS FROM CORN (*Zea mays*) LEAVES

Sara Betina Pacheco-Leyva¹, Oscar Yael Guzman-Marquez¹, Luis Humberto Robledo-Taboada¹, Emilio Hernández-Bautista², Grysel Pimentel-Nogales³, Aymara Judith Díaz-Barrita^{2§}

¹Tecnológico Nacional de México (TecNM) / Instituto Tecnológico de Oaxaca (ITO), División de Estudios de Posgrado, Avenida Ing. Víctor Bravo Ahuja No. 125 Esquina Calzada Tecnológico, C.P. 68030, Oaxaca de Juárez, Oaxaca. ²TecNM / ITO, Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica. ³TecNM/ITO, Departamento de Metal-Mecánica. [§]Autor de correspondencia: (aymara.db@oaxaca.tecnm.mx).

RESUMEN

Los envases biodegradables son una alternativa para sustituir algunos plásticos, no producen residuos tóxicos y por lo tanto al descomponerse no liberan elementos químicos ni gases nocivos a la atmósfera. El objetivo de este trabajo fue obtener vasos de hoja de elote para uso alternativo de los vasos de un solo uso. En el moldeo del vaso se utilizó un molde de aluminio 6061, que consta de dos partes: núcleo-cavidad, con la geometría que permite el moldeo de las hojas; complementando el proceso se realizó el prototipo 3D de un molde en material PLA (ácido poliláctico) para el secado final del vaso. En la obtención de los vasos con hoja de elote (*Zea mays*) se varió el número de capas de hojas, tiempo de tratamiento térmico de las hojas y tiempo de secado del vaso (estufa Selecta, modelo VACIOTEM-T). A las hojas de elote (*Z. mays*) se les realizó un tratamiento

térmico a diferentes tiempos (0.5 h, 1 h, 2 h y 3 h), posteriormente se elaboraron los vasos utilizando diferentes capas (5,6,7,8,9 y 10) y se evaluó el secado a diferentes tiempos (5 horas, 4 horas y 3 horas) y temperaturas (100, 130 y 150 °C). En los vasos obtenidos se determinaron los siguientes parámetros: peso, altura, diámetro superior e inferior, espesor y color. Se logró obtener un molde de PLA que sirvió para mejorar el secado final a temperatura ambiente de los vasos elaborados. El vaso con las mejores características físicas se formó con 7 capas de hoja de elote, con un tiempo y temperatura de secado de 4 h y 130 °C, respectivamente. El vaso tuvo un espesor de 1.30 mm y 9.47 cm de altura. De acuerdo con estos resultados, el producto obtenido es recomendable como alternativa de uso en productos alimenticios.

Palabras clave: molde de aluminio, molde de PLA, vaso biodegradable.



SIMULACIÓN DEL PROCESO DE ABSORCIÓN Y DESORCIÓN DE ACETONA EN UNA COLUMNA POR ETAPAS DE EQUILIBRIO

SIMULATION OF ACETONE ABSORPTION AND DESORPTION PROCESSES IN A EQUILIBRIUM-STAGES COLUMN

Marcos Daniel González-Martínez, Alexia Itzel Antonio-Lázaro, Shirley del Carmen Nataren-López, Miriam Reyes-Ayuso, Mario Díaz-González[§]

Tecnológico Nacional de México, Campus Oaxaca (ITO). Av. Ing. Victor Bravo Ahuja No. 125 Esq. Calzada Tecnológico, Oaxaca de Juárez, Oaxaca. CP. 68030. §Autor de correspondencia: (mario.dg@itoaxaca.tecnm.mx).

RESUMEN

Una columna de absorción por etapas de equilibrio es un equipo industrial utilizado para separar los componentes de un gas mediante el uso de líquidos, por esta razón el objetivo del estudio fue brindar una herramienta que facilite al usuario el análisis y la gestión de la operación a través de la deducción de un modelo matemático que describe el equilibrio gas-líquido y la relación entre las variables de operación. Para el desarrollo del simulador se aplicó el método de simulación modular, posteriormente se llevó a cabo la comparación con diversos autores que desarrollaron la misma metodología para la resolución de problemas de absorción, respecto al problema base publicado por Geankoplis en 1998 el simulador logró replicar con éxito (0 %) de error la solución de este; comparando los resultados con Henley & Seader en 2000 se encontró el mayor porcentaje de error (92.73 %) con respecto a los resultados obtenidos debido a que este problema utiliza datos experimentales a diferencia de la programación que utiliza la ley de Henry para el recorrido de las etapas de equilibrio,

sin embargo se pueden obtener resultados relevantes. Para el último contraste, el error (25.12 %) se debe a una diferencia en las condiciones de operación, Haan y colaboradores en 2020 utilizaron 5 °C y el simulador 0 °C para la temperatura originando una perturbación en el equilibrio, sin embargo, los resultados fueron buenos y coherentes con los principios termodinámicos. El simulador desarrollado tiene la capacidad de replicar distintos casos de absorción basándose en trabajos realizados con anterioridad logrando generar una herramienta rápida y confiable al momento de analizar sistemas con las condiciones de operación ya programadas, sirviendo como punto de partida para el estudio de sistemas en forma ideal, al tener los principios de equilibrio como fundamento de la programación es posible tener la misma confiabilidad en los datos para la operación de desorción en los sistemas agua-acetona, agua-dióxido de carbono y agua-ácido sulfhídrico.

Palabras clave: etapas de equilibrio, ley de Henry, modelo matemático, simulación modular.



Fomitopsis pinicola Y SU TOLERANCIA A LOS METALES PESADOS EN CULTIVO *in vitro*

Fomitopsis pinicola AND ITS HEAVY METAL TOLERANCE *in vitro* CULTURE

Samuel Rueda Cruz, Yesenia López Aragón, Marco Antonio Sánchez Medina, Iván Antonio García Montalvo, Aymara Judith Díaz Barrita, Alma Dolores Pérez Santiago[§]

Tecnológico Nacional de México, Campus Oaxaca (ITO). Avenida Ing. Víctor Bravo Ahuja No. 125 Esquina Calzada Tecnológico, C.P. 68030, Oaxaca de Juárez, Oaxaca. [§]Autor de correspondencia: (aperez_santiago@hotmail.com).

RESUMEN

Fomitopsis pinicola es un hongo basidiomiceto, silvestre, parásito, que crece durante todo el año sobre árboles enfermos o caídos, generalmente de pinos. Presenta carpóforos de unos 30 cm de espesor y 70 cm de longitud, los cuales se endurecen cuando alcanzan su madurez. Es una seta con un crecimiento prolongado, por lo que durante su desarrollo aparecen estratificaciones de color blanco. *F. pinicola* se ha utilizado con fines decorativos y medicinales. Por otra parte, cuando los hongos se encuentran en ambientes hostiles o contaminados, por ejemplo, de metales pesados, desarrollan diversos mecanismos de respuesta ante la presencia de los agentes contaminantes o inhibidores de procesos vitales en su metabolismo. En este trabajo se evaluó la capacidad de tolerancia *in vitro* de *F. pinicola* a la presencia de cuatro

metales pesados (Pb, Cu, Cr y Zn), en diferentes concentraciones (20-400 ppm). Se realizaron cinéticas de crecimiento en diferentes medios de cultivo, seleccionando el que presentó el crecimiento radial más definido y homogéneo, el cual fue ahora suplementado con los diferentes metales, por duplicado. La siembra del inóculo se realizó en el centro de la caja con agar, y se mantuvo en incubación a temperatura ambiente durante 20 días, midiendo el crecimiento radial cada 24 h. No se presentó crecimiento de *P. pinicola* en presencia de Cr, hubo crecimiento hasta en 60 ppm de Cu, en 100 ppm de Zn y en 400 ppm de Pb. Los resultados indican una alta tolerancia de *P. pinicola* hacia concentraciones elevadas de Pb, por lo que esta especie de hongo podría ser utilizada en procesos de bioremediación en un futuro.

Palabras clave: hongos silvestres, metales pesados.



HIDROGELES DE ALGINATO FORMADOS POR ENTRECRUZAMIENTOS FÍSICOS COMO MATRICES PARA REMOCIÓN DE COBRE EN AGUAS CONTAMINADAS

ALGINATE HYDROGELS FORMED BY PHYSICAL CROSS-LINKING AS MATRICES FOR COPPER REMOVAL IN CONTAMINATED WATERS

Lluvia Javier-Méndez¹, Gonzalo Santos-López³, Frank M. León-Martínez², Flor de Belem Pérez-Chávez^{1§},
Noemi González-Zarate¹, Minerva Donají Méndez-López¹

¹Tecnológico Nacional de México (TecNM), Instituto Tecnológico de Oaxaca, Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica, Oaxaca, México, C.P. 68030. ²Instituto Politécnico Nacional, CIIDIR Unidad Oaxaca, Hornos 1003, 71230, Oaxaca, México. ³TecNM, Instituto Tecnológico del Valle de Etla, Abasolo S/N, Barrio del Agua Buena, Santiago México. Suchilquitongo, Oaxaca, México, C.P. 68230. §Autor de correspondencia: (flor.perez@itoaxaca.edu.mx).

RESUMEN

Los hidrogeles son sistemas formados por redes macromoleculares hidratadas caracterizadas por su comportamiento como sólido flexible pese a estar formado en su mayoría por un fluido. Estas matrices cuentan con poros en donde se puede difundir algún componente y servir como material de confinamiento de diversas moléculas. Este tipo de materiales deben sus estructuras a que se forman interacciones físicas o químicas de las cadenas generando entrecruzamientos que permiten formar redes continuas tipo gel. En este proyecto se desarrollaron hidrogeles de alginato mediante entrecruzamientos físicos por la adición de un agente no solvente (ANS) en forma de gas a soluciones de alginato de sodio. Los geles obtenidos fueron formados en una semana los cuales fueron sometidos a un proceso de lavados continuos para eliminar el ANS de la matriz mediante un gradiente de agua-ANS (30-70, 50-

50, 70-30, 100-0) en un periodo de 5 h. Este procesamiento permitió darles la estabilidad a los hidrogeles en sistemas acuosos sin rompimiento de la estructura. Los geles fueron utilizados para la remoción de cobre a partir de soluciones de sulfato de cobre, en donde se realizó una curva estándar de calibración utilizando un espectrofotómetro de UV/Vis obteniendo un ajuste R^2 de 0.9848, con el modelo de ajuste lineal $Y = 0.0385x + 0.1166$ obteniendo una remoción cercana a un 40 %. Una vez absorbido el Cu (II) por el gel se realizó una desorción con ácido clorhídrico eliminando el cobre del hidrogel con la finalidad de utilizarlo como sistema reutilizable. Se realizaron ciclos de absorción y desorción de cobre lo que permite obtener un material reutilizable a base de un biopolímero natural aportando en el área de materiales sustentables aplicables a la remoción de sustancias contaminantes.

Palabras clave: absorción, biopolímeros, desorción, gelificación, tratamiento de aguas.



FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE UN ADHESIVO ALIMENTARIO PARA VASOS DE HOJA DE ELOTE (*Zea mays*)

FORMULATION AND EVALUATION OF FOOD ADHESIVE FOR CORN (*Zea mays*) LEAF CUPS

Gladys Marlene Cruz-Ruiz¹, Marco Antonio Sánchez-Medina², Luis Humberto Robledo-Taboada², Emilio Hernández-Bautista¹, Aymara Judith Díaz-Barrita^{1§}

¹Tecnológico Nacional de México (TecNM). Instituto Tecnológico de Oaxaca (ITO). Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica. Avenida Ing. Víctor Bravo Ahuja No. 125 Esquina Calzada Tecnológico, C.P. 68030, Oaxaca de Juárez. ²TecNM-ITO, División de Estudios de Posgrado e Investigación. [§]Autor de correspondencia: (aymara.db@oaxaca.edu.mx).

RESUMEN

En la industria alimentaria los adhesivos tienen gran variedad de aplicaciones; sin embargo, por ser compuestos derivados del petróleo, en su mayoría, contienen compuestos orgánicos volátiles y otras sustancias tóxicas peligrosas para el medio ambiente. En años recientes se han desarrollado adhesivos que tienen como base recursos naturales, tales como almidones, aceites vegetales, harina de soya, entre otros. El objetivo de este trabajo fue formular y evaluar un adhesivo a base de biopolímeros para usarse en envases biodegradables multicapa. Se formularon tres adhesivos, el primero consistió en una mezcla a base de almidón de yuca y quitosano (F1), el segundo a base de almidón de yuca, fécula de maíz y quitosano (F2) y, el tercero, a base de mucílago de gulabere (*Cordia alba*) (F3). Todos se compararon con un adhesivo comercial (Mod Podge, F4). Las mezclas se aplicaron en láminas de hojas de elote evaluando la adherencia entre capas y la composición química elemental (CQE) por medio de un microscopio electrónico de barrido (marca: Phenom modelo Pro X), la deformación

de las láminas mediante el Instron 4442 y la biodegradabilidad por el método de composta. La formulación F1 logró una mejor penetración en las intersticios de la hoja de elote, habiendo presencia de espacios vacíos entre capas; aunado a esto, la adherencia no fue la esperada. El adhesivo comercial (F4) presentó buena adherencia entre las láminas multicapa y las muestras pudieron manipularse sin presentar desprendimiento entre ellas. La CQE mostró que los adhesivos formulados están compuestos principalmente por carbono y oxígeno. El porcentaje de deformación en todas las muestras fue baja, debido a que tienen una estructura rígida. El tipo de adhesivo utilizado influye en el tiempo de degradación de las láminas multicapa de hoja de elote, siendo más rápida en adhesivos naturales (> 55 % en 61 días) comparados con el adhesivo comercial (43 % en 61 días). Por lo tanto, se concluye que el adhesivo F1, a base de almidón y quitosano, presentó las mejores características de adherencia y mayor biodegradación.

Palabras clave: adhesivo alimentario, biopolímeros, envase compostable, envase multicapa.



Revista Mexicana de Agroecosistemas

Vol. II (Suplemento I), 2024, 19 - 21 de noviembre, ISSN: 2007-9559

VII Congreso Nacional de Recursos Naturales, Sistemas de Producción e Innovación Tecnológica

I Congreso Internacional de Biodiversidad, Innovación y Sustentabilidad

RESÚMENES EN EXTENSO



USO Y MANEJO DE HERBICIDAS EN EL CULTIVO DE CAÑA

USE AND MANAGEMENT OF HERBICIDES IN SUGARCANE CULTIVATION

Ana Gabriela Gallegos-Gaspar¹, Isabel Araceli Amaro-Espejo^{1§}, María del Refugio Castañeda-Chávez¹,
Ángel de Jesús Isidoro-Pio², Juan Valente Megchún-García¹

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Boca del Río. Km 12 s/n. Carretera Veracruz-Córdoba, Boca del Río, Veracruz, México C.P. 94290. ²Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz. Km. 88.5 Carretera Federal Xalapa-Veracruz, C.P. 91690. [§]Autor de correspondencia: (isabelamaro@bdelrio.tecnm.mx).

RESUMEN

El estudio sobre el uso y manejo de herbicidas en el cultivo de caña de azúcar en Veracruz tiene como objetivo evaluar las prácticas agrícolas de los productores y su impacto en la salud y el medio ambiente. La hipótesis plantea que la limitada formación académica de los productores influye negativamente en el uso seguro y eficaz de herbicidas. Se realizó un muestreo intencional de 16 pequeños productores en Chalahuite, Veracruz. Se utilizaron entrevistas estructuradas que abordaron experiencia, formación académica, uso de herbicidas, dosis, equipo de protección personal (EPP) y almacenamiento de residuos. Un análisis estadístico descriptivo permitió identificar tendencias. El 38 % de los productores cuenta con más de 40 años de experiencia, pero la mayoría tiene formación académica limitada. Los herbicidas más utilizados incluyen Gesapax H-375 y Diurón, ambos clasificados como peligrosos. La variabilidad en las dosis y la frecuencia de aplicación indica un manejo inadecuado. Solo el 38 % utiliza EPP de manera adecuada, y algunas prácticas de almacenamiento son inseguras. Es crucial mejorar la educación sobre el manejo de herbicidas y la seguridad laboral. Los hallazgos resaltan la necesidad de programas de capacitación para promover prácticas sostenibles y proteger la salud de los trabajadores.

Palabras clave: caña de azúcar, control de malezas, herbicidas, salud, sostenibilidad.

ABSTRACT

The study on the use and management of herbicides in sugarcane cultivation in Veracruz aims to evaluate the agricultural practices of producers and their impact on health and the environment. The hypothesis posits that the limited academic training of producers negatively influences the safe and effective use of herbicides. A purposive sampling of 16 small producers in Chalahuite, Veracruz, was conducted. Structured interviews addressed experience, academic training, herbicide use, dosage, personal protective equipment (PPE), and waste storage. Descriptive statistical analysis allowed for the identification of trends. 38 % of producers have over 40 years of experience, but most have limited academic backgrounds. The most commonly used herbicides include Gesapax H-375 and Diuron, both classified as hazardous. The variability in dosages and application frequency indicates inadequate management. Only 38 % use PPE properly, and some storage practices are unsafe. Improving education on herbicide management and occupational safety is crucial. The findings highlight the need for training programs to



promote sustainable practices and protect worker health.

Index words: sugar cane, weed control, herbicides, health, sustainability.

INTRODUCCIÓN

La caña de azúcar (*Saccharum* spp.) es un cultivo fundamental en la agricultura de numerosos países tropicales, siendo esencial para la producción de azúcar y etanol. En México, esta planta ocupa un papel crucial en la economía rural, especialmente en estados como Veracruz, donde importantes ingenios azucareros como el Ingenio San Francisco y el Ingenio Central Progreso desempeñan un rol central.

El uso de herbicidas como el glifosato, 2,4-D y Diurón se ha generalizado para el control de malezas en los cultivos de caña (Rose et al., 2016). Sin embargo, la aplicación inadecuada de estos productos puede tener efectos adversos significativos sobre la salud humana y el medio ambiente (Villar-Argaiz et al., 2021). La proliferación de malas hierbas puede competir con los cultivos por nutrientes, agua y luz, lo que a menudo resulta en una disminución en la producción y calidad de los cultivos (Martínez, 2018).

El uso de herbicidas es una práctica común en la agricultura moderna, pero sus consecuencias negativas, como la contaminación del suelo y el agua, y los impactos en la biodiversidad, han llevado a una creciente preocupación por la operación de estas prácticas (Gu et al., 2019; Barros-Rodríguez et al., 2021). La resistencia evolutiva de las malezas a herbicidas, como el glifosato, representa un desafío importante para la producción agrícola (Zepeda-Jazo, 2018). Además, el uso indebido de herbicidas puede afectar la salud de las comunidades cercanas, con problemas que van desde intoxicaciones hasta

enfermedades más graves (Ramírez-Campos, 2020; Morales-Moya et al., 2024). Diversos factores contribuyen a la exposición de los trabajadores agrícolas a plaguicidas, siendo los aplicadores quienes corren el mayor riesgo de contacto con estas sustancias químicas peligrosas (Palacios-Nara, 2004). Entre estos factores se incluyen la carencia de equipo de protección personal, la falta de información sobre las precauciones necesarias para manejar estas sustancias, así como hábitos de higiene personal inadecuados (Galaviz, 2021).

Dado este contexto, el estudio del manejo de herbicidas en la caña de azúcar en Veracruz es de gran relevancia. Este estado es un importante productor de caña, que enfrenta desafíos significativos relacionados con la gestión de herbicidas. Evaluar y mejorar las prácticas de manejo de herbicidas en esta región es crucial para minimizar los impactos negativos en la salud y el medio ambiente, y para garantizar la sostenibilidad del cultivo. Por lo anterior, el presente estudio tuvo por objetivo evaluar el uso y manejo de herbicidas en el cultivo de caña.

MATERIALES Y MÉTODOS

La población de estudio estuvo conformada por pequeños productores y trabajadores agrícolas dedicados al cultivo de caña de azúcar en la localidad de Chalahuite, en el municipio de Úrsulo Galván, Veracruz, México. Se seleccionaron 16 productores agrícolas mediante un muestreo intencional, que buscó incluir una variedad de perfiles en términos de experiencia y prácticas agrícolas. El muestreo se realizó de manera intencional, eligiendo a aquellos productores que mostraron disposición a participar. Este enfoque permitió obtener una muestra diversa en información, asegurando que se capturaran diferentes perspectivas sobre el manejo de herbicidas en el cultivo de caña de azúcar.



La entrevista se realizará sobre cinco temas principales, cada uno abordando aspectos clave relacionados con el cultivo de caña de azúcar y el uso de herbicidas como: el tiempo dedicado al cultivo de caña de azúcar, formación académica, uso de herbicidas, uso de dosis y equipo de protección personal (*EPP*), almacenamiento de residuos. Se realizó un análisis estadístico descriptivo utilizando el programa Microsoft Excel. Las respuestas a las preguntas se analizaron generando gráficas que muestran porcentajes y frecuencias. Este análisis facilitó la identificación de tendencias en el uso de herbicidas y prácticas de manejo entre los productores entrevistados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se observó que el 38 % de los productores tiene más de 40 años de experiencia en esta actividad, mientras que el 62 % cuenta entre 12 y 40 años. Según Aguilar-Rivera (2014) la experiencia en proyectos de diversificación y la producción de materia prima son factores clave que representan el 30 % de la capacidad para diversificar y mejorar la calidad de la caña de azúcar en los municipios productores. Estos datos reflejan una consolidación significativa de este cultivo como actividad productiva en la región.

A pesar de su amplia experiencia, la mayoría de los productores de caña de azúcar tienen formación académica limitada: el 38 % solo ha completado la educación primaria, el 50 % la secundaria y el 6 % tiene formación técnica, mientras que un 6 % no tiene estudios formales. La investigación de Ramírez-Mora et al. (2019) demuestra que los productores con mayor nivel educativo son más eficientes en el uso de insumos. Por lo tanto, es esencial incluir la educación como un tema prioritario en futuros programas de formación, enfocándose en técnicas de cultivo sostenibles y el manejo seguro de herbicidas.

En cuanto al uso de herbicidas, los resultados mostraron que los productos comerciales más comunes son Gesapax H-375 (25%), Diurón 800 FW (19 %), Gramopol (13 %) y Caña Z (13 %) (**Figura 1**). Otros herbicidas mencionados con menor frecuencia incluyen Fitamina, Coloso, Axial pro, Yerbamina y Caña D, cada uno utilizado por el 6% de los productores. Estos datos proporcionan una visión general de las alternativas más utilizadas en el control de malezas en los cultivos de caña de azúcar.

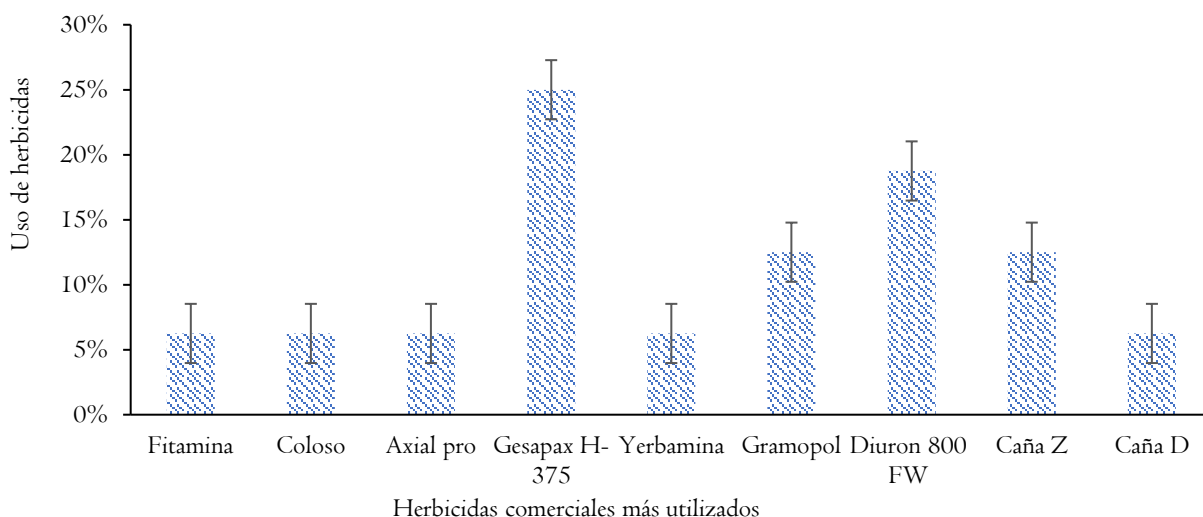




Figura 1. Porcentaje del uso de herbicidas comerciales utilizados por los productores de caña de azúcar en Chalahuites. Líneas verticales en barras indican desviación estándar.

La ametrina y la atrazina, ingredientes activos del Gesapax H-375, son herbicidas metiltio triazínicos que controlan malezas anuales. Ambas están clasificadas como ligeramente peligrosas por la OMS y la USEPA, con DL50/CL50 de 1869-3090 mg kg⁻¹ para la atrazina y 1009-1356 mg kg⁻¹ para la ametrina. La atrazina tiene restricciones en EE. UU. y está prohibida en algunos países europeos, mientras que su uso es permitido en México y la mayoría de los países latinoamericanos (Castillo-Martínez et al., 2019). El herbicida Diurón es uno de los más utilizados ha sido clasificado por la Agencia de Protección Ambiental (EPA) como un "conocido/probable" carcinógeno desde 1997. Además, puede actuar como precursor de la nitrosodimetilamina, un compuesto altamente carcinogénico (Martínez, 2018). Estos riesgos para la salud resaltan la necesidad de una gestión adecuada del uso de herbicidas. Se ha observado que su aplicación puede resultar en un control inferior al 30 % en ciertas condiciones, pero su eficacia aumenta significativamente cuando se combina con otros herbicidas (Ramírez et al., 2012).

El 31 % de los productores utiliza dosis de 2 L por tanque de 200 L, consideradas adecuadas y efectivas por la mayoría. Aunque el 31 % de los productores utilizan dosis consideradas adecuadas,

la variabilidad en su aplicación sugiere que algunos podrían estar aplicando dosis ineficaces (**Figura 2**). Sin embargo, hay variabilidad en las dosis empleadas, influenciada por factores como el tipo de cultivo, la densidad de malezas y las condiciones climáticas. Esta variabilidad indica que los productores deben ajustar las dosis según las condiciones específicas de sus campos para lograr un control efectivo de malezas. Los herbicidas se utilizan principalmente para controlar el zacate peludo, una gramínea invasiva que reduce los rendimientos de caña de azúcar, aunque también se aplican para otras malezas como el coyolillo, bejuco y monte, cuya incidencia es menor (Ramírez-Medorio et al., 2019).

La frecuencia de aplicación de herbicidas varía considerablemente, el 50 % de los productores aplica herbicidas cada seis meses, mientras que el 31 % realiza la aplicación anual y el 19 % cada tres meses. La aplicación anual es la más común, lo que sugiere que muchos productores prefieren una estrategia de control menos frecuente. Por otro lado, la aplicación cada tres meses es más común en cultivos con alta densidad de malezas o en áreas con climas húmedos, mientras que la aplicación semestral se ajusta a suelos con densidad media de malezas o climas más secos (Ruiz-Corral et al., 2013).

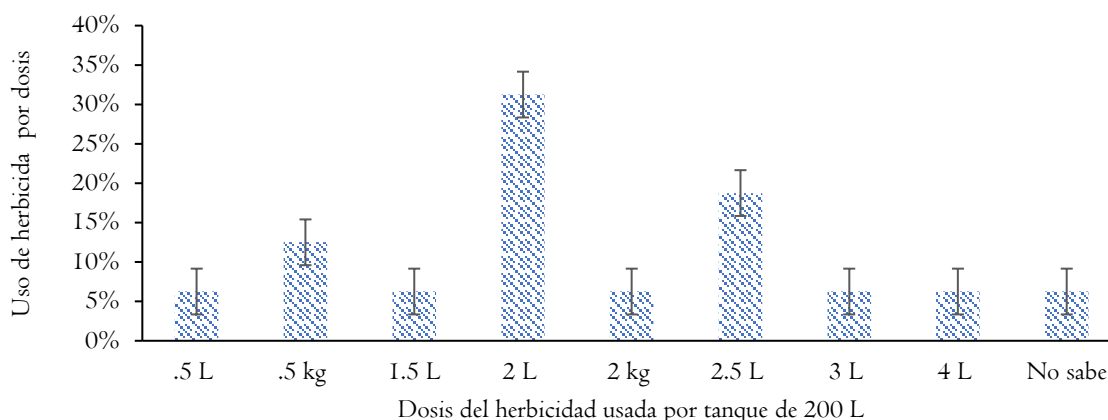


Figura 2. Porcentaje de dosis utilizada por tanque de agua de 200 litros. Líneas verticales en barras indican desviación estándar.

Un aspecto crítico del manejo seguro de herbicidas es el uso de equipos de protección personal (*EPP*). Según la encuesta, solo el 38 % de los productores utiliza *EPP* de manera adecuada durante la aplicación de herbicidas, mientras que el 63 % restante no emplea ninguna medida de protección, evidenciando una brecha significativa en la adopción de prácticas seguras. La falta de protección adecuada expone a los trabajadores a riesgos potenciales para la salud y resalta la necesidad de aumentar la concienciación sobre la importancia de las medidas de seguridad. La ausencia de protección adecuada se ha correlacionado con altos niveles de exposición a plaguicidas en diversas regiones agrícolas. Por ejemplo, un estudio en Sinaloa reveló que el 65 % de los plaguicidas utilizados eran químicos, y muchos trabajadores reportaron síntomas como irritación en la piel y mareos debido a la falta de medidas adecuadas (Galaviz, 2021). Por otro lado, en un estudio realizado en el estado de Sinaloa, se encontró que, entre los trabajadores agrícolas expuestos a plaguicidas, el 72 % utiliza equipo de protección personal de manera incompleta, mientras que un 28 % no utiliza ningún tipo de protección. Además, el 29 % emplea equipo rudimentario y casi el 10 % conserva agua en

envases vacíos de plaguicidas químicos (Haro et al., 2012).

En cuanto al almacenamiento de los envases de herbicidas, el 69 % de los productores los resguarda en bodegas, lo que sugiere una práctica relativamente segura. Sin embargo, el 19 % almacena los envases en sus casas y el 12 % en parcelas o patios, métodos que pueden ser inseguros y peligrosos. Este dato subraya la necesidad de mejorar las prácticas de almacenamiento para minimizar los riesgos asociados con el manejo de herbicidas. Por otro lado, el hecho de que un porcentaje significativo de productores almacene herbicidas en sus hogares o en áreas abiertas como patios es alarmante. Este tipo de almacenamiento puede llevar a exposiciones accidentales, especialmente para niños o animales domésticos, y aumentar el riesgo de contaminación ambiental (Rangel-Ortiz et al., 2023). Estudios han demostrado que la falta de conocimiento sobre las prácticas adecuadas de almacenamiento puede resultar en intoxicaciones y otros problemas de salud pública (Morales-Rojas et al., 2023).



CONCLUSIONES

El estudio sobre el uso de herbicidas en caña de azúcar en Veracruz revela que, aunque el 38% de los productores tiene más de 40 años de experiencia, su limitada formación académica subraya la necesidad de mejorar la educación para prácticas sostenibles. La prevalencia de herbicidas como Gesapax H-375 y Diurón, clasificados como peligrosos, resalta la urgencia de gestionar sus riesgos, evidenciada por la variabilidad en las dosis y la frecuencia de aplicación. Además, la baja utilización de equipos de protección personal (EPP) expone a los trabajadores a riesgos para la salud. Aunque muchos almacenan envases de forma segura, algunos lo hacen inadecuadamente, aumentando el riesgo de exposición. Estos hallazgos enfatizan la necesidad de programas de capacitación en manejo de herbicidas y seguridad laboral.

AGRADECIMIENTOS

Un agradecimiento a los productores y trabajadores agrícolas de Chalahuite, quienes compartieron su tiempo y conocimientos, permitiendo así una comprensión más profunda de las prácticas de manejo de herbicidas.

REFERENCIAS

- Aguilar-Rivera, N. (2014). Gestión de factores limitantes para la diversificación de la agroindustria azucarera. *Revista Venezolana de Gerencia*, 19(65), 66-91. <https://doi.org/10.37960/revista.v19i65.11252>
- Barros-Rodríguez, A., Rangseekaew, P., Lasudee, K., Pathom-aree, W., & Manzanera, M. (2021). Impacts of agriculture on the environment and soil microbial biodiversity. *Plants*, 10(11), 2325. <https://doi.org/10.3390/plants10112325>
- Castillo-Martínez, K. L., Ahuatzi-Chacón, D., Ruiz-Orda, N., Sandoval-Carrasco, C. A., Juárez-Ramírez, C., Galíndez-Mayer, J., & Salmerón-Alcocer, A. M. (2019). Degradación de la mezcla comercial de los herbicidas atrazina y ametrina, utilizando cultivos con células en suspensión e inmovilizadas. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 35(3), 575-588. <https://doi.org/10.20937/RICA.2019.35.03.05>
- Galaviz, M. A. A. (2021). Riesgos a la salud por exposición a plaguicidas químicos en trabajadores agrícolas del Valle del Carrizo, Ahome, Sinaloa / Health risks due to exposure to chemical pesticides in agricultural workers in the Carrizo Valley, Ahome, Sinaloa. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 4(3), 4395-4407. <https://doi.org/10.34188/bjaerv+n3-124>
- Gu, X., Cen, Y., Guo, L., Li, C., Yuan, H., Xu, Z., & Jiang, G. (2019). Responses of weed community, soil nutrients, and microbes to different weed management practices in a fallow field in Northern China. *PeerJ*, 7, e7650. <https://doi.org/10.7717/peerj.7650>
- Haro, L., Chain, T., Barrón, R. y Bohórquez, A. (2012). Efectos de plaguicidas agroquímicos Perfil epidemiológico-ocupacional de trabajadores expuestos. *Revista Médica del Instituto Mexicano del Seguro Social*, 40, 19-24.
- Martínez, Y. R. P. (2018). *Destino ambiental de los herbicidas Ametrina y Diurón en suelos de Colombia y España mediante estudios de adsorción y degradación en condiciones de laboratorio*.
- Morales-Moya, W. L., Armiñana-García, R., Vázquez-Rodríguez, R., Iannacone, J., Moreno-Hernández, M., Artilles-Vargas, L. A. & Ieve-Fariñas, F. (2024). Distribución espacial e impacto ambiental, tras incendios en el vertedero de Santa Clara, Villa Clara, Cuba.



- BioTempo*, 21(1), 73-86.
<https://doi.org/10.31381/biotempo.v21i1.6421>
- Morales-Rojas, M., Aké-Canul, D., Balam-Gómez, M. & Cohuo-Cob, S. (2023). Factores de riesgo asociados al almacenamiento excesivo de medicamentos en una zona urbana de México. *Ciencia y Enfermería*, 29(16).
<https://doi.org/10.29393/CE29-16FRMS40016>
- Palacios-Nava, L. M.-T. (2004). Diferencias en la salud de jornaleras y jornaleros agrícolas migrantes en Sinaloa, México. *Salud Pública de México*, vol.46, no. 4.
- Ramírez, A. H. M., Jhala, A. J. & Singh, M. (2012). Efficacy of PRE and POST Herbicides for Control of Citron Melon (*Citrullus lanatus* var. *citroides*). *Weed Technology*, 26(4), 783-788.
<https://doi.org/10.1614/WT-D-12-00063.1>
- Ramírez-Campos, M. A. (2020). El uso de pesticidas en la agricultura y su desorden ambiental. *Revista de Investigación en Agricultura y Medio Ambiente*, 6(2), 40-47.
<https://doi.org/10.35563/revan.v6i2.210>
- Ramírez-Mora, E., Pérez-Vázquez, A., Landeros-Sánchez, C., Martínez-Dávila, J. P., Villanueva-Jiménez, J. A., & Lagunés Espinoza, L. C. (2019). Occupational exposure to pesticides in sugarcane agroecosystems in the central region of Veracruz state, Mexico. *Revista Bio Ciencias*, 6, e495.
<https://doi.org/10.15741/revbio.06.e495>
- Ramírez-Medorio, N. J., Hernández-Rosas, F., Osorio-Acosta, F., López-Collado, J., Figueroa-Rodríguez, K. A., & Amante-Orozco, A. (2019). Composición química de volátiles de hojas de caña de azúcar y pastos mediante cromatografía de gases. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 22, 129-138.
<https://doi.org/10.29312/remexca.v0i22.1864>
- Rangel-Ortiz, E., Landa-Cansigno, O., Páramo-Vargas, J., & Camarena-Pozos, D. A. (2023). Prácticas de manejo de plaguicidas y percepciones de impactos a la salud y al medio ambiente entre usuarios de la cuenca del Río Turbio, Guanajuato, México. *Acta Universitaria*, 33, 1-26.
<https://doi.org/10.15174/au.2023.3749>
- Rose, M. T., Cavagnaro, T. R., Scanlan, C. A., Rose, T. J., Vancov, T., Kimber, S., Kennedy, I. R., Kookana, R. S., & Van Zwieten, L. (2016). Impact of Herbicides on Soil Biology and Function. *Advances in Agronomy*, 136, 133-220.
<https://doi.org/10.1016/bs.agron.2015.11.005>
- Ruiz-Corral, J. A., Medina-García, G., González-Acuña, I. J., Flores-López, H. E., Ramírez-Ojeda, G., Ortiz-Trejo, C., Byerly-Murphy, K. F., & Martínez-Parra, R. A. (2013). *Requerimientos agroecológicos de cultivos* (2.^a ed.). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigación Regional Pacífico, Centro Campo Experimental Centro Altos de Jalisco.
- Villar-Argaiz, D., Gómez-Beltrán, D. A., & Cano P., A. (2021). Destino ambiental y efectos ecológicos de los tres herbicidas más utilizados en Colombia. *CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 16(2), 47-75.
<https://doi.org/10.21615/cesmvz.6238>
- Zepeda-Jazo, I. (2018). Manejo sustentable de plagas agrícolas en México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 15(1), 99-108.



USO DE BIOESTIMULANTES EN PLANTAS DE CRESTA DE GALLO (*Celosia cristata*) EN CONDICIONES DE CAMPO

USE OF BIOSTIMULANTS IN COCK'S COMB PLANTS (*Celosia cristata*) UNDER FIELD CONDITIONS

José Perea-Bojórquez¹, Delfina Salinas-Vargas¹), Ramiro Maldonado-Peralta^{1§}, Andrés León-Villanueva¹,
María Ángeles Maldonado-Peralta²

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Guasave. Carretera a la Brecha, S/N. Burrioncito, Guasave, Sinaloa. CP. 81149. ²Universidad Autónoma de Guerrero, Unidad Académica Región de la Costa Chica, Licenciatura en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Cruz grande, Municipio de Florencio Villareal, Guerrero, México. [§]Autor de correspondencia: (maldonado.ramiro.1981@gmail.com).

RESUMEN

El objetivo fue medir el efecto de los bioestimulantes en cultivo de cresta de gallo (*Celosia cristata*) en su producción en la zona de Guasave, Sinaloa, México. El trabajo se realizó en el campo experimental del Instituto Tecnológico Superior de Guasave. Para evaluar campo abierto el efecto de cinco bioestimulantes: 1) XP-Amino, 2) X-Plendor, 3) SeaMYNE, 4) SYNTEK, 5) Testigo, 6) Greenforce+micros y 7) invernadero. Se midieron variables agronómicas, biomasa total (g) y área foliar (m²). El diseño experimental y tratamientos fueron establecidos y analizados en un diseño completamente al azar con tres repeticiones. Cada unidad experimental fue una planta. Como resultados tenemos que Arrojando que en todas las características medidas se detectaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$). El bioestimulante SeaZYME presentó la mayor acumulación de biomasa. Las plantas cultivadas en condiciones protegidas de maya sombra generaron flores de mayor calidad en diámetro y peso seco de flor. Variables ligadas a la calidad de flor, la cual actualmente resulta ser la parte de la planta con mayor interés en el mercado. Como conclusión tenemos que producto usado como bioestimulante SeaZYME, presentó mejor valor con 146 g en la

producción de biomasa, donde promovió el crecimiento e incrementaron la calidad.

Palabras clave: bioestimulantes, SeaZYME, biomasa, malla sombra.

ABSTRACT

The objective was to measure the effect of biostimulants on the production of cockscomb (*Celosia cristata*) in the area of Guasave, Sinaloa, Mexico. The work was carried out in the experimental field of the Instituto Tecnológico Superior de Guasave. To evaluate the effect of five biostimulants: 1) XP-Amino, 2) X-Plendor, 3) SeaMYNE, 4) SYNTEK, 5) Control, 6) Greenforce+micros and 7) greenhouse. Agronomic variables, total biomass (g) and leaf area (m²) were measured. The experimental design and treatments were established and analyzed in a completely randomized design with three replications. Each experimental unit was one plant. The results showed that significant differences ($p \leq 0.05$) were detected in all the characteristics measured. The SeaZYME biostimulant presented the highest biomass accumulation. Plants grown under protected shade conditions generated higher quality flowers in terms of diameter and flower dry weight. These variables are linked to flower quality,



which is currently the most interesting part of the plant in the market. In conclusion, the product used as biostimulant SeaZYME presented the best value with 146 g in biomass production, where it promoted growth and increased quality.

Index words: biostimulants, SeaZYME, biomass, shade net.

INTRODUCCIÓN

En México, la festividad del día de muertos es una de las fechas más especiales e importantes para cada una de las regiones del país y sus culturas, la demanda de flor de cempasúchil, cresta de gallo, crisantemo y nube son de las flores de mayor demanda (SADER, 2023). En 2022 el Estado de México aportó el 4.6 % en manojos de cresta de gallo del volumen de producción a nivel nacional (SIAP, 2022).

La situación que viven los productores en Sinaloa con el precio en las ventas de hortalizas y granos, lo que da pauta en buscar de otras alternativas para introducir otros cultivos; en este caso, el cultivo de ornamentales es una buena opción (Posadas-Segura, 2017). La Fundación Produce Sinaloa (FPS) A.C., busca validar proyectos de flores (alcatraz de color, anturios y nochebuenas) con potencial para el sur de Sinaloa. Las causas principales por las que no se cultivan más variedades de plantas ornamentales, son la falta de conocimiento sobre su propagación, el manejo de comercialización y falta de estudios de mercado (FPS, 2023). En la zona norte del estado se trabaja con floricultura, que es un área poco explotada y dentro de ellas está la flor cresta de gallo, flor de terciopelo, mano de pantera, celosia (*Celosia cristata*). Es un género de plantas anuales, ornamentales y comestibles dentro de la familia Amaranthaceae, es nativa de Asia tropical (Gould, 2018) y se desarrolla sin problemas.

Las plantas están continuamente expuestas a estrés bióticos, lo cual hace que se adaptan y evolución a través del tiempo, además, desarrollan defensas a condiciones adversas (Nawaz et al., 2023). Estas estrategias de defensa en las plantas pueden mejorarse y sensibilizarse utilizando diversos estímulos biológicos y químicos (Anjali et al., 2023; Iqbal et al., 2021). Hay evidencia del uso de bioestimulantes como agentes de estimulación de plantas (Martínez-Lorente et al., 2024; Zhang et al., 2024). Según du Jardin (2015) definen, bioestimulantes como “cualquier sustancia o microorganismo aplicado a las plantas con el objetivo de mejorar la eficiencia nutricional, tolerancia al estrés abiótico o los atributos de calidad del cultivo, independientemente de su contenido de nutrientes”. Por lo anterior, el objetivo fue evaluar los efectos de los bioestimulantes en cultivo de cresta de gallo (*Celosia cristata*) en su producción de flores en la zona de Guasave, Sinaloa, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El experimento se llevó a cabo en campo experimental del Instituto Tecnológico Superior de Guasave, Sinaloa, localizado a 25° 33' 55" N y -108° 28' 18" O a una altitud de 21 m. En Guasave prevalecen tres tipos de clima: el seco, muy cálido y cálido que predomina en la sindicatura del Burrión, con una temperatura media de 25.1 °C, una máxima 43.0 °C y la mínima 3.0 °C (INEGI, 2017). Las semillas se obtuvieron de flores sembradas en el ciclo anterior en la misma zona.

Manejo del cultivo

La siembra de la semilla de cresta de gallo se realizó el día 07 de julio del 2022 en una cama de 20 m por 0.5 m de ancho, se regó y se usó un rastrillo para abrir el suelo a capacidad de campo y se arrojó la semilla al boleó y se pasó de nuevo el rastrillo para cubrirlas.



El trasplante se realizó el 08 de agosto en surcos de 0.7 m ancho y de largo 20 m de longitud con una densidad de 12 plantas por m lineal, en un suelo de textura franca arcillosa. La dosis de fertilización fue 80-60-50, kg ha⁻¹ de N-P-K (Romero-Romano et al., 2021), se aplicó la mitad de N y todo el P y K al momento de la siembra y el resto de N se aplicó a través antes de la floración haciendo un círculo cerca de base de la planta y se cubrió con la misma tierra. Las fuentes de fertilización fueron Urea, MAP y cloruro de potasio, los que se aplicaron antes de la siembra y el resto de N antes de floración. Se aplicaron 10 riegos por inundación (1 de asiento y 9 de auxilio) y para el control de plantas arvenses se aplicó herbicida pre-emergente (Paraquat), y un deshierbe manual durante los dos primeros meses.

Diseño de muestreo

El diseño experimental fue completamente al azar con tres repeticiones. Cada unidad experimental estuvo constituida por tres surcos de tres m, por cada tratamiento. Los tratamientos fueron: XP-Amino, X-Plendor, SeaZYME, SYNTEK, Greenforce+micros, contenido en la **Tabla I**, Se aplicaron con un atomizador en cada área marcada

como unidad experimental y el testigo e invernadero (las plantas en invernadero no se aplicaron tratamientos). Los bioestimulantes se aplicaron porque veíamos daños plagas y para reducir el estrés. Para la evaluación de variables agronómicas se usaron seis plantas tomada del centro de surco: 1) altura de planta (m) que se midió desde la base hasta la punta de la flor, 2) número de hojas por planta, se contaron todas las hojas por planta, 3) diámetro de tallo (mm) mediante un vernier metálico digital, 4) área foliar (AF) se obtuvo dibujando la hojas en hojas cuadrículadas y se contaron los cuadros en m², 45) número de ramas, conteo de número de ramas por planta, 6) diámetro ecuatorial y 7) polar de la flor, se midió con en vernier digital.

La biomasa se obtuvo de las mismas seis plantas y se llevaron al laboratorio para su disección y su secado: 8) raíz, 9) tallo, 10) hojas y 11) flor. Para biomasa total, se colocaron en bolsas de papel etiquetadas y se secaron en una estufa de aire forzado (Riossa®, México) a 70 °C hasta peso constante, posteriormente se registró el peso seco con la balanza Ohaus (modelo CS 5000; China) de cada parte de la planta.

Tabla I. Productos usados.

XP-Amino	X-Plendor	SeaZYME	SYNTEK	Greenforce+micros
Aminoácidos totales 32.00 % de los cuales son Aminoácidos libres 24.80 %	Citocininas 2300 ppm Giberelinas 40 ppm	Algas marinas 20.00 % (<i>Ascohyllum nodosum</i>) Aminoácidos 16.50 %	Fósforo como P ₂ O ₅ 26.640% Potasio como K ₂ O 38.050%	Nitrógeno 3.00 % Fósforo 1.5 %
Nitrógeno 3.00 %	Ácido Indol-acético 30 ppm	Fósforo 10.00 %	Boro (B) 0.520%	Potasio 6 %
Fósforo 3.00 %	Aminoácidos P 10.00%	Potasio 10.00 %	Manganeso (Mn) 0.050%	Fierro (Fe) 150 ppm
Potasio 3.00 %	Fósforo K5.00%		Zinc (Zn) 0.065%	Zinc (Zn) 90 ppm
	Potasio 20.00%		Cobre (Cu) 0.040%	Boro (B) 70 ppm
			Fierro (Fe) 0.039%	



Tabla 2. Valores estimados de los parámetros poblacionales: media, coeficiente de variación (CV) y diferencia mínima significativa (DMS) del uso de biestimulantes en plantas de cresta de gallo en Guasave, Sinaloa.

Variable	Media	Desv. est.	Intervalo (mín.-máx.)	CV (%)	DMS
Altura de planta (m)	1.2	1.2	7-12	5	0.17
Número de ramas	0.4	0.2	1.5-2.2	23	1.23
Número de hojas	33	1.8	0-6	7	6.38
Diámetro de tallo (mm)	2.4	9.6	30-68	10	1.77
Diámetro polar de flor (mm)	31.3	2.1	30-68	7	2.07
Diámetro ecuatorial de flor (mm)	37.9	4.4	9-29	12	2.71
Peso seco hojas (g)	47.1	7.2	17-45	8	3.69
Peso seco tallo (g)	0.8	5.0	11-30	11	4.02
Peso seco flor (g)	38.2	16.5	62-129	6	9.35
Peso seco raíz (g)	28.0	1.6	5-12	11	1.58
Biomasa (g)	30.7	28.0	104-219	6	15.18
Área foliar (m ²)	5.8	0.2	0.4-1.1	6	0.07



Figura 1. Diferentes tratamientos (bioestimulantes) de plantas de cresta de gallo.

Manejo y análisis de datos

Las variables agronómicas y biomasa se sometieron a un análisis de varianza mediante el diseño experimental completamente al azar y una prueba

de separación medias por el método Tukey ($p \leq 0.05$), mediante el programa estadístico SAS (versión 9.0).



En la **Figura I** se muestra las plantas de cresta de gallo y el efecto de los diferentes tratamientos aplicados donde cada producto genero efecto diferente. El producto SeaZYME fue el que mejoro la calidad de flor, este contiene algas marinas y aminoácidos y según Mughunth et al. (2024) mencionan que las algas marinas estimulan la inmunidad y proteger contra varios estreses a la planta.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los parámetros estadísticos de la **Tabla 2** evidencian una amplia variación entre las plantas de cresta de gallo evaluadas con diferentes productos usados como bioestimulantes. Los valores más altos tanto en la desviación estándar, intervalo, coeficientes de variación y la diferencia mínima significativa la presentó el peso seco de flor. Esta variable es de gran importancia ya que la biomasa refleja la magnitud de la conversión de energía durante el proceso de fotosíntesis (Kumar et al., 2015), proceso donde las plantas

transforman el dióxido de carbono (CO_2) del aire y el agua del suelo en carbohidratos que almacenan energía química, mediante el proceso de conversión fotoelectroquímica (Taiz y Zeiger, 2009; Bustamante-García et al., 2013).

En todas las características medidas se detectaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre las variedades agronómicas, biomasa y área foliar, por el efecto del uso de bioestimulante **Tabla 3 y 4**). Hay evidencia de bioestimulantes como agentes de activan las plantas, como lo demuestra los resultados obtenidos de estas formulaciones para promover y sensibilizar las defensas y la resistencia de las plantas contra diferentes estreses ambientales (Fleming et al., 2019). En la última década, el campo de los bioestimulantes en plantas ha crecido constantemente en la industria agrícola y se ha posicionado como una de las estrategias emergentes clave para mejorar la producción de cultivos y la resistencia al cambio climático (Nephalí et al., 2020).

Tabla 3. Suma de cuadrados del análisis de varianza de las variables agronómicas medidas del uso de bioestimulantes en plantas de cresta de gallo en Guasave, Sinaloa.

Fuente de variación	Grados de libertad	Altura de planta (m)	Número			Diámetro		
			ramas	hojas	tallo (mm)	ecuatorial de flor (cm)	polar de flor (cm)	
Sumas de cuadrados								
Modelo	11	1.5**	121**	1317**	30**	149 **	727**	
Error	30	0.2	13	368	28	38	66	
Total	41	1.7	135	3785	58	188	794	

** Significativos a los niveles de probabilidad 0.05.

Tabla 4. Suma de cuadrados del análisis de varianza de las variables de biomasa y área foliar medidas del uso de bioestimulantes en plantas de cresta de gallo en Guasave, Sinaloa.

Fuente de variación	Grados de libertad	Peso seco hojas (g)	Peso seco de tallo (g)	Peso de flor (g)	Peso de raíz (g)	Biomasa total (g)	Área foliar (m²)
		Sumas de cuadrados					
Modelo	11	2005**	878**	10392**	82**	29976**	1.2**
Error	30	123	146	790	22	2081	0.1
Total	41	2128	1024	11182	105	32058	1.3

** Significativos a los niveles de probabilidad 0.05.



Las plantas que desarrollaron mayor altura fueron las que se establecieron en invernadero (2.2 m) y a las que se les aplicó tratamientos el XP-Amino y Greenforce+micros presentaron la altura menor con 1.6 m ambos, a lo largo del ciclo de crecimiento (**Tabla 5**). En este cultivo la altura recomendada sería de 1.2 ya que a mayor altura están más expuestas a que el viento las acame o las dañe.

El mayor número de ramas se presentó donde se aplicó el aminoácido XP-Amino, con un promedio de 6 ramas por planta comparado con Greenforce+micros que solo hubo una rama en promedio. Según Yon (2004) en el cultivo de rosa el desbrote es una de las labores que se realiza con el objetivo de darle mayor vigor a los tallos y se trabajan en los tallos delgados para promover su crecimiento y engrosamiento, y así obtener una flor de buena calidad.

El número de hojas por planta de cresta de gallo es diferente entre tratamientos; las plantas que crecieron en condiciones protegidas (invernadero) generaron el mayor número de hojas con 59 vs. 32 hojas en el tratamiento con SeaZYME, y la aplicación de bioestimulante disminuyó la cantidad a 27 hojas en condiciones de campo. Las hojas son importantes ya que asimilan hasta 80 % del carbono fijado (Lemoine et al., 2013; Li et al., 2023).

La testigo resultó con el mayor diámetro de tallo de planta de cresta de gallo con 10.7 mm y el tratamiento con SYNTEK presentó el valor más bajo con 8.4 mm. Según Mladenović et al. (2020) encontraron que la densidad de plantas de girasol y las condiciones ambientales, tiene una fuerte

influencia en el diámetro del tallo, a menor espacio entre plantas provoca el desarrollo de tallos más delgados, lo cual es importante para la producción de flores cortadas destinadas a arreglos florales y ramos de flores. En otra investigación realizado por Beg et al. (2007) mencionan que plantas de girasol más altas produjeron tallos más delgados, lo que confirma nuestros resultados.

Las plantas que se sembraron en condiciones protegidas tuvieron mayor diámetro ecuatorial y polar de flor (19 y 22 cm respectivamente) y las flores más pequeñas se obtuvieron en el testigo con diámetro ecuatorial 10 cm y polar 9.7 cm, según Mladenović et al. (2020) se preguntaron: ¿cuál sería el tamaño óptimo de una flor en cuanto a su atractivo y estabilidad? El diámetro más pequeño es adecuado para la producción de girasoles cortados porque esas flores son más adecuadas y fáciles de manejar en diferentes arreglos florales. En esta investigación, se coincide, ya que las florerías querían flores con un tamaño mediano (14 cm) no tan grande, ya que son más pesadas. Es una flor que se usa para adornar el altar o las tumbas de las personas difuntas en la fiesta de muertos en México, las amas de casa prefieren flores más grandes para usar menos en el florero, por lo que existe diversidad en el mercado.

Las plantas de cresta de gallo en condiciones protegidas resultaron con mayor producción de peso seco de hojas, tallo, raíz y flor (**Tabla 6**) y según Sun et al. (2019) señalan que, la relación entre la biomasa de la hoja y el tallo, y el diámetro del tallo son importantes para nuestra comprensión de una amplia escala de importantes relaciones con la fotosíntesis y, por lo tanto, con el crecimiento.



Tabla 5. Variables agronómicas usando bioestimulantes en plantas de cresta de gallo Guasave, Sinaloa.

Bioestimulante	Altura de planta (m)	Número de ramas	Número de hojas	Diámetro de tallo (mm)	Diámetro ecuatorial de flor (cm)	Diámetro polar de flor (cm)
XP-Amino	1.6 c	5.5 a	56 ab	8.8 b	15.2 bc	11.1 b
X-Plendor	1.7 bc	2.3 c	41 cd	9.3 ab	14.8 bc	10.2 b
SeaZYME	1.8 b	2.8 bc	32 c	9.5 ab	14.2 bcd	12.0 b
SYNTEK	1.7 bc	2.3 c	41 d	8.4b	13.5 cd	9.7 b
Testigo	1.8 bc	4.0 b	46 cd	10.7 a	10.0 d	11.7 b
Greenforce	1.6 bc	1.0 d	52 bc	8.5 b	11.6 b	11.7 b
Invernadero	2.2 a	4.0 ab	59 a	8.5 b	19.0 a	22.1 a

Medias con distintas letras por columna indican diferencias significativas (Tukey, $\alpha = 0.05$).

Tabla 6. Variables de biomasa y área foliar en plantas de cresta de gallo en Guasave, Sinaloa.

Bioestimulante	Peso seco de hojas (g)	Peso seco de tallo (g)	Peso de flor (g)	Peso seco raíz (g)	Biomasa total (g)	Área foliar (m ²)
XP-Amino	24.6 b	20.9 bc	83.8 cd	7.7 ^{cbd}	137 b	0.7 b
X-Plendor	21.2 b	14.8 de	75.9 de	6.8 cd	119 c	0.5 cd
SeaZYME	23.9 b	18.3 cd	95.6 b	8.5 b	146 b	0.5 cd
SYNTEK	22.7 b	22.8 b	68.6 c	6.1 d	120 c	0.6 c
Testigo	18.4 c	12.5 e	72.0 c	6.4 d	109 e	0.5 d
Greenforce	21.3 b	18.3 cd	87.6 bc	8.3 bc	135 b	0.6 b
Invernadero	41.1 a	27.2 a	117.6 a	10.4 a	196 a	1.0 a

Medias con distintas letras por columnas indican diferencias significativas (Tukey, $\alpha = 0.05$).

Las plantas testigo resultaron las más afectadas en la producción de biomasa total y según Nephali et al., (2020) mencionan que se debe a que están continuamente expuestas a estreses bióticos (plagas y patógenos) y abióticos (sequía, temperaturas extremas y salinidad), lo que conduce a ajustes y remodelaciones frecuentes de las defensas de la planta, aunque hay autores como Mareri et al. (2022) resaltan la función del sistema de defensa antioxidante para la desintoxicación y homeostasis de especies reactivas de oxígeno (ERO). Además, cada vez hay más evidencia de que los extractos de algas marinas pueden actuar como estímulos de

defensa adaptativa contra factores de estrés bióticos y abióticos en las plantas (Fleming *et al.*, 2019; Rasul et al., 2021).

El tratamiento SYNTEK no presentó efecto positivo en la variable de peso seco de flor de cresta de gallo y se atribuye a que el producto contiene nutrientes y que pudieron provocar un desequilibrio nutrimental, y concuerdo con Cabral y colaboradores en 2015 menciona que al presentar este problema se disminuye la calidad visual de la planta. El área foliar de plantas producidas en invernadero (1 m²) es el doble que



la del testigo (0.5 m²); el manejo agronómico de los factores bióticos y abióticos que provocan una reducción del área foliar y que se traduce en reducción de biomasa. Lo que provoca una disminución de área foliar. Wang et al. (2014) indican que la pérdida de área foliar es importante porque la hoja es un órgano fundamental para la fotosíntesis, donde la energía de la luz es capturada por la clorofila y utilizada para sintetizar los compuestos de carbono y agua.

CONCLUSIONES

Los productos usados como bioestimulantes SeaZYME, XP-Amino y Greenforce+micros presentaron mejores valores: I46, I37 y I35 g respectivamente en la producción de biomasa, donde promovieron el crecimiento e incrementaron la calidad de la flor. Las condiciones protegidas (invernadero) generaron mejores condiciones para el desarrollo de las flores y por ende de mayor calidad ya que no hubo daño por los insectos de foliadores. Las plantas testigo presentaron los valores más bajos en tamaño de flor, acumulación de biomasa y área foliar, se requiere de productos que estimulen el crecimiento y protejan contra el estrés que se presenta en campo producido por diferentes condiciones adversas.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Instituto Tecnológico Superior de Guasave por el área donde se realizó el experimento.

REFERENCIAS

Anjali, Kumar, S., Korra, T., Thakur, R., Arutselvan, R., Kashyap, A.S., Nehela, Y., Chaplygin, V., Minkina, T. & Keswani, C. (2023). Role of plant secondary metabolites in defence and transcriptional regulation in response to biotic stress. *Plant Stress*, 8,

100154.

<https://doi.org/10.1016/j.stress.2023.100154>

Beg, A., Pourdad, S. S. & Alpour, S. (2007). Row and plant spacing effect on agronomic performance of sunflower in warm and semi-cold areas of Iran. *Helia*, 30, 99-104. <https://doi.org/10.2298/HEL0747099B>

Bustamante-García, V., Carrillo-Parra, A., González-Rodríguez, H., Ramírez-Lozano, R. G., Corral-Rivas, J. J. & Garza-Ocañas, F. (2013). Evaluation of a charcoal production process from forest residues of *Quercus sideroxyla* Humb., & Bonpl. in Brazilian beehive kiln. *Industrial Crops and Products*, 42, 169-174. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.04.034>

du Jardin, P. (2015). Plant biostimulants: definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horticulturae*, 196, 3-14. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.021>

Cabral, N. A., Furtini, B. K.V. & Mattson S.N. (2015). Nutrition and Quality in Ornamental Plants. *Revista Brasileira de Horticultura Ornamental*, 21(2), 139. <https://doi.org/10.14295/aohl.v21i2.809>

Fleming, T.R., Fleming, C.C., Levy, C.C. B., Repiso, C., Hennequart, F., Nolasco, J.B. & Liu, F. (2019). Biostimulants enhance growth and drought tolerance in *Arabidopsis thaliana* and exhibit chemical priming action. *Annals of Applied Biology*, 174, 153-165. <https://doi.org/10.1111/aab.12482>

FPS, Fundación Produce Sinaloa. (2023). *Plantas ornamentales con potencial productivo en Sinaloa*. <https://www.fps.org.mx/portal/index.php/notas/1396-plantas-ornamentales-con-potencial-productivo-en-sinaloa>



- Gould, A. B. (2018). Diseases of Celosia. In: McGovern, R., Elmer, W. (eds) Handbook of Florists' Crops Diseases. Handbook of Plant Disease Management. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-39670-5_31
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2017). *Anuario Estadístico de Sinaloa 2017*. Dirección General de Geografía y Medio Ambiente. Catálogo Único de Claves de Áreas Geoestadísticas Estatales, Municipales y Localidades. 475 p. <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/geoestadistica/catalogoclaves.aspx>. (29 de Mayo de 2023).
- Kumar, A., Kumar, N., Baredar P. & Shukla, A. (2015). A review on biomass energy resources, potential, conversion and policy in India. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 45, 530-539. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.02.007>
- Iqbal, Z., M. Shariq Iqbal, A. Hashem, E Fathi A. & M. Israíl A. (2021) Plant Defense Responses to Biotic Stress and Its Interplay With Fluctuating Dark/Light Conditions. *Frontiers in Plant Science*, 12, 631810. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.631810>
- Lemoine, R., La Camera, S., Atanassova, R., Dédaldéchamp, F., Allario, T., Pourtau, N., Bonnemain, J., Laloi, L. M., Coutos, P., Maurousset, T. L., Faucher, M., Girousse, C., Lemonnier, P., Parrilla, J. & Durand. M. (2013). Source-to-sink transport of sugar and regulation by environmental factors. *Frontiers in Plant Science*, 4, 272-283. <https://doi.org/10.3389/fpls.2013.00272>
- Li, Y. T., Gao H. Y. & Zhang Z. S. (2023). Effects of Environmental and Non-Environmental Factors on Dynamic Photosynthetic Carbon Assimilation in Leaves under Changing Light. *Plants*, 12(10), 2015. <https://doi.org/10.3390/plants12102015>
- Mareri, L., Parrotta, L., & Cai, G. (2022). Environmental Stress and Plants. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(10), 5416. <https://doi.org/10.3390/ijms23105416>
- Martínez-Lorente S.E., Martí-Guillén J.M., Pedreño M.Á., Almagro L. & Sabater-Jara A.B. (2024). Higher Plant-Derived Biostimulants: Mechanisms of Action and Their Role in Mitigating Plant Abiotic Stress. *Antioxidants*, 13(3), 318. <https://doi.org/10.3390/antiox13030318>
- Mladenović, E., Cvejić, S., Jocić, S., Ćuk, N., Čukanović, J., Jocković, M. & Marjanović-Jeromela, A. (2020). Effect of plant density on stem and flower quality of single-stem ornamental sunflower genotypes. *Horticultural Science*, 47(1), 45-52. <https://doi.org/10.17221/10/2019-HORTSCI>
- Mughunth, R. J., Velmurugan, S., Mohanalakshmi, M. & Vanitha K. (2024). A review of seaweed extract's potential as a biostimulant to enhance growth and mitigate stress in horticulture crops. *Scientia Horticulturae*, 334, 113312. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2024.113312>
- Nawaz, M., Sun, J., Shabbir, S., Khattak, W.A., Ren, G., Nie, X., Bo, Y., Javed, Q., Du, D. & Sonne, C. (2023). A review of plants strategies to resist biotic and abiotic environmental stressors. *Science of the Total Environment*, 900, 165832. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.165832>
- Nephali, L., Piater, L. A., Dubery, I. A., Patterson, V., Huyser, J., Burgess, K., & Tugizimana, F. (2020). Biostimulants for Plant Growth and Mitigation of Abiotic Stresses: A Metabolomics Perspective. *Metabolites*, 10(12), 505. <https://doi.org/10.3390/metabo10120505>



- Posadas-Segura, F. (2017). La situación de los trabajadores rurales en Sinaloa. *Estudios sociales*, 27(49), 243-271.
- Rasul, F., Gupta, S., Olas, J., Gerchev, T., Sujeeth, N. & Mueller-Roeber, B. (2021). Priming with a seaweed extract strongly improves drought tolerance in Arabidopsis. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(3), 1469. <https://doi.org/10.3390/ijms22031469>.
- Romero-Romano, C.O., Ocampo-Mendoza J., Sandoval-Castro E., Navarro-Garza H. y Franco-Mora O. (2021). Densidades de plantas y dosis de fertilización en el cultivo de amaranto. *Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas*, 12(5), 937-44. <https://doi.org/10.29312/remexca.v12i5.2769>.
- Taiz, L. y E. Zeiger. (2009). *Fisiología vegetal*. 4 edición Sunderland: Sinauer Associates Inc Publishers. 848 p.
- SADER, Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2023). *Estima Agricultura más de 4 mil mdp en producción de flores por celebración de Día de Muertos 2023*. <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/estima-agricultura-mas-de-4-mil-mdp-por-produccion-de-flores-de-temporada-al-finalizar-2023>
- SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2022). *Terciopelo, Análisis de la Producción Estratégica del Estado de México 2020*. https://secampo.edomex.gob.mx/sites/secampo.edomex.gob.mx/files/files/Produccion_Campo/cultivos_2021_Cierre_2020-Dic2021.pdf
- Sun, J., Wang M., Lyu, M., Niklas, K.J., Zhong, Q., Li, M. & Cheng D. (2019). Stem Diameter (and Not Length) Limits Twig Leaf Biomass. *Frontiers in Plant Science*, 10, 185. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00185>
- Wang, L., Yang, X., Ren, Z. & Wang, X. (2014). Regulation of Photoassimilate Distribution between Source and Sink Organs of Crops through Light Environment Control in Greenhouses. *Agricultural Sciences*, 5(4), 250-256. <https://doi.org/10.4236/as.2014.54028>
- Zhang, X., Yin, J., Ma, Y., Peng, Y., Fenton, O., Wang, W., Zhang, W. & Chen Q. (2024). Unlocking the potential of biostimulants derived from organic waste and by-product sources: Improving plant growth and tolerance to abiotic stresses in agriculture. *Environmental Technology & Innovation*, 34, 103571 <https://doi.org/10.1016/j.eti.2024.103571>



BIOGRAN: BIOMETANO PARA CONTROL DEL GORGOJO (*Sitophilus zeamais* Motschulsky, (Coleoptera: Curculionidae)) EN GRANOS DE MAÍZ

BIOGRAN: BIOMETHANE PRODUCTION TO CONTROL THE WEEVIL (*Sitophilus zeamais* Motschulsky, (Coleoptera: Curculionidae)) IN CORN GRAINS

Genaro Pérez-Jiménez^{1§}, Giovanna I. Fuentes Escobar², César del Ángel Hernández-Galeno³, Antonio Vidal- Martínez⁴, Josset Sánchez-Olarte⁵

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Campo experimental San Martinito, Santa Rita Tlahuapan, Carretera Federal México-Puebla Km 56.5, CP 74100. ³INIFAP-Campo experimental Iguala. ⁴INIFAP-Campo experimental Santiago Ixcuintla. ²Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo- Recursos Genéticos y Productividad- Fisiología Vegetal Carretera México-Texcoco Km. 36.5, Montecillo Texcoco 56264, Estado de México. ⁵Tecnológico Nacional de México, campus San Martín Texmelucan, Camino a la Barranca de Pesos s/n, San Martín Texmelucan de Labastida Pue., C. P. 74120 México [§]Autor de correspondencia: (genaro.inifap@gmail.com).

RESUMEN

BIOGRAN es un sistema de producción de biofertilizante y la captación de gas metano como tratamiento insecticida. El objetivo fue evaluar BIOGRAN y su letalidad en el control del gorgojo del maíz como alternativa poscosecha. Se estudiaron treinta y sesenta días de maduración del biofertilizante y tres genotipos de semillas inoculadas de gorgojos, además de una observación cualitativa del biofertilizante obtenido. Se realizó un análisis estadístico con el paquete estadístico SAS ver. 9.2. En los resultados, no se identificaron diferencias a los dos tiempos de fermentación, por lo que se consideró un producto de maduración completa.; la mortalidad del gorgojo se observó con efectividad a los 60 días, en cuanto a la pérdida de peso del grano, al que se le aplicó dicho sistema reporto una pérdida de 10 a 15g en contraste al de los tratamientos testigo cuya perdida fue de 150 a 200g después de los 60 días. Por lo tanto, se concluye que el sistema BIOGRAN es una tecnología de fácil elaboración y acceso a productores, con alta efectividad en el control del gorgojo del maíz en todos sus estadios biológicos.

Palabras clave: almacenamiento, biofertilizante, gas metano, poscosecha

ABSTRACT

BIOGRAN is a system for the production of biofertilizer and the capture of methane gas as an insecticide treatment. The objective was to evaluate BIOGRAN and its lethality in the control of the corn weevil as a postharvest alternative. Thirty and sixty days of biofertilizer maturation and three genotypes of weevil inoculated seeds were studied, in addition to a qualitative observation of the biofertilizer obtained. Statistical analysis was carried out with the SAS statistical package ver. 9.2. In the results, no differences were identified at the two fermentation times, so it was considered a product of complete maturation; weevil mortality was observed effectively at 60 days, as for the loss of grain weight, the one that applied this system reported a loss of 10 to 15g in contrast to the control treatments whose loss was 150 to 200g after 60 days. Therefore, it is concluded that the



BIOGRAN system is a technology that is easy to develop and accessible to producers, with high effectiveness in the control of the corn weevil in all its biological stages.

Index words: Storage, biofertilizer, methane gas, postharvest.

INTRODUCCIÓN

México tiene como denominación centro de origen del maíz, y con ello una amplia diversidad de razas distribuidas y que se siembran en todos los nichos ecológicos del país. Es así que donde hay granos de maíz, también existen sus consumidores secundarios, plagas (insectos, aves o roedores); en específico, el gorgojo del maíz (*Sitophilus zeamais* Motschulsky, (Coleoptera: Curculionidae), es considerado como una plaga de importancia, dada su rápida tasa de multiplicación en un lapso corto de tiempo.

Un método de control es almacenar las semillas en recipientes que se puedan mantener cerrados, para que en el interior se apliquen pastillas a base de fosforo de aluminio que se gasifican, puesto que generan un amplio espectro de control sobre palomillas, gorgojos, barrenadores y otros insectos; sin embargo, su uso desmoderado ha traído complicaciones a la salud humana, tales como fallas renales y cáncer (Rodríguez, 2022). Otro compuesto de control de plagas en granos almacenados es el ingrediente activo Malathion, insecticida del grupo de los organofosforados que ha sido prohibido por inducir daños agudos y crónicos a la salud humana, sin embargo, aún en el mercado negro de tiendas de insumos agrícolas es posible encontrarlo disponible a su venta (Calderón et al., 2019).

Al respecto, se han reportado trabajos donde ocupan polvos inertes a base de epazote, ruda y ortiga (Rangel et al., 2020; Zurita et al., 2017), con aceptable efectividad al gorgojo del maíz (*S.*

zeamais Motschulsky), donde se ha demostrado que concentraciones de 7 y 10 g de polvo de epazote por kg-I de semilla muestran un buen control. Sin embargo, la desventaja de usar polvos es cuando no se logra uniformidad en la cobertura del grano y esto, genera brotes internos en los almacenes poniendo en riesgo la calidad y sanidad poscosecha de los granos almacenados (FAO, 2011).

Se ha demostrado que el uso de compuestos químicos que se gasifican tiene amplio espectro de control, prueba de ello son las pastillas de fosforo de aluminio, pero tiene implicaciones a la salud cuando este compuesto se mezcla con la humedad del grano, la pastilla libera fosfina (PH₃), compuesto que se absorbe rápidamente por inhalación, contacto o ingestión y es severamente tóxico para humanos y animales. En muchos casos, se ha demostrado ser precursor de daños al sistema digestivo, pues es un compuesto que no se degrada y se adhiere a los tejidos grasos de los seres que consumen el grano (Rodríguez, 2022).

El presente estudio se evalúan los resultados obtenidos por la tecnología BIOGRAN como sistema de producción de biometano para el control del gorgojo del maíz, además se consideró determinar la calidad cualitativa del biofertilizante que produce el gas a partir de la fermentación anaeróbica.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en una bodega, dentro de las instalaciones del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo experimental San Martinito, Puebla. Para el estudio se ocuparon semillas de maíz tres genotipos pertenecientes al programa de mejoramiento genético del campo experimental, que fueron colectadas del ciclo de producción 2022 (Tabla I).



Tabla I. Descripción de los genotipos de maíz puesto bajo estudio.

Número	Código	Tipo	Color	Raza
1	Azul	Criollo	Azul	Chalqueño
2	Blanco	Criollo	Harinoso	Cacahuacintle
3	Rojo	Criollo	Rojo	Chalqueño

Las semillas fueron revisadas para asegurar que no mostraran daños previos por insectos, o daños mecánicos que afectaran la calidad física seminal. La humedad de las semillas se estandarizó a un 13 % con un secador solar y la determinación fue con el equipo Twist Grain and Coffe PRO (Draminski®). En el almacén de granos de un productor cooperante se colectaron aproximadamente 1500 gorgojos de maíz (*S. zeamais* M.); dentro del laboratorio de INIFAP se colocaron jaulas en forma de cubos forrados de tela poliéster tricot, que contenían una muestra limpia de semillas maíz, donde fueron liberados los gorgojos para su reproducción, las condiciones ambientales fueron de un fotoperiodo de 12 horas luz y 12 de obscuridad.

Los contenedores fueron botes blancos con tapa original de capacidad de 19 L, con sellado hermético. El kit de ensamble consta de dos botes, al primer bote (modulo 1) solo se realiza una perforación y al segundo (modulo 2) dos distribuidas a los extremos de la tapa, ya realizadas las aberturas en cada una, se adapta una mini válvula inicial con goma para cinta de riego (Tamaño:17 mm, Marca: SURAGRO). Ambos botes se unen con una manguera transparente de 50 cm.

Los ingredientes del biofertilizante fueron materiales locales, los cuales se calcularon en proporciones a un volumen de 20 L (Tabla 2). En el módulo uno se disolvió en 10 L de agua cinco

kilos de excremento fresco de vaca, que se cribó con una coladera para eliminar partículas grandes del excremento, además se agregó medio kilo de ceniza, y se mantuvieron en agitación constante hasta lograr una mezcla homogénea. Por aparte, en un litro de agua se mezcló medio litro de leche bronca (cruda) de vaca, medio litro de melaza; la mezcla fue añadida al módulo uno y se agito hasta observar una mezcla homogénea. Los compuestos se aforaron con agua potable hasta completar 19 L. Mezclados los ingredientes, con la tapa modificada y la válvula de paso cerrada se cerró herméticamente.

Los factores de estudio fueron sistema con biogás y tratamiento solo con pastilla de fosfuro de aluminio, tiempo de fermentación (30 y 60 días) y genotipos de semillas (amarillo, blanco y rojo), dando como resultado 12 tratamientos (Tabla 3). El arreglo experimental fue de bloques completamente al azar de arreglo factorial a tres repeticiones por tratamiento. La unidad experimental para evaluar el tratamiento de biogás fue un par de módulos (módulo uno = biofertilizante y modulo dos = semillas almacenadas); mientras que para el tratamiento con fosfuro de aluminio solo fue el contenedor con grano por cada genotipo, donde se aplicó el producto Alufos 56® (fosfuro de aluminio 56 g de I.A kg⁻¹) de la marca Tridente™ en las dosis recomendadas por la ficha técnica y hoja de seguridad.



Tabla 2. Descripción de materiales para preparación del biofertilizante.

Ingredientes	Cantidades	Otros materiales
Agua (sin cloro)	13 L	Cubeta de plástico de 5 L, cuchara para mezclar, y colador grande.
Excremento fresco de vaca	5 kg	
Melaza (de caña)	500 mL	
Leche bronca (cruda)	500 mL	
Ceniza	500 g	

Tabla 3. Factores de estudio y niveles de evaluación en el control poscosecha del gorgojo de maíz con tratamientos de biogás y fosfuro de aluminio.

Tratamiento	Tiempo (días)	Genotipos (grano)	Nomenclatura
Biometano	30	Azul	BI30A
Biometano	30	Rojo	BI30R
Biometano	30	Blanco	BI30B
Biometano	60	Azul	BI60A
Biometano	60	Rojo	BI60R
Biometano	60	Blanco	BI60B
Fosfuro de aluminio	30	Azul	FA30A
Fosfuro de aluminio	30	Rojo	FA30R
Fosfuro de aluminio	30	Blanco	FA30B
Fosfuro de aluminio	60	Azul	FA60A
Fosfuro de aluminio	60	Rojo	FA60R
Fosfuro de aluminio	60	Blanco	FA60B

Después de haber preparado los biofertilizantes, por cada repetición de cada tratamiento, en los módulos dos se depositaron 19 kg de semilla y se liberaron 500 gorgojos, de edad desconocida y sin sexar, tomados del criadero previamente descrito. Los botes fueron cerrados herméticamente con su tapa modificada con la válvula cerrada. El par de módulos se unieron a través de una manguera para quedar conectados por la válvula de paso. Al módulo testigo solo se depositó al centro del grano 15 gr de pastilla de fosfuro de aluminio. Los tratamientos se mantuvieron en un sitio con sombra evitando

radiación solar directa que sobrecalentase los contenedores.

Después de cinco días de preparado los biofertilizantes se abrieron las dos válvulas de paso para que el biogás pasara del módulo uno al dos. El tiempo de fermentación del sistema, se evaluó treinta y sesenta días después de preparado el biofertilizante. Después de ese tiempo, las válvulas fueron cerradas y el módulo uno se destapó y evaluó de forma cualitativa el olor y color del biofertilizante, asignando una valoración de inmaduro cuando el olor se percibía de putrefacción y de color azul violeta, mientras que



se consideró maduro cuando el olor fue propio de fermentación dulce y de color café ámbar.

En el módulo dos donde se almacenó el grano para quedar expuesto al biogás, se destapó y cribó el grano almacenado y evaluó la pérdida de peso (kg) (PPG) (relacionado con el daño expresado al grano durante su exposición a los gorgojos), además se determinó el porcentaje de humedad del mismo. Como pruebas de calidad física del grano, se determinó el porcentaje de humedad y realizó una prueba de germinación de cada tratamiento para supervisar la germinación (%) (G) de tres repeticiones de diez semillas al azar por tratamiento entre papel. Los insectos fueron recolectados de la mezcla de polvo del grano y determinó la mortalidad (%) (M) y proliferación de los gorgojos respecto al total inoculado (%) (PG).

Los datos expresados como porcentaje fueron transformados con la función arcoseno y, se realizó un análisis de varianza por factores independientes e interacción para las variables de sanidad de semillas; donde se mostraron diferencias significativas, se realizaron pruebas de comparación múltiple de medias por Tukey ($p \leq 0.05$), todo con el paquete estadístico SAS ver. 9.2 (SAS Institute, 2004).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de la descripción cualitativa del biofertilizante no mostraron diferencias significativas, pues se observó que a los treinta y sesenta días el producto fue de olor a fermento y de color ámbar ubicándolo en la escala maduro. En los factores, el análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas en mortalidad, PPG (pérdida de peso de grano) y PG (proliferación de gorgojos), con diferencias significativas en G (Porcentaje de germinación) (Tabla 4). Se observó interacción entre los factores y efectos aditivos a la combinación de ellos pues los valores en interacción fueron altamente significativos.

El proceso por el cual se obtuvo control sobre el gorgojo, fue el circuito conectado del módulo uno donde ocurrió la fermentación y producción del biogás metano, mismo que pasó por la manguera al módulo dos donde se almacenó el grano. A la saturación del módulo dos con biogás, mató por intoxicación al gorgojo, mostrando como resultado un control total de los adultos. El efecto de exposición de los granos de maíz en el tiempo de fermentación del biofertilizante fue clave indicando que, a mayor tiempo de fermentación, mayor es el control del gorgojo (Figura 1a).

Tabla 4. Cuadrados medios y su significancia estadística del análisis de varianza de genotipo, radiación e interacción genotipo radiación.

FV	Mortalidad	PPG (g)	PG (%)	G (%)
Genotipos	49362.91**	559635.11**	15859.91**	90.89 *
Tiempo	94351.36**	1699546.77**	45000.55 **	120.25 *
Gen × Tiempo	10503.76**	353395.44**	11044.80 **	30.05 *
CV (%)	6.98	8.58	8.95	16.49626
R ²	0.99	0.99	0.99	0.66

FV: fuente de variación; **: altamente significativo ($p \leq 0.01$), *: significativo ($p \leq 0.05$); PPG: pérdida de peso por grano; PG: proliferación de gorgojos; G: porcentaje de germinación; CV: coeficiente de variación; R²: Coeficiente de determinación.

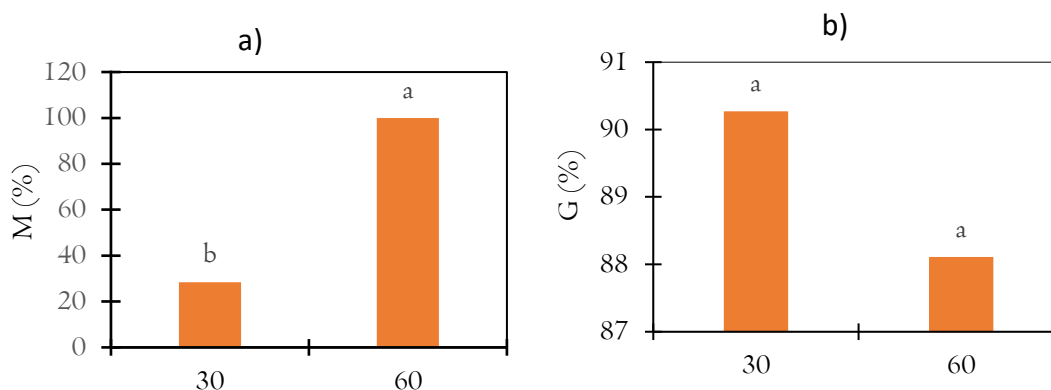


Figura 1. Resultados observados en la evaluación por comparación múltiple de medias (Tukey, 0.05) del tiempo de fermentación de biofertilizante y efectividad en a) M: mortalidad de gorgojos y b) G: porcentaje de germinación de granos de maíz.

Las tecnologías de almacenamiento poscosecha tienen como propósito controlar insectos plaga, y para ello se requiere muestren actividad sobre todos sus estadios de desarrollo (Mendoza et al., 2016; Rangel et al., 2020). Además, que resguarden la calidad física y biológica de los granos. En el presente estudio la comparación de medias por Tukey mostró que a pesar de que hubo un crecimiento de la población del 8 -15 % respecto a lo inoculado al inicio de la prueba (500 gorgojos sin sexar), la producción del biogás y su efecto durante los 60 días de evaluación causaron mortalidad del 100 % de insectos dentro del grano almacenado, y muy superior que en las semillas del grupo testigo (**Figura 2a**).

En los tratamientos testigo la proliferación de gorgojos incremento en mayor cantidad en granos blancos (210 individuos), rojos (170 gorgojos) y después azules (132 gorgojos). En general se observó que granos blancos y rojos en un tiempo de 60 días sin tratamiento y almacenado, perdieron aproximadamente un kilo de grano, 5.26 % del total de grano en cada unidad experimental, valores muy superiores respecto a las muestras de semillas de color azul. Esos resultados derivan del incremento de insectos en casi un 50 % de la población inicial.

De lo anterior, numerosas publicaciones han mencionado que el gorgojo muestra preferencia por maíces de granos de color blanco (Rangel et al., 2020; Burgos et al., 2020), tal como se observó en la comparación de medias, los granos de la raza cacahuacintle fueron los más afectados para cualquier tratamiento debido a que estos se componen de un endospermo rico en almidón, lo que hace una fuente de dieta preferida por los gorgojos del maíz.

En cuanto a la evaluación de la germinación, se observó, aunque los granos fueron expuestos a 30 y 60 días al biogás, la germinación fue superior al 80 %, por lo tanto, la germinación fue afectada por la permanencia en exposición al biometano. Sin embargo, en los tratamientos donde no se dio tratamiento con el biogás la germinación si se notó afectada para los dos tiempos para las tres diferentes semillas, dado que la germinación para 60 días de almacenamiento reportó menos del 50 % de germinación y en 30 días no superior entre 70 y 80 %, ese valor se puede inferir dado que fue expuesto por mayor tiempo al ataque de gorgojos. Cabe señalar que, al extraer las semillas para su evaluación, se descarta la presencia de malos olores



o cambio en la pigmentación de las mismas (datos no reportados).

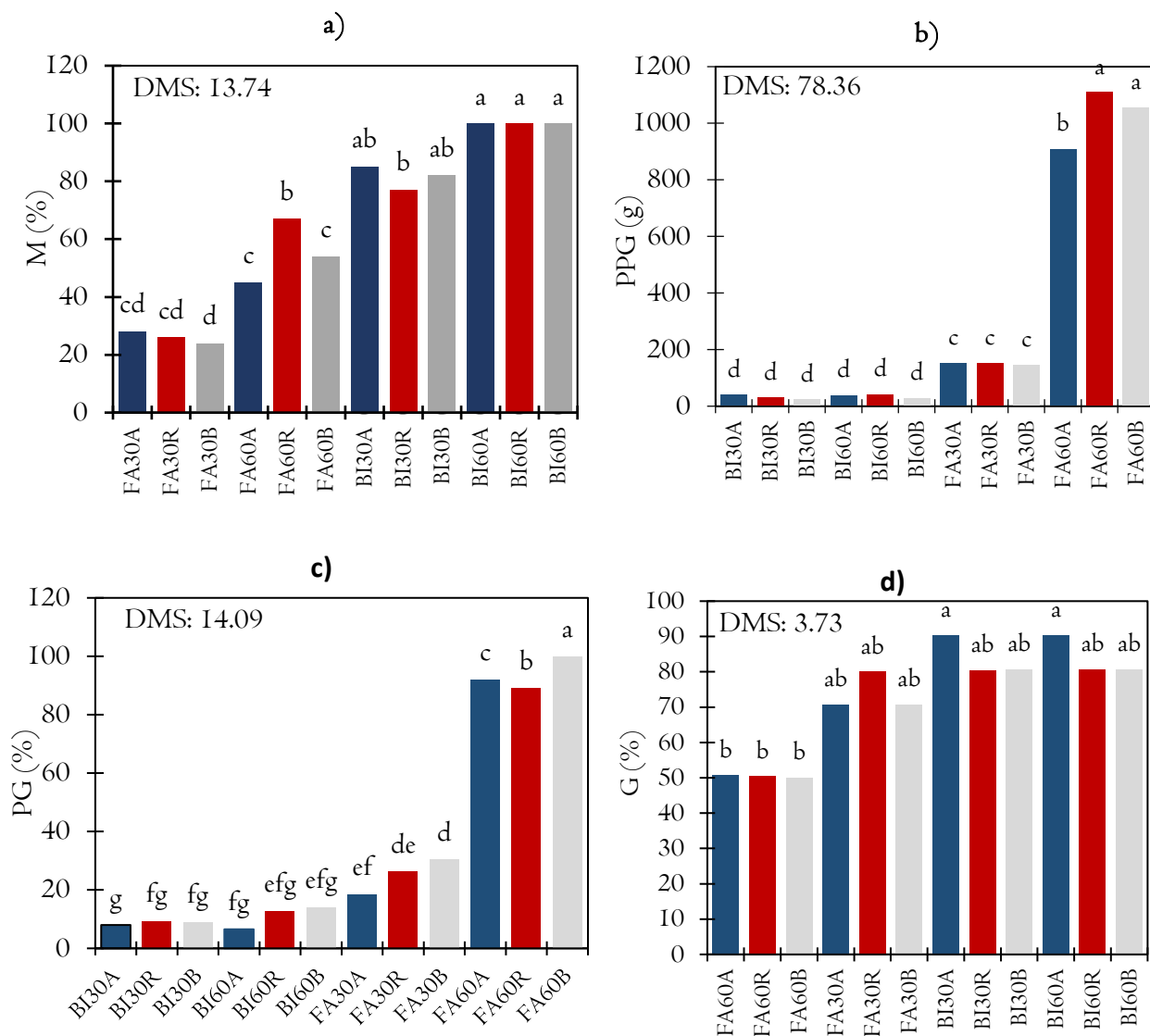


Figura 2. Comparación múltiple de medias por Tukey ($p \leq 0.05$) por variable en el control poscosecha del gorgojo. DMS: diferencia mínima significativa; a) M: porcentaje de mortalidad, b) PPG: pérdida de peso del grano expresada en gramos; c) PG: proliferación del gorgojo expresado en porcentaje; d) G: porcentaje de germinación.



CONCLUSIÓN

La tecnología poscosecha de almacenamiento de granos de maíz BIOGRAN, presentó dos beneficios, la obtención de un biofertilizante orgánico y la conservación de granos, mostrando que a los 30 y 60 días se alcanzó la madurez del biofertilizante y al gas producido se comprobó su efectividad en el control del gorgojo del maíz. No obstante, el tiempo de exposición a la formación del gas del biofertilizante es a los 60 días para obtener un amplio control y generar alta letalidad sobre el gorgojo. El sistema BIOGRAN no afecta la viabilidad de las semillas ni genera deformidad en sus plántulas. Esta tecnología se recomienda para reproducirse a cualquier escala dependiendo las necesidades de cada productor.

AGRADECIMIENTOS

Por el apoyo económico asignado al proyecto “Conservación in situ y mejoramiento participativo del maíz nativo de México” del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

REFERENCIAS

- Calderón, R. A., Delgado, B. V. H. y U, P. R. G. (2019). Toxicidad aguda del Malation 500® y Tyson 4E® en *Capitella* sp. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 35(3), 565-574. <https://doi.org/10.20937/rica.2019.35.03.04>
- Burgos, D.J.A., Rangel, F.M.A., Tucuch, H.J.I., Benítez, R. I. y García, Z. J.J. (2020). Susceptibilidad de poblaciones nativas de maíz y preferencia del gorgojo en Yucatán, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(7), 1469-1479. <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i7.2081>
- FAO. (2012). *Pérdidas y desperdicio de alimentos en el mundo – Alcance, causas y prevención*. Roma.
- Fernández, M. D., Bastidas, B. D.M. y Figueroa, A. L. E. (2013). Malation vs. *Aedes aegypti* (Linnaeus) (Diptera: Culicidae) de diferentes regiones de Venezuela. *Boletín de Malariología y Salud Ambiental*, 3(1), 46-55. <https://ve.scielo.org/pdf/bmsa/v53n1/art06.pdf>
- Mendoza, E. M., Rodríguez, P.G., Guevara, A. L. P., Andrio, E. E., Rangel, L. J. A., Rivera, R. J. G. y Cervantes, O.F. (2016). Bioinsecticidas para el control de plagas de almacén y su relación con la calidad fisiológica de la semilla. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(7), 1599-1611.
- Rangel, F. A., Tucuch, H. J. I., Gómez, M. N.O., Basto, B. D. C. y Burgos, D.J.A. (2020). Control de gorgojo (*Sitophilus zeamais* MOTSCHULSKY) con polvos de epazote (*Dysphania ambrosioides* (L) MOSYAKIN y CLEMANTS) en diferentes genotipos de maíz. *Revista Fitotecnica Mexicana*, 43(3), 307 – 315.
- Rodríguez, P. C. (2022). Intoxicación por fosforo de aluminio. *Revista Medicina Legal de Costa Rica*, 39(1), 20-31.
- SAS Institute. (2004). *SAS/STAT® 9.2 User's Guide*. SAS Institute Inc., Cary, North Carolina, USA. 5121 p.
- Zurita, V. H., Valle, V. L., Vasquez, C., Curay, Q. S., Buenaño, S.M. y Guevara, F.D. (2017). Eficiencia del uso de plantas insecticidas en el control del gorgojo del maíz, *Sitophilus zeamais* Motschulsky, (Coleoptera: Curculionidae). *Investigación Agraria*, 19(2), 120-126.



IDENTIFICACIÓN DE INSECTICIDAS EN CULTIVOS DE FRUTALES TROPICALES EN EL MUNICIPIO DE COTAXTLA, VERACRUZ

IDENTIFICATION OF INSECTICIDES IN TROPICAL FRUIT CROPS IN THE MUNICIPALITY OF COTAXTLA, VERACRUZ

Irma Rosa Vásquez-Robles¹, Isabel Araceli Amaro-Espejo^{1§}, Juan Valente Megchún-García¹, Jeremías Nataren-Velázquez², Paula Zúñiga-Ruiz¹

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Boca del Río, Veracruz, México C.P. 94290.

²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)/Campo Experimental Cotaxtla, Veracruz, México. C.P. 94270. [§]Autor de correspondencia: (isabelamaro@bdelrio.tecnm.mx).

RESUMEN

Entre los cultivos tropicales de importancia comercial en el estado de Veracruz, se encuentran el limón y la papaya. El objetivo de esta investigación fue identificar el uso y manejo de los insecticidas en los cultivos de limón Persa y papaya Maradol en el municipio de Cotaxtla Veracruz, donde se realizó una encuesta que constó de un cuestionario con 20 preguntas abiertas y cerradas, que fueron aplicadas a 30 productores de limón papaya con la finalidad de identificar el uso y manejo de los insecticidas y su impacto a la salud. El recorrido técnico se realizó en febrero y finalizó en agosto, posteriormente, con los datos recabados se realizó un análisis en el programa de Office Excel 2016. Los resultados muestran que, el 62.5 % de los productores reportaron daños en papaya por araña roja, mientras que en el cultivo de limón el 18 % de los daños son causados por trips. El insecticida más utilizado para ambos frutales fue la avermectina, con un 13.5 % por productores de papaya y el 10.8 % en limón. Se concluye que, en el cultivo de papaya y limón, el insecticida más utilizado fue avermectina y la cipermetrina, este último se reporta con daños en la flor y frutos de limón y papaya.

Palabras clave: control de plagas, insecticidas, medio ambiente, salud.

ABSTRACT

Among the tropical crops of commercial importance in the state of Veracruz are lemon and papaya. The objective of this research was to identify the use and management of insecticides in Persian lemon and Maradol papaya crops in the municipality of Cotaxtla Veracruz, where a survey was carried out that consisted of a questionnaire with 20 open and closed questions, which were applied to 30 papaya lemon producers in order to identify the use and management of insecticides and their impact on health. The technical tour was carried out in February and ended in August. Subsequently, with the data collected, an analysis was carried out in the Office Excel 2016 program. The results show that 62.5 % of the producers reported damage to papaya by red spider, while that in lemon cultivation 18 % of the damage is caused by thrips. The most used insecticide for both fruit trees was avermectin, with 13.5 % by papaya producers and 10.8 % in lemon. It is concluded that, in the cultivation of papaya, lemon, the most used insecticide was avermectin, and cypermethrin, the latter is reported with damage to the flower and fruits of lemon and papaya.



Index words: pest control, insecticides, environment, health.

INTRODUCCIÓN

En México, los frutales tropicales como el limón y la papaya son cultivos de importancia económica en el sector agroalimentario. En la citricultura el cultivo de limón es de los cítricos más importantes debido a que se adapta a las condiciones edafoclimáticas del territorio nacional, destacando a Veracruz con 230,000 ha de plantaciones que representa el 53 % del volumen total nacional de limón Persa (*Citrus latifolia*), seguido por Oaxaca (14 %), Jalisco (7 %), Tabasco (6) y Yucatán (4 %) (Lara et al., 2022; SIAP, 2020). El cultivo de papaya (*Carica papaya* L) se produce principalmente en Jalisco (8.23 %), Veracruz (8.20 %), Chiapas (7.30 %), Oaxaca (6.97 %), Tamaulipas (6.39 %) y Michoacán (5.89 %) y aportan el 42.96 % de la producción total nacional (SIAP, 2023). La papaya ocupa el tercer lugar como la fruta tropical más consumida en el mundo, por ello el sector agrícola ha tenido que adaptarse al cambio tecnológico para abastecer la demanda en el mercado (Granados-Ramírez et al., 2015).

La necesidad de realizar un control de plagas y enfermedades en los cultivos ha causado que los productores utilicen diversos plaguicidas, sin embargo, muchos de estos compuestos tienden a persistir en el ambiente durante mucho tiempo y en algunos casos pueden acumularse a niveles que pueden causar toxicidad a los seres vivos (El-Shahawi et al., 2010). Caso similar con la papaya, cultivo donde se realiza un manejo intensivo de los plaguicidas tóxicos para incrementar la producción. No obstante, sin el uso de los plaguicidas (fungicidas, herbicidas e insecticidas) se causarían daños devastadores en los cultivos comerciales provocando pérdidas económicas; es por eso que, en los últimos años, estos productos han sido un componente muy importante en la

agricultura, para incrementar los rendimientos (Dardis y Walsh, 2000).

Por lo anterior, los cultivos de frutales tropicales como el limón Persa y la papaya Maradol en el estado de Veracruz, cada día presentan retos para los productores, ya que con el uso continuo de los insecticidas se pierde la eficacia para el control de las plagas, causando así, daños a la salud por falta de capacitaciones del manejo adecuado de los mismos, además que existen otras formas más sustentables de producir fruta tropical. El objetivo de esta investigación fue identificar el manejo de los insecticidas, principales plagas y daños a los productores en los cultivos de limón Persa y papaya en el municipio de Cotaxtla, Veracruz.

MATERIALES Y MÉTODOS

Cotaxtla es uno de los 12 municipios que forman parte de la región del Sotavento del estado de Veracruz, se ubica entre los paralelos 18° 44' y 18° 59' de latitud norte; los meridianos 96° 11' y 96° 32' de longitud oeste; altitud entre 10 y 200 m. Cuenta con una extensión territorial de 535 km² que representa el 0.75 % del territorio estatal. Predomina un clima cálido sub-húmedo con lluvias en verano con un rango de precipitación de 1,100 mm a 1,300 mm al año y una temperatura promedio de 24-26 °C (SEFIPLAN, 2022).

Se llevó a cabo la aplicación de una encuesta que consta de un cuestionario con 20 preguntas abiertas y cerradas el cual fueron aplicadas a 30 productores de limón Persa y papaya, la encuesta se aplicó a través de un recorrido técnico por la zona productora de Cotaxtla y sus localidades. Con la finalidad de conocer la situación del uso y manejo de los insecticidas, se elaboró una infografía para un mayor apoyo visual con la clasificación de los principales insecticidas utilizando marcas comerciales de la zona, mismos que causan toxicidad en los seres humanos por su



uso y manejo en el control de plagas. El método utilizado en el muestreo fue el de no probabilístico con un enfoque de selección de la muestra con elementos de la población, entrevistando a productores como informantes claves, el recorrido se inició en febrero y finalizó en el mes de agosto. De igual forma, la encuesta tiene como variables de estudio identificar las plagas más comunes del cultivo de limón y papaya, insecticidas más utilizados, número de aplicaciones por año, malestares que presenta el productor, y los insecticidas que han dejado de utilizar fundamentando sus razones. Finalmente, se realizó un análisis de la información recolectada con el paquete estadístico de Office Excel 2016®.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Principales insecticidas utilizados en los frutales

De los insecticidas comerciales más utilizados en el cultivo de papaya, el 13.5 % de los productores utiliza con más frecuencia la abamectina

(avermectina), 9 % el insecticida palgus (spinetoram), cipermetrina (piretroide), y el foley (clorpirifos etil, permetrina) (**Figura 1**). Para el cultivo de limón, el uso de los insecticidas mayormente va de acuerdo al tipo de plaga que se presenten (**Figura 2**), el 10.8 % de los productores reportaron el uso de la abamectina (avermectina), así mismo el 9 % de los productores utilizaron el insecticida arrivo (cipermetrina) y el foley (clorpirifos etil, permetrina). Entre los insecticidas más utilizados para el control de plagas en cítricos están el clorpirifos y el spinetoram, ya que la citricultura es amenazada por la *Diaphorina citri* Kuwuyama, vector que causa la enfermedad Huanglongbing (HLB), misma que puede causar la pérdida total de la plantación (Ruíz, 2013). Cabe resaltar que el manejo agronómico que realiza el productor, se encuentran principalmente el Imidacloprid y el thiamethoxam de acción sistémica que causa daños al ambiente en matrices de agua, suelo y a los principales polinizadores naturales (Megchún et al., 2019).

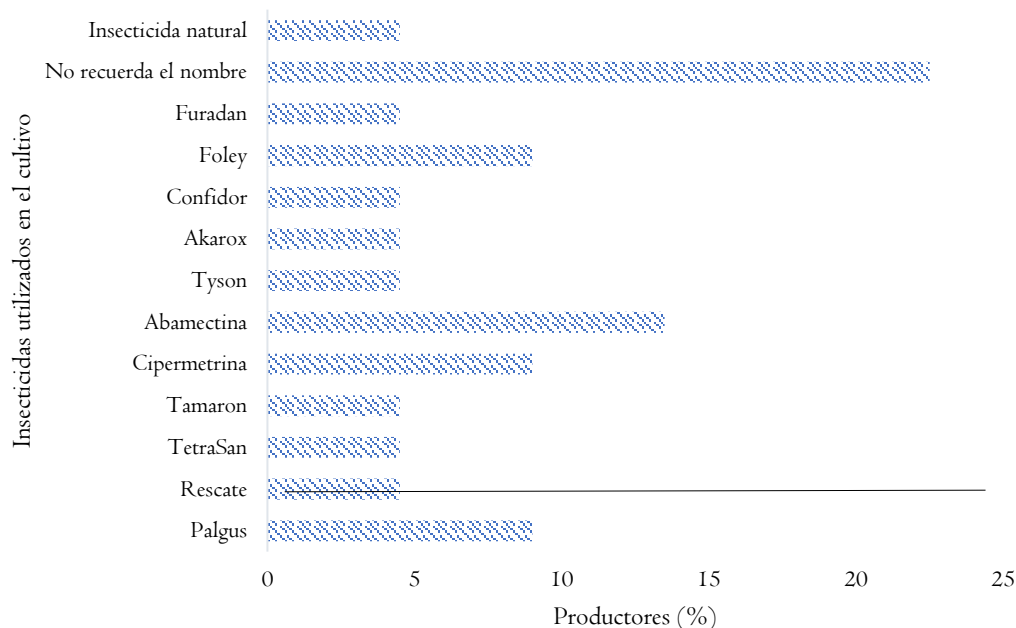


Figura 1. Insecticidas más utilizados en el cultivo de papaya.

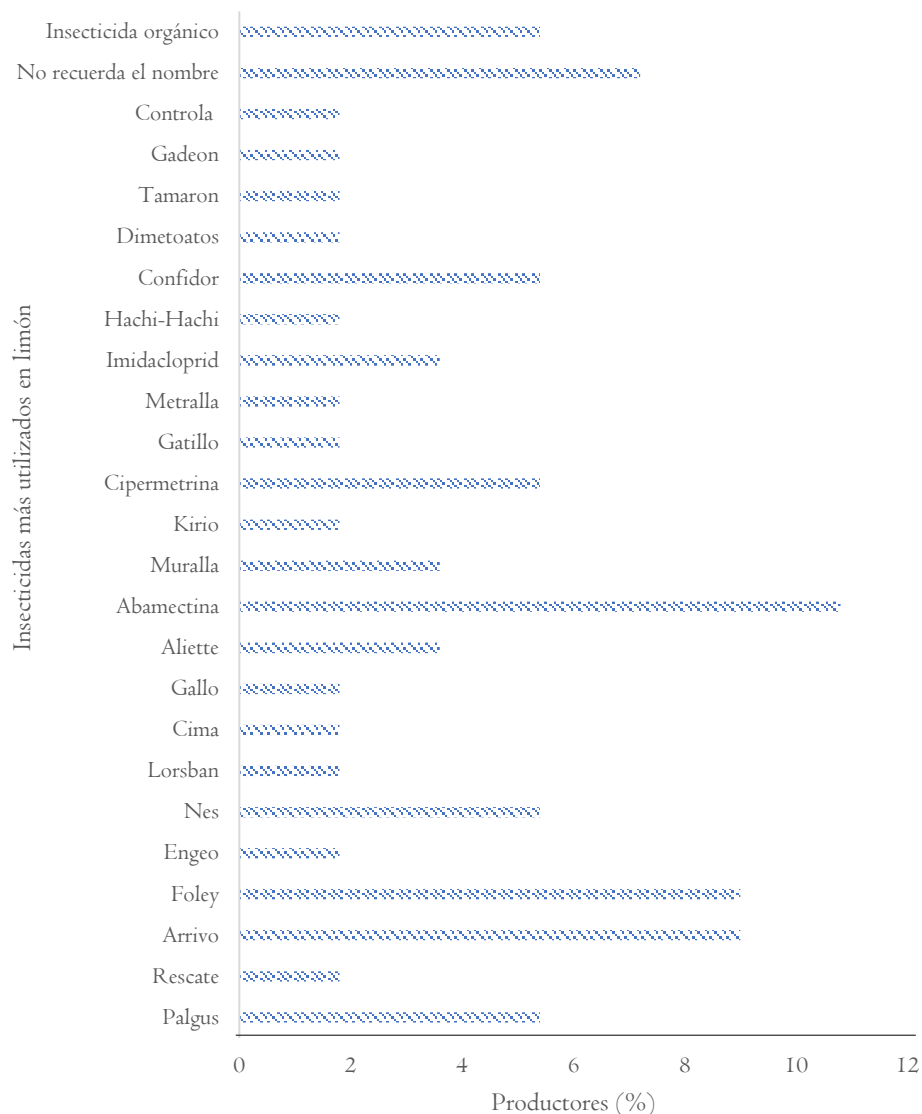


Figura 2. Insecticidas más utilizados en el cultivo de limón.

Principales plagas en papaya y limón Persa

En el municipio de Cotaxtla, Ver., el 63.8 % de los productores tienen cultivo de limón y el 23.2 % cuentan con el cultivo de papaya. Sin embargo, los productores indican que se requieren altos costos para la producción de papaya por la compra de agroquímicos, debido a que este cultivo se ve

afectado por diversos problemas fitosanitarios. De los productores entrevistados el 62.5 % mencionó que tienen problemas en el cultivo de la papaya por araña roja (*Tetranychus urticae*), 50 % reportó daños por araña cristalina (*Eotetranychus lewisi*) y el otro 50 % mencionó daños por ácaros (*Polyphagotarsonemus latus* Banks) (**Figura 3**). Lopez y Zarate (2022), mencionan que la araña roja daña succionando la savia de la planta,



presentando así manchas amarillas en las hojas hasta provocar su caída, a diferencia del ácaro que provoca la caída prematura de las hojas, además de causar daños en la parte externa de los frutos, siendo una plaga muy difícil de observar a simple vista ya que son muy pequeños. Aunque el cultivo de papaya tiene gran adaptación a casi todas las regiones, los problemas fitosanitarios que se presentan, provocan baja calidad del fruto y bajos rendimientos de producción (Cabrera y Portal, 2010).

En el cultivo de limón, el aumento de la temperatura ambiental, provoca la presencia de plagas y aparición de enfermedades, es por ello que se debe hacer una revisión continua para prevenir o controlar las plagas en el cultivo (IICA, 2002). Los resultados indicaron que el 18 % de los productores que las principales plagas que afectan son, el trips (*Pezothrips kellyanus*), el otro 18 % indica que es araña roja (*Tetranychus urticae*), y el 15.6 % tiene afectaciones en sus huertas por hormigas (*Myrmelachista schumanni*) (Figura 4). Miranda-Ramírez et al. (2021), igualmente

reportaron daños en árboles de limón principalmente en la flor, follaje y frutos de limón, causados por trips (*P. kellyanus*), ácaros (*T. urticae*) y diaforina (*D. citri*). En algunos casos, estudios han evaluado las aplicaciones de insecticidas tienen mejor efectividad después de 21 días de aplicación como lo señalan López et al. (2022) en el uso de acaricidas en el cultivo del limón utilizando dosis de 400 mL L⁻¹. Para reducir el uso masivo de los insecticidas sintéticos en las huertas, estudios indican que el uso de extractos a base de neem (*Azadirachta indica* A. Juss), pueden disminuir las poblaciones de estas plagas con una efectividad del 47 % (Megchún et al., 2023). Miranda et al. (2021) reportaron que el uso de extractos vegetales son una alternativa para el control de plagas como la *D. citri*, donde los tratamientos más efectivos fueron de ajo+manzanilla y ruda (Biocrack® de Berni Labs) en dosis de 5 mL L⁻¹ de agua y uno de los extractos no comercial con base en *Reseda luteola* L. en dosis 4 mL L⁻¹ de agua, los cuales disminuyeron la infestación por *Diaphorina citri* en el cultivo de limón.

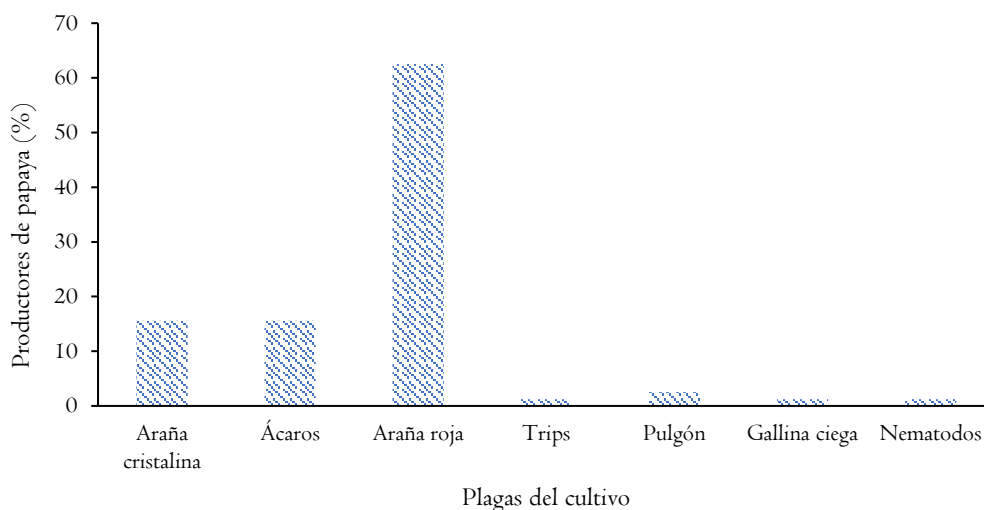


Figura 3. Principales plagas del cultivo de papaya.

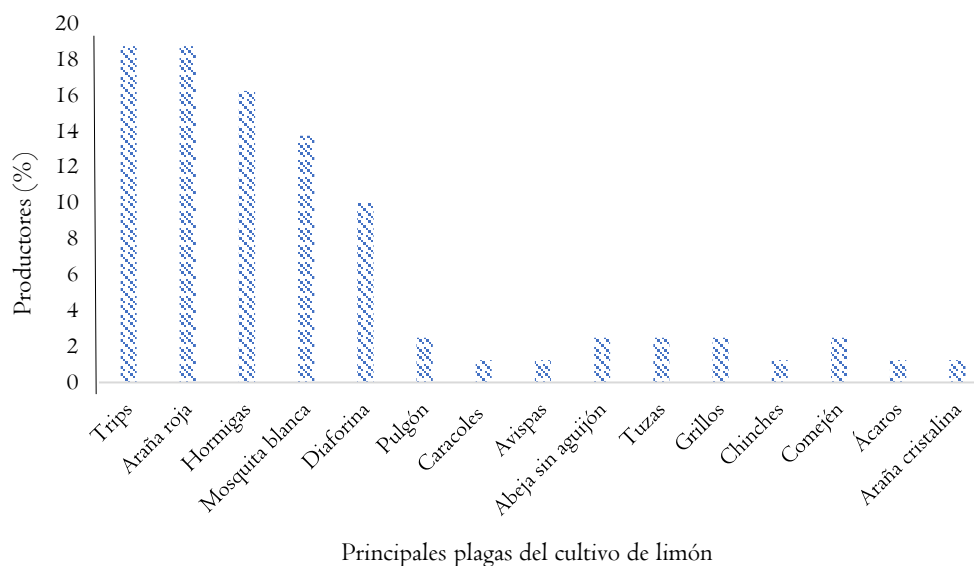


Figura 4. Principales plagas del cultivo de limón.

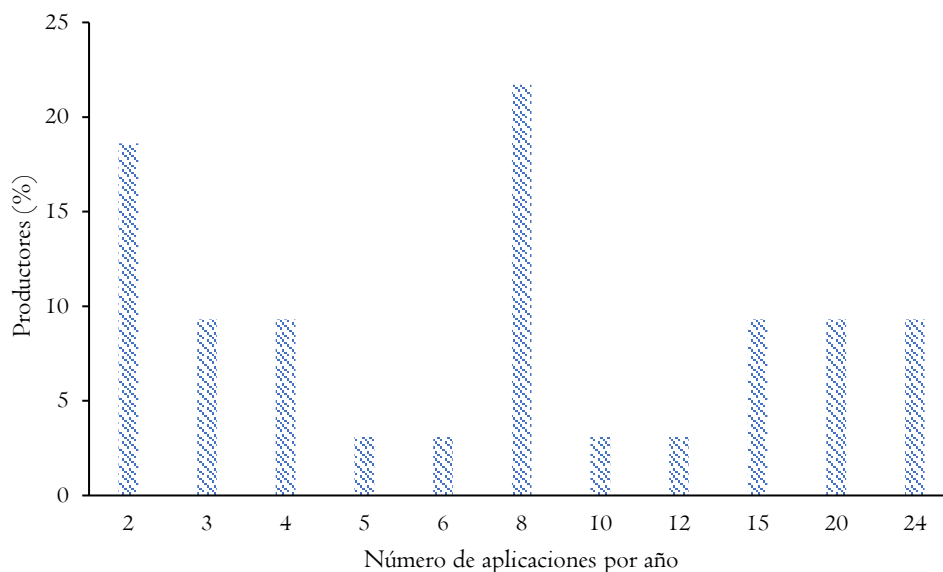


Figura 5. Número de aplicaciones de insecticidas al año.

En el número de aplicaciones de insecticidas se observó que el 21.7 % de los productores aplica ocho veces al año y el 18.6 % aplica dos veces al año (**Figura 5**). El aumento de los daños por plagas y enfermedades en el cultivo de limón ha ocasionado que se incremente la aplicación de

insecticidas de 20 a 40 veces al año con los insecticidas a base de piretroides, neonicotinoides y organofosforados (Miranda-Ramírez et al., 2021).



Daños a la salud

El uso excesivo y constante de los agroquímicos causan diversos daños a la salud. Entre los malestares más comunes que se presentan en los productores de limón y papaya (**Figura 6**), la entrevista dio a conocer que el 62.7 % no presentar malestar, mientras que el restante de los productores presentó síntomas como irritación de la piel, mareo, dolor de garganta, resequedad en los labios, dolor estomacal, vértigo, ardor en los ojos, irritación en los labios, vómito y dolor de cuerpo. Esto puede ser causa de las malas prácticas de manejo de los insecticidas en las huertas, por ejemplo, el no utilizar equipos de protección personal, permitiendo que los químicos ingresen al cuerpo por vías respiratorias o a través de la piel (Campos, 2018).

El porcentaje de productores que dejaron de utilizar algunos insecticidas (**Figura 7**), ya sea por estar discontinuado, o por su alta toxicidad, provocar la caída de flores, generar la descomposición del fruto, por la dificultad para encontrarse en el mercado o casas comerciales, porque los insectos generaron resistencia, principalmente por que causan malestares y muerte a las abejas polinizadoras, importantes en el proceso de polinización en las plantas. Es de suma importancia mencionar que, los daños que causan los insecticidas en el medio ambiente y en la salud puede disminuirse, incluyendo acciones como ocupar los equipos de protección adecuado, manejar las dosis adecuadas, utilizar productos orgánicos, hasta la prohibición de los productos que son altamente tóxicos (Campos, 2018).

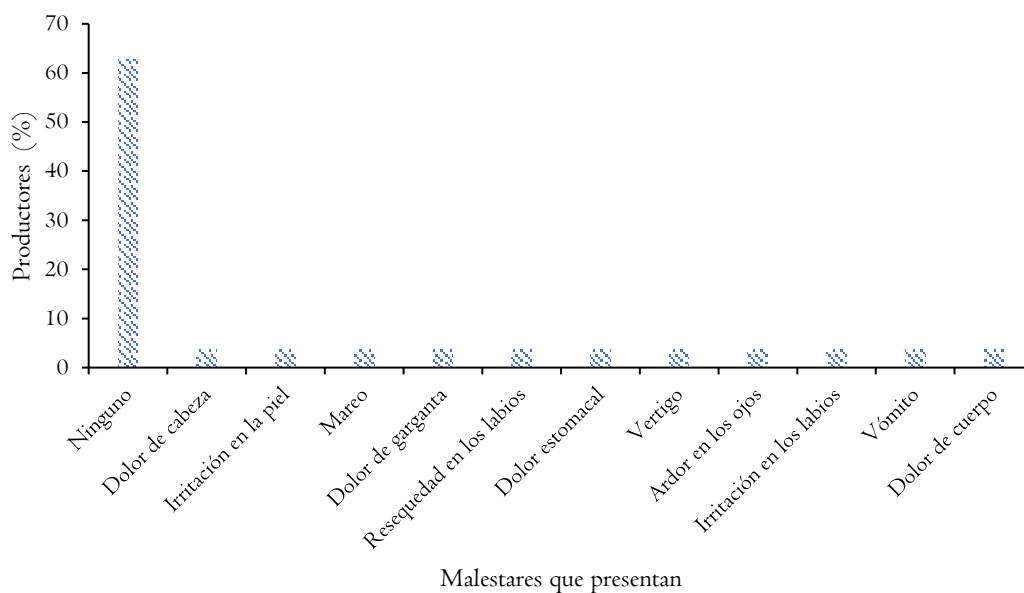


Figura 6. Malestares muy comunes que presentan los productores de limón y papaya.

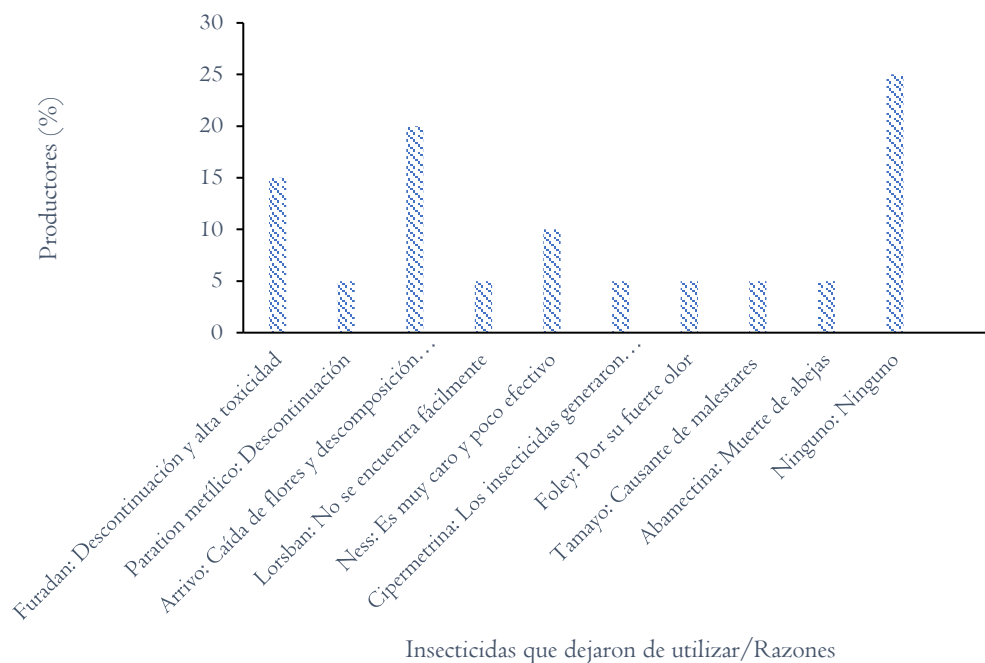


Figura 7. Insecticidas que dejaron de utilizar los productores de los frutales y sus razones.

CONCLUSIONES

Se concluye que los productores de limón y papaya en el manejo de la huerta, el 62.5 % reportó principalmente daños en papaya por araña roja, mientras que en el cultivo de limón el 18 % son daños por trips y un 18 % daños por araña roja. Asimismo, de los insecticidas más utilizados fue avermectina y la cipermetrina para el cultivo de papaya, y para el cultivo de limón fue avermectina, cipermetrina y clorpirifos etil+cipermetrina. Por lo tanto, los productores tienen un desconocimiento del manejo de los insecticidas que causan intoxicaciones a la salud, ya que dentro del manejo agronómico se identificó insecticidas que generan residualidad en frutos y provocan daños al ambiente y a la salud pública como los neonicotinoides.

AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos especiales a los productores de limón Persa y papaya var. Maradol del municipio de Cotaxtla Veracruz por la disponibilidad y colaboración para la realización de este trabajo, de igual manera agradecer al CONAHCYT por la beca otorgada para la realización de la Maestría en Ciencias en Ingeniería Ambiental.

REFERENCIAS

- Cabrera, D., García, D. y Portal, O. (2010). Virus de la mancha anular de la papaya (PRSV-p): Biología, epifitiología y diversidad genética como base para el manejo mediante técnicas biotecnológicas. *Biotecnología Vegetal*, 10(2), 67-77.
- Campos, M. A. R. (2018). El uso de pesticidas en la agricultura y su desorden ambiental. *Revista Enfermería la Vanguardia*, 6(2), 40-47.



- Dardis, J. y Walsh, E. J. (2000). Studies on the effectiveness of metconazole in controlling *Fusarium head blight* caused by *Fusarium culmorum* in spring wheat (*Triticum aestivum* L.). *Cereal Res. Comm.* 28, 443 - 448.
- El-Shahawi, M. S., Hamza, A., Bashammakh, A. S., & Al-Saggaf, W. T. (2010). An overview on the accumulation, distribution, transformations, toxicity and analytical methods for the monitoring of persistent organic pollutants. *Talanta*, 80(5), 1587-1597.
- Granados-Ramírez, R., Salceda, L., R., y Longar B, M. D. P. (2015). Situación actual y perspectivas tecnológicas para la papaya (*Carica papaya* L.) en el distrito de Veracruz, Veracruz. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6(4), 749-761.
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). (2002). Guía técnica cultivo del limón pèrsico. *Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura*. pp. 5. <http://repiica.iica.int/docs/B0217e/B0217e.pdf>.
- Lara, J. L. H., Zaleta, N. E. V., García, F. E., Valencia, L. P. U. y Suet, P. E. M. (2022). Principales cítricos cultivados en Veracruz, México. *Revista Biológico Agropecuaria Tuxpan*, 10(2), 212-218.
- López, G., L. A., Pérez, M., A. C., García, C., M. A., Juárez, J., M. A. R. y Dávila, L., M. R. (2022). Efectividad de cuatro insecticidas para el control de ácaros (*Tetranychus urticae* y *Panonychus citri*), en limón persa (*Citrus latifolia* L.) en la zona centro de Veracruz. *Revista Biológico Agropecuaria Tuxpan*, 10(2), 95-102. <https://doi.org/10.47808/revistabioagro.v10i2.428>
- Lopez, T. A. y Zarate, A. J. R. (2022). Crecimiento, rendimiento y calidad de dos variedades certificadas de papaya (*Carica papaya* L.) en un sistema intensivo [Tesis de licenciatura, Instituto Tecnológico de Pinotepa]. <http://51.143.95.221/bitstream/TecNM/7948/1/Tesis%20Anahi%CC%81%20y%20Juan%2C%20Diciembre%202022.pdf>.
- Megchún G., J. V., Castañeda-Chavez, Ma. del R. y Lucho-Constantino, G. G. (2023). Monitoreo de las poblaciones de insectos plaga en limón Persa por efecto del neem *Azadirachta indica*. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático*, 9(17), 2129-2139. <https://doi.org/10.5377/ribcc.v9i17.15495>
- Megchún, G. J. V., Castañeda-Chávez, M.R. Rodríguez-Lagunes, D.A., Murguía -González, J., Lango-Reynoso, F. y Leyva-Ovalle, O. R. (2019). Impact of thiamethoxam in papaya cultivation (*Carica papaya*) in rotation with watermelon (*Citrullus lanatus*) crops. *Agriculture*, 9(6), 129.
- Miranda-Ramírez, J. M., Perales-Segovia, C., Miranda-Salcedo, M. A. y Miranda-Medina, D. (2021). Insecticidas de bajo impacto ambiental para el control de *Diaphorina citri* Kuwayama, 1908 (Hemiptera: Liviidae) en limón mexicano (*Citrus aurantifolia* (Christm.) Swingle). *Revista Chilena de Entomología*, 47(4), 723-732. <https://dx.doi.org/10.35249/rche.47.4.21.02>
- Ruiz, G.I. (2013). *Evaluación de insecticidas para el control del psílido asiático de los cítricos (Diaphorina citri) Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) en sus diferentes estados biológicos, en limón persa*. [Tesis de Maestría en Ciencias, Colegio de Postgraduados Montecillo]. https://swfrec.ifas.ufl.edu/hlb/database/pdf/3_RuizG_13.pdf
- Secretaría de Finanzas y Planeación (SEFIPLAN). (2022). Planes de Desarrollo Municipal 2022-2025. *Gobierno del Estado de Veracruz*. <https://www.veracruz.gob.mx/finanzas/plan>



[eacion/planes-de-desarrollo-municipales-2022-2025/#](https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/).

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2020). siap.gob.mx/gobmx.
https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2023). *Avance de siembras y cosechas*.
<https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>.



THIDIAZURON Y ÁCIDO GIBERÉLICO EN CALIDAD FÍSICA DE DOS CULTIVARES DE MANZANA EN TEZIUTLÁN, PUEBLA

THIDIAZURON AND GIBERELIC ACID IN PHYSICAL QUALITY OF TWO APPLE CULTIVARS IN TEZIUTLÁN, PUEBLA

Emmanuel Víctor-Gómez[§], Gregorio Arellano-Ostoa, Víctor Conde-Martínez, Sergio Humberto Chávez-Franco, Olga Tejeda-Sartorius

Colegio de Postgraduados (COLPOS). Carretera México-Texcoco km 36.5. Montecillo, Texcoco, Estado de México C.P. 56264. [§]Autor de correspondencia: (emmanuelvictorgomez@gmail.com).

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue evaluar parámetros de calidad física de frutos de manzana 'Golden Delicious' (G) y 'Chipona' (C) estimulados por Thidiazuron (TDZ) y ácido giberélico (AG3). La aplicación de los estimuladores de la brotación se realizó en enero 2024 en la localidad de Mexcalcuautla, Teziutlán, Puebla. Se evaluaron ocho tratamientos, GTestigo, G400 ppmTDZ, G50 ppmAG3, G400 ppmTDZ+50 ppmAG3, CTestigo, C400 ppmTDZ, C50 ppmAG3 y C400 ppmTDZ+50 ppmAG3, de los cuales se tomaron cinco frutos de cada uno en la cosecha de julio 2024, donde se midió tamaño, peso y textura de frutos, se usó un diseño experimental factorial 2×4 en bloques completamente al azar, con arreglo en franjas divididas. Se realizó un análisis de varianza y prueba Tukey ($\alpha = 0.05$) de comparación de medias con el programa estadístico SAS 9.4. Los frutos pertenecientes al tratamiento G400 ppmTDZ presentaron un mayor diámetro polar y ecuatorial en comparación con los demás tratamientos, el peso fue mayor en frutos G400 ppmTDZ y CTestigo, mientras que no hubo diferencias significativas en la firmeza. Se concluye que la aplicación de 400 ppm de TDZ aumentó el tamaño y peso de los frutos de manzana 'Golden Delicious' y 'Chipona', sin embargo, ningún

estimulador tuvo efecto en firmeza de los frutos de ambos cultivares.

Palabras clave: calidad, estimulador, firmeza de frutos.

ABSTRACT

The objective of the present investigation was to evaluate physical quality parameters of 'Golden Delicious' (G) and 'Chipona' (C) apple fruits stimulated by Thidiazuron (TDZ) and gibberellic acid (AG3). The application of the sprouting stimulators was carried out in January 2024 in the town of Mexcalcuautla, Teziutlán, Puebla. Eight treatments were evaluated, GTestigo, G400 ppmTDZ, G50 ppmAG3, G400 ppmTDZ+50 ppmAG3, CTestigo, C400 ppmTDZ, C50 ppmAG3 and C400 ppmTDZ+50 ppmAG3, of which five fruits of each were taken in the July 2024 harvest, where size, weight and texture were measured. of fruits, a 2×4 factorial experimental design was used in completely randomized blocks, with a divided strip arrangement. An analysis of variance and Tukey test ($\alpha = 0.05$) for comparison of means were performed with the SAS 9.4 statistical program. The fruits belonging to the G400 ppmTDZ treatment had a greater polar and equatorial diameter compared to the other treatments, the weight was greater in G400



ppmTDZ and CTstigo fruits, while there were no significant differences in firmness. It is concluded that the application of 400 ppm of TDZ increased the size and weight of 'Golden Delicious' and 'Chipona' apple fruits, however, no stimulator had an effect on the firmness of the fruits of both cultivars.

Index words: quality, stimulating, fruit firmness.

INTRODUCCIÓN

México ocupa el lugar veinte en la producción mundial de manzana, tiene una superficie cultivada de 62 mil hectáreas, con un volumen de producción de 714 mil 711 toneladas, Chihuahua ocupa el primer lugar en los estados productores de manzana en la república mexicana con una producción de 594 mil toneladas, seguido de Coahuila con 44 mil 748 toneladas, siendo Puebla el tercer lugar con 34 mil 454 toneladas (SIAP, 2023).

La producción de manzana (*Malus domestica*) en la Sierra Nororiental del estado de Puebla ha disminuido, debido a que desde 1980 los productores de la zona optaron por la producción exclusiva de manzana Criolla 'Chipona', y esta no compite por sus características de calidad en el mercado nacional con cultivares como 'Golden Delicious', 'Red Delicious', 'Gala', entre otras, quedando únicamente en mercado local (Cruz-Hernández y Cruz-Díaz, 2006).

Actualmente ha decaído el rendimiento de los árboles a causa de la poca brotación floral, por lo que una alternativa es emplear estimuladores de la brotación, ya que fungen como acumuladores de frío para el inicio de brotación en manzana, sin afectar la calidad de los frutos (Soto-Parra et al., 2020). Anteriormente, Zermeño-González et al., (2009) aumentaron en 20 % el rendimiento de frutos de manzana, sin perjudicar o beneficiar su

calidad en 'Golden Delicious' en portainjerto MMIII, con aplicaciones de TDZ, mientras que Zermeño et al., (2010) aumentaron el porcentaje de brotación floral en manzana 'Golden Delicious' con enclados parciales a los árboles, seguido de aplicaciones de TDZ y no encontraron efecto de los tratamientos sobre la calidad de los frutos. El objetivo de la presente fue evaluar parámetros de calidad física de frutos de manzana 'Golden Delicious' (G) y 'Chipona' (C) estimulados en brotación por Thidiazuron (TDZ) y Ácido giberélico (AG3).

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se encuentra ubicado a 19° 43' 00" de latitud Norte y los meridianos 97° 38' 42", en la localidad de Mexcalcuautla, Teziutlán, Puebla, a una altitud de 2 200 m, precipitaciones anuales de 1539 mm, temperaturas máximas de 17 °C y mínimas de 4 °C, humedad relativa del 80 % y una acumulación de 450 horas frío.

Los cultivares empleados fueron 'Golden Delicious' y 'Criolla', sobre el portainjerto 'EMLA7', los árboles cuentan con cuatro años de edad. Se utilizaron dos factores: cultivares (dos niveles) y estimuladores de brotación: TDZ y AG3 (cuatro niveles (0 estimuladores, 400 ppm TDZ, 50 ppm AG3 y 400 ppm+ 50 ppm AG3)), en un arreglo factorial 2x4, con cuatro repeticiones. Los tratamientos se aplicaron solo una vez el 28 de enero del 2024. Los frutos se cosecharon en julio del 2024 y se tomaron cinco de cada tratamiento, a los cuales se determinó su calidad física por medio de tamaño de frutos, que consistió en medir el diámetro polar que va desde la base del fruto hasta el pedúnculo, diámetro ecuatorial que es la longitud del fruto usando un Vernier digital, posteriormente se tomó el peso de cada fruto en una báscula digital, y finalmente se tomaron dos puntos de referencia por cada fruto para medir la firmeza de la manzana con un texturómetro. Se usó



un diseño experimental factorial en bloques completamente al azar, con arreglo en franjas divididas, siendo la unidad experimental un grupo de cuatro árboles. Se realizó análisis de varianza y la prueba Tukey ($\alpha = 0.05$) de comparación de medias con el programa estadístico SAS 9.4 (SAS, 2015).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza indicó que hubo diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre los tratamientos, los frutos de manzana 'Golden Delicious' con 400 ppm de TDZ presentaron un mayor tamaño en comparación con los demás tratamientos, con un diámetro polar de 84.9 mm y diámetro ecuatorial de 76.1 mm, seguido en tamaño de la manzana 'Criolla' con 400 ppm de TDZ, con un diámetro polar de 77.5 mm y diámetro ecuatorial de 64.8 mm, como se puede observar en la **Figura I**, valores similares a los establecidos por Stopar (2002) para manzana 'Golden Delicious' con 85 mm de

diámetro polar y 75 mm para diámetro ecuatorial, por otra parte, Mendoza-González et al. (2008) reportó 60 mm de diámetro polar y un peso de 92 g de fruto en manzana 'Golden Delicious', y a los reportados por Parra-Quezada et al. (2009) de diámetro polar de 61 mm y ecuatorial de 73 mm en manzana 'Red Delicious', la cual se caracteriza por tener un mayor tamaño en comparación con la 'Golden Delicious'.

En la **Figura 2** se observa que los frutos que presentaron mayor peso fueron 'Criolla' sin ningún estimulador (117.5 g) y 'Golden Delicious' con 400 ppm de TDZ (108.3 g), siendo superiores estadísticamente a los demás tratamientos ($p \leq 0.5$), y a los reportados por Casierra-Posada et al. (2003) en manzana 'Anna' (100 g) de Colombia, también a los resultados obtenidos por Mendoza-González et al. (2008) en manzana 'Golden Delicious' con 92 g, sin embargo no fueron superiores a los reportados en manzana 'Red Delicious' de 158.9 g sometidos a riego constante (Parra-Quezada et al., 2009).

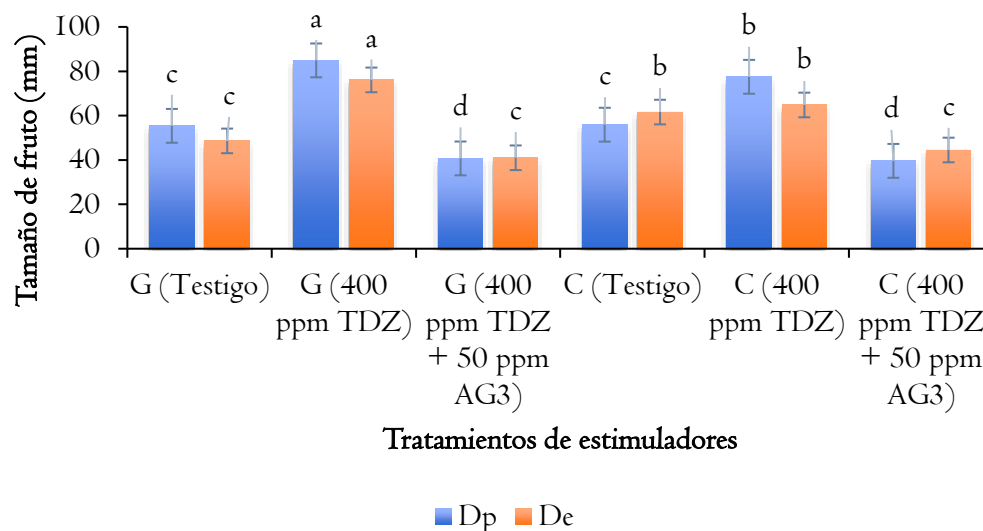


Figura I. Tamaño de frutos, diámetro polar (Dp) y diámetro ecuatorial (De). Los datos con letras distintas presentan diferencias estadísticas significativas (Tukey, 0.05). Las líneas verticales sobre barras representan el error estándar (n = 5).

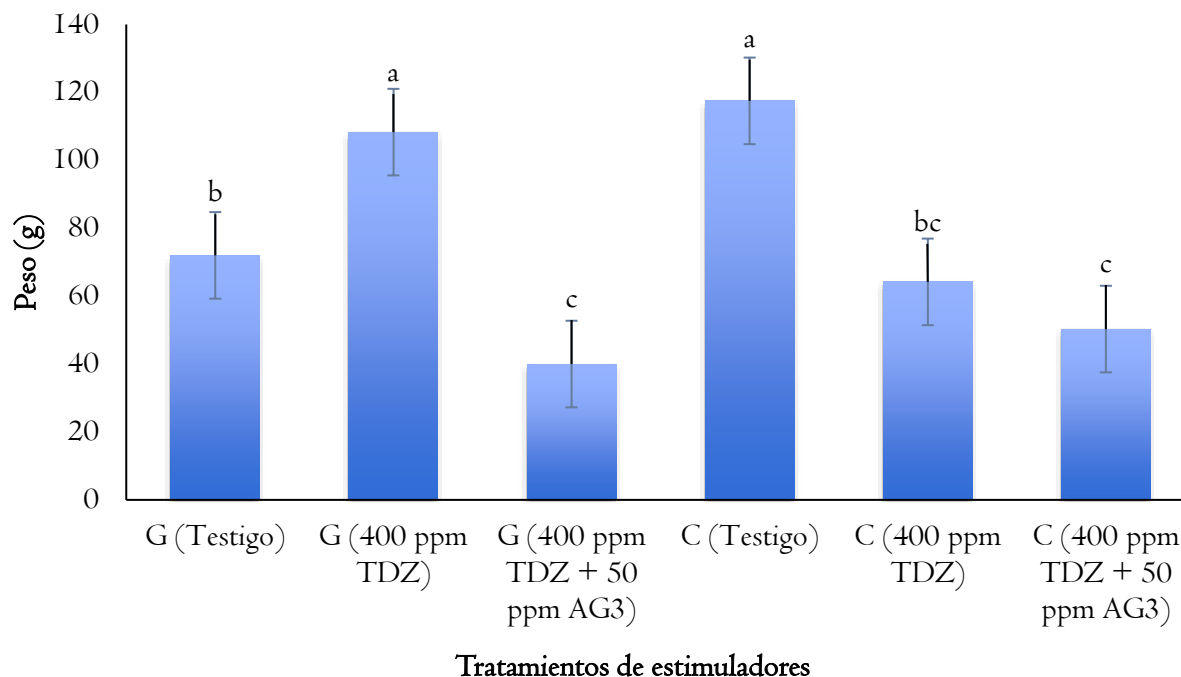


Figura 2. Tamaño de frutos, diámetro polar (Dp) y diámetro ecuatorial (De). Los datos con letras distintas presentan diferencias estadísticas significativas (Tukey, 0.05). Las líneas verticales sobre barras representan el error estándar (n = 5).

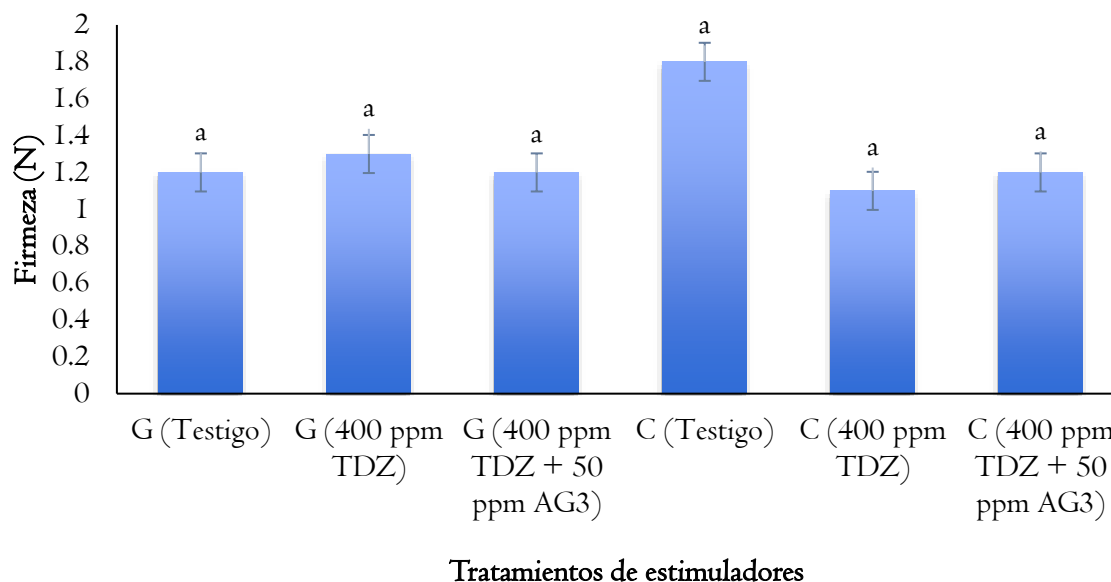


Figura 3. Firmeza de frutos. Los datos con letras distintas presentan diferencias estadísticas significativas (Tukey, 0.05). Las líneas verticales sobre barras representan el error estándar (n = 5).



Respecto a la firmeza de los frutos, no hubo diferencias significativas ($p \leq 0.5$) entre los cultivares con las diferentes dosis de estimuladores como se observa en la **Figura 3**, a pesar de lo anterior, la manzana 'Criolla' presentó el mayor valor de 1.8 N, seguido de la manzana 'Golden Delicious' con 1.3 N, sin embargo, son considerados bajos de acuerdo a lo indicado por Silveira et al. (2007), los cuales mencionan que los valores de firmeza deben oscilar entre 75 y 80 N para clasificar a la manzana de buena calidad, esto coincide con lo reportado por Parra-Quezada et al. (2008) en manzana 'Empire' con 70.2 N, también a los resultados de González-Portillo et al. (2008) de 70.5 N en manzana 'Starking' y 60.2 N en 'Golden Delicious', y lo obtenido por Parra-Quezada et al. (2009) en manzana 'Red Delicious' (77.4 N) con manejo de riego en plena floración.

CONCLUSIONES

La dosis de 400 ppm de TDZ tuvo los frutos de mayor tamaño en manzana 'Golden Delicious' y 'Criolla', mientras que la combinación de 400 ppm de TDZ en conjunto con 50 ppm de AG3 presentó frutos pequeños en ambos cultivares mencionados. El peso de los frutos de manzana 'Golden Delicious' se benefició con la dosis de 400 ppm de TDZ, sin embargo, en 'Criolla' los estimuladores de la brotación afectaron el peso negativamente. Los estimuladores de la brotación no afectaron la firmeza de los frutos, sin embargo, la baja firmeza presentada se pudo deber a la interacción del experimento con las condiciones edafoclimáticas.

AGRADECIMIENTOS

Al CONAHCYT por el apoyo financiero a la investigación y al laboratorio de Bioquímica del Colegio de Postgraduados Campus Montecillo por la facilidad de trabajar en su instalación y uso de equipos.

REFERENCIAS

- Cruz-Hernández, J.P. & Cruz-Díaz, H. (2006). *Perspectivas del cultivo de manzano en el estado de Puebla*. 13 pp, Recuperado en 26 de febrero de 2024. <https://docplayer.es/20890580-Perspectivas-del-cultivo-del-manzano-en-el-estado-de-puebla.html>.
- Casierra-Posada, F., Hernández-Dora, I., Lüdders, P. y Ebert, G. (2003). Crecimiento de frutos y ramas de manzano 'Anna' (*Malus domestica* Borkh) cultivado en los altiplanos colombianos. *Revista Agronomía Colombiana*, 21(1-2), 69-73.
- González-Portillo, M., Rocha-Guzmán, N. E., Simpson, J., Rodríguez-Guerra, R., Gallegos-Infante, J. A., Delgado, E. y Gil-Vega, K. (2008). Determinación de algunos atributos de calidad de manzana 'Starking' y 'Golden Delicious' en comparación con sus mutantes y su relación con las unidades frío. *Revista Ciencia y Tecnología Alimentaria* 6(1): 27-32.
- Mendoza-González, S., Martínez-Peniche, R. A., Fernández-Montes, M. R., Rumayor-Flores, A. y Castillo-Castañeda, E. (2008). Época de maduración y calidad del fruto de genotipos de manzana en Cadereyta, Querétaro. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 14(1), 71-78.
- Parra-Quezada, R. A., Robinson, T. L., Osborne, J. y Parra-Bujanda, L. B. (2008). Efecto de carga de fruto y déficit hídrico en la calidad y producción de manzana. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 14(1), 49-54.
- Parra-Quezada, R. A., Ortiz-Franco, P., Amado-Álvarez, J. P. y Chávez-Sánchez, N. (2009). Productividad y crecimiento de manzano bajo déficit de riego controlado. *Revista Terra Latinoamericana*, 27(4), 337-343.
- SAS (Statistical Analysis System) version 9.4. (2015).
- SIAP (Sistema de Información Agrícola y Pesquera). (2023). <http://www.gob.mx/siap>



- Silveira, A. C., Sautter, C. K., Tonnetto de Freitas, S., Galletta, G. y Brackmann, A. (2007). Determinación de algunos atributos de calidad de la variedad 'Fuji' y sus mutantes al momento de cosecha. *Revista Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 27(1), 149-153.
- Soto-Parra, J. M., Flores-Cordova, M. A., Sánchez-Chávez, E., Pérez-Leal, R. y Piña-Ramírez, F. J. (2020). Compensadores de frío en manzano 'Glory': desarrollo y producción. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(1), 69-82.
DOI: <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i1.1744>
- Stopar, M. (2002). Thinning of 'Gala' and 'Golden Delicious' apples with BA, NAA and their combinations. *Journal of Central European Agriculture*, 3(1), 85-90.
- Zermeño-González, A., Gill-Marín, J.A., Jasso-Cantú, D., Ramírez-Rodríguez, H., Hernández-Herrera, A., Rodríguez-García, R. y Benavides-Mendoza, A. (2009). Efecto del encalado total del manzano en la temperatura interna, rendimiento de frutos y su relación con la aplicación de Thidiazuron. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 15(3), 289-296.
- Zermeño, A., Gill, J. A., Hernández, A., Rodríguez, R., Ramírez, H., Benavides, A., Jasso, D., Munguía, J. y Ibarra, L. (2010). Efectos del encalado completo y aplicación de TDZ sobre la brotación, rendimiento y calidad de frutos del manzano cv. Golden delicious. *Bioagro*, 22(1), 75-80.



EFFECTO DE BIOFERTILIZANTES EN EL DESARROLLO DE LISIANTHUS (*Eustoma grandiflorum* Raf.) BAJO CONDICIONES SEMICONTROLADAS

EFFECT OF BIOPHERTILIZERS ON THE DEVELOPMENT OF LISIANTHUS (*Eustoma grandiflorum* Raf.) UNDER SEMICONTROLLED CONDITIONS

Zenaida Ramirez-Morales¹, Gisela Margarita Santiago-Martínez^{2§}, Ernesto Castañeda-Hidalgo², Salvador Lozano-Trejo², Jesús Baltazar Estrada-Castellanos³

^{1,2}Estudiante, Investigador, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, Programa de Maestría en Ciencias en Productividad en Agroecosistemas. Ex Hacienda de Nazareno, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, México. C. P. 71233. ³Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, Técnico Agroecológico. [§]Autor de correspondencia: (gissant68@hotmail.com).

RESUMEN

En la actividad agrícola el uso de biofertilizantes representa una alternativa sustentable, promueve el desarrollo de los cultivos mediante la generación de microorganismos que facilitan la fijación de nitrógeno. La floricultura es una actividad económica atractiva, sin embargo, el uso de productos químicos genera problemas ambientales. En esta investigación se evaluaron respuesta de biofertilizantes en el desarrollo del número de flores en tres de variedades de lisianthus bajo condiciones semicontroladas. Se estableció un diseño completamente al azar, con 15 tratamientos y cinco repeticiones. Se ocuparon micorriza y *Azospirillum*, de 1.0×10^{12} Unidades formadores de Colonias (UFC), y tres variedades de lisianthus: Echo Champagne, Mariachi Pure White y Rosita 2 Purple). Los biofertilizantes se aplicaron en drench, cada 15 días después del trasplante (DDT) hasta la apertura de las flores, con una dosis de 100 mL L^{-1} de agua, se evaluó número de flores de los 45 DDT hasta los 83 DDT. Se realizó prueba de normalidad, análisis de varianza y comparación de medias (Duncan, 0.05). Los resultados mostraron que la variedad Mariachi en

combinación con micorriza obtuvo la mejor respuesta con nueve flores por planta, se considera que el uso de biofertilizantes es una alternativa a los productos químicos.

Palabras clave: *Azospirillum*, floricultura, micorrizas, microorganismos.

ABSTRACT

In agricultural activity, the use of biofertilizers represents a sustainable alternative; it promotes the development of crops through the generation of microorganisms that facilitate nitrogen fixation. Floriculture is an attractive economic activity, however, the use of chemicals generates environmental problems. In this research, the response of biofertilizers in the development of the number of flowers in three varieties of lisianthus was evaluated under semi-controlled conditions. A completely randomized design was developed, with 15 treatments and five repetitions. Mycorrhiza and *Azospirillum*, 1.0×10^{12} Colony Forming Units CFU, and three varieties of lisianthus were used: Echo Champagne, Mariachi Pure White and Rosita 2 Purple). The



biofertilizers were applied in drench, every 15 days after transplanting (*DAT*) until the flowers opened, with a dose of 100 mL L⁻¹ of water, the number of flowers was evaluated from 45 *DAT* to 83 *DAT*. Normality test, analysis of variance and comparison of means (Duncan, 0.05) were performed. The results showed that the variety Mariachi in combination with mycorrhiza obtained the best response with nine flowers per plant, the use of biofertilizers is considered an alternative to chemical products.

Index words: *Azospirillum*, floriculture, mycorrhizae, microorganisms.

INTRODUCCIÓN

La diversidad de colores y belleza de la especie de lisianthus representa un área de oportunidad en el mercado, al ser una flor con alta demanda a nivel nacional e internacional. Su comercialización poco a poco se ha convertido en un elemento esencial dentro de la industria florícola, aunque, en nuestro país aún no se detona su producción (Karli et al., 2022; Fernández-Pavía y Trejo-Téllez, 2018). Algunas variedades como lisianthus encontradas de forma silvestre, a través del tiempo han sufrido modificaciones genéticas favorables, como es el incremento en el número de flores y tallos más resistentes (Partap et al., 2023). Las modificaciones de estas especies; al tener una mayor demanda en el mercado, generan un incremento en la producción y uso de productos químicos de forma irracional; por lo tanto, es necesario buscar estrategias para su aprovechamiento mediante alternativas biológicas derivadas del potencial de cada especie. En la industria florícola lisianthus es una especie con mayor aceptación debido al atractivo de sus flores y su vida en florero.

El aspecto nutricional de esta especie no ha sido suficientemente explorado, como resultado los

productores suelen recurrir a productos químicos lo cual no solo genera daños ambientales, si no también incrementa la salinidad en los suelos, afectando sus propiedades físicas, biológicas y químicas, contribuyendo a la pérdida de microbiota (Cárdenas-Hidalgo et al., 2022). El uso de biofertilizantes en la agricultura orgánica es una práctica común, se basa en la utilización de microorganismos, hongos y bacterias preferentemente endémicos que ayudan al desarrollo del cultivo y proveen los requerimientos necesarios a través del establecimiento de relaciones simbióticas (Igiehon y Babalola, 2017; Nicolétis et al., 2019). La presente investigación se centra en evaluar la respuesta de biofertilizantes en el desarrollo de tres variedades de lisianthus bajo condiciones semicontroladas, se espera que al menos un tratamiento tenga respuesta favorable.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó durante el ciclo primavera-verano del 2023, en el Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, que se encuentra ubicado en la ex- Hacienda de Nazareno, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca. A una altitud media de 1523 m entre las coordenadas 17°2'36" LN y 96°43'35" LO. El clima es catalogado como semiárido cálido (Bsh), temperatura media anual de 20.6 °C, con lluvias en verano y una precipitación anual de 665 mm (INEGI, 2021).

Material vegetativo

Se utilizaron plántulas adquiridas en la empresa "Productores de plántulas de Tetela del Monte, SC de P de RL de CV. Las variedades Mariachi Pure White (*Mph*) y Echo Champagne (*Ec*) contaban con 4 cm de altura y tres pares de hojas verdaderas y la variedad Rosita 2 Purple (*Rp*) de 0.5 cm de altura con dos pares de hojas verdaderas, todas a una edad promedio de 12 semanas. Y los biofertilizantes fueron micorrizas y *Azospirillum* con una concentración de 1.0×10^{12} UCF.



Establecimiento del cultivo

Se estableció una parcela, bajo infraestructura con malla sombra al 50 % tipo rashel en una superficie de 100 m²; se prepararon camas de 0.6 m × 15 m, el trasplante se realizó a una distancia de 10 cm entre planta y 15 cm entre hileras, con un total de 40 plantas por m². Se estableció un diseño completamente al azar (DCA), 15 tratamientos y con cinco repeticiones, lo que representó 75 unidades experimentales de 10 plantas por unidad. Los tratamientos evaluados fueron los siguientes: Micorrizas + Mariachi Pure White, (*Mico+Mpw*), Micorrizas + Echo Champagne (*Mico+Ec*), Micorrizas + Rosita 2 Purple (*Mico+Rp*), Micorrizas + *Azospirillum* + Mariachi Pure White (*MicAz+Mpw*), Micorrizas + *Azospirillum* + Echo (*MicAz+Ec*), Micorrizas + *Azospirillum* + Rosita 2 Purple (*MicAz+Rp*), *Azospirillum* + Mariachi Pure White (*Azos+Mpw*), *Azospirillum* + Echo (*Azos+Ec*), *Azospirillum* + Rosita 2 Purple (*Azos+Rp*), Testigo químico + Mariachi Pure White (*TQ+Mpw*), Testigo químico + Echo (*TQ+Ec*), Testigo químico + Rosita 2 Purple (*TQ+Rp*), Testigo 0 + Mariachi Pure White (*TO+Mpw*), Testigo 0 + Echo (*TO+Ec*), Testigo 0 + Rosita 2 Purple (*TO+Rp*)

Los biofertilizantes se aplicaron en drench, por cada 15 DDT con una dosis de 100 mL de cada producto disueltos en un l¹ de agua, acorde a las recomendaciones especificadas, con una concentración de 1.0×10^{12} UFC hasta la apertura de flores, el tratamiento químico (triple 17) fue aplicado a los 8 y 35 DDT. El sistema de riego fue por goteo, cintilla calibre 8 mil, de 10 cm por cada gotero, manteniendo la humedad necesaria para las plantas con el riego de cada tercer día. Para obtener la información se tomaron datos directamente en campo (conteo de número de flores (*Nf*)) de 10 plantas por unidad experimental, a partir de los 45 DDT, cuando empezaron a tener botones florales, hasta la apertura de dos a tres flores (83 DDT)

punto de corte recomendado para la venta local, etapa en que las flores están listas para la cosecha, Posteriormente los datos se analizaron en el programa computacional SAS versión 9.4®, mediante pruebas de normalidad y homogeneidad de varianzas y comparación de medias (Duncan, 0.05).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La aplicación de micorriza en el cultivo de lisianthus, la variedad Mariachi pure white obtuvo mejor resultado con un promedio de 9 flores aproximadamente, no obteniendo diferencia en la misma variedad con tratamiento químico T10 (Figura 1), en la combinación de ambos biofertilizantes (micAz) dos variedades de lisianthus Mariachi y echo mostraron resultado similar con 8 flores por planta, y resultaron ser estadísticamente iguales al tratamiento *Azospirillum*, con variedad Mariachi, a diferencia de la variedad Rosita purple (Rp) presentó menor cantidad de flores, tuvo el mismo impacto con los biofertilizantes. Sin embargo, en el testigo blanco en las variedades Mpw y Ec donde no se aplicaron los biofertilizantes, ni el químico mostraron el mismo resultado en Nf. El T2 (aplicación de micorrizas) y el T10 (tratamiento químico) nos muestra que los biofertilizantes lograron una respuesta positiva en el desarrollo de las flores de lisianthus, puestos que presentaron la misma cantidad de flores.

Existe poca información sobre investigaciones realizadas de esta especie con nutrición de biofertilizantes, pero sí hay estudios en cultivos forrajeros, como en pasto de Marandú (*Brachiaria brizantha*), Núñez-Serracín (2018) en los tratamientos con *Azospirillum* aumentaron el desarrollo radicular, así mismo presentó una mayor producción de materia seca. En estudios de hortalizas, como tomate de cascara, Velasco et al. (2001), reportan que el *Azospirillum* presentó



poblaciones mayores de 3.26×10^3 en la etapa de floración al igual fue la etapa en que se observó mayor colonización de micorrizas. En los últimos años el uso de biofertilizantes se ha reportado en el cultivo de maíz, Maidana et al. (2020) reportaron que la inoculación del grano de maíz con *A. brasiliense* produjo un aumento hasta 80 % del rendimiento, con dosis de 2 L 100 kg semilla. Y sobre la producción de flores Soroa et al. (2003), en su estudio del efecto de los biofertilizantes en *Gerbera jamesonii* cv. Bolus observaron que el empleo de hongo micorrízico arbuscular (*HMA*) estimularon cambios metabólicos en la fisiología de planta como la obtención de una mayor área foliar y diámetro de la flor, y mayor precocidad de la flor. En cuestión de lisianthus, estudios de Becerra (2016) en sistema hidropónico y aplicación de ácido giberélico reporta que la variedad Mariachi Azul produjo en promedio de 11 botones. Mendoza (2013) en su estudio con

fertilización silícea reporta que la variedad Mariachi obtiene un rango de 7.2 a 10.8 flores/planta; mientras que Backes et al. (2008) reportan un promedio de 11.5 a 15 flores/planta, en la variedad de Echo Champagne.

CONCLUSIÓN

El uso de biofertilizantes a base de microorganismos como son las micorrizas y el *Azospirillum brasilense*, en el cultivo de tres variedades de lisianthus tuvo mínima diferencia en el número de flores producidas, sobresaliendo la micorriza con la variedad Mariachi que obtuvo 9 flores/planta en promedio. El testigo químico (triple 17) tuvo resultados cercanos al obtenido con micorriza, con un promedio de 8 flores/planta. Se considera que el uso de biofertilizantes es una alternativa a los productos químicos para el cultivar de lisianthus.

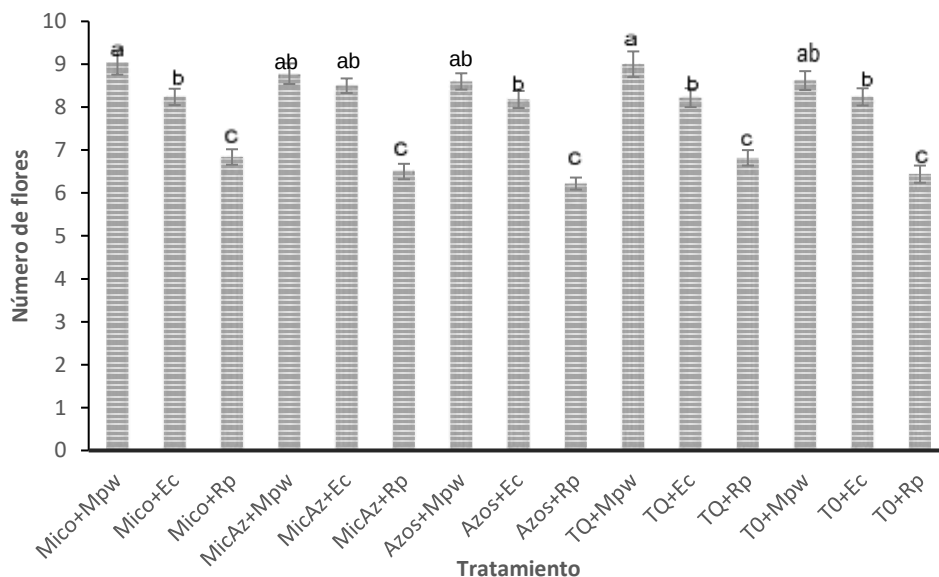


Figura I. Comportamiento del número de flores, en la etapa final, bajo efecto de tratamientos. Letras distintas son significativamente diferentes (*Duncan 0.05*). Las barras verticales representan el error estándar ($n = 10$). Mico+Mpw = Micorrizas + Mariachi Pure White, Mico+ Ec = Micorrizas + Echo Champagne, Mico + Rp =



Micorrizas + Rosita 2 Purple, MicAz + Mpw = Micorrizas + *Azospirillum* + Mariachi Pure White, MicAz + Ec = Micorrizas + *Azospirillum* + Echo, MicAz + Rp = Micorrizas + *Azospirillum* + Rosita 2 Purple, Azos + Mpw = *Azospirillum* + Mariachi Pure White, Azos + Ec = *Azospirillum* + Echo, Azos + Rp, Azos + Rp = *Azospirillum* + Rosita 2 Purple, TQ + Mpw = Testigo químico + Mariachi Pure White, TQ + Ec = Testigo químico + Echo, TQ + Rp = Testigo químico + Rosita 2 Purple, T0 + Mpw = Testigo 0 + Mariachi Pure White, T0 + Ec = Testigo 0 + Echo, T0 + Rp = Testigo 0 + Rosita 2 Purple.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT) por proporcionar los recursos necesarios para el desarrollo profesional CVU: 1239071, así como al Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca (ITVO) por formar académicamente a la misma para el desarrollo de mi proyecto de investigación.

REFERENCIAS

- Backes, L.F.A. A., Barbosa, J.G., Prieto, M., Backes, R.L. y Finger, F. L. (2008). Concentración de contenido de nutrientes en lisianthus, cultivado en hidroponía, en sistema NFT. *Acta Science Agronomy*, 30(4), 495-500.
- Becerra_García, J. (2016) Cultivo de lisianthus (*Eustoma grandiflorum*) en sistema hidropónico y aplicaciones de ácido giberélico.
- Cárdenas-Hidalgo, D., Urbina-Sánchez, E., Valdez-Aguilar, L. A., Alejo-Santiago, G., Vázquez-García, L. M. & Reyes-Alemán, J. C. (2022). La solución nutritiva, vermicomposta y micorrizas sobre el rendimiento y calidad de *Lilium hybrida* 'Indian Summerset'. *Biotechnia*, 24(3), 5-14.
- Fernández-Pavía, P.Y. L. y Trejo-Téllez, L. I. (2018). Biology, economic importance and main research lines in lisianthus: an ornamental species native to México. *Agroproductividad*, 11(8), 177-182.
- Igiehon, N. O. and Babalola, O. O. (2017). Biofertilizers and sustainable agriculture: exploring arbuscular mycorrhizal fungi. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 101, 4871-4881. <https://doi.org/10.1007/s00253-017-8344-z>
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). (2021). *Síntesis de información geográfica del estado de Oaxaca*. 164.
- Karli, B., Songur, M., Sinek, B., & Kadakoglu, B. (2022). Economic analysis of cut flower production (Carnation, Gerbera and Lisianthus) In Turkey: The case of Antalya Province. *Scientific Papers Series Management Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*. 22(3). 343-350.
- Maidana, E., Melgajero, M., Amarilla, D., Ocampos, V., Colman, P., Mendoza, M., Bogado M., Franco R., y Silvero, O. (2020) Características agronómicas del maíz inoculado con diferentes dosis de *Azospirillum brasilense*. *Revista de la Sociedad Científica del Paraguay*, 25(1), 49-57.
- Mendoza, F. L. G. (2013). Fertilización silícea en Lisianthus (*Eustoma grandiflorum* L.). *Instituto de Horticultura del Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México*. 103 p.
- Nicolétis, É., et al. (2019). *Agroecological and other innovative approaches for sustainable agriculture and food systems that enhance food security and nutrition. A report by the High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security*.
- Núñez-Serracín, M. A. (2018). Efecto de *Azospirillum* sp., *Trichoderma harzianum* y micorrizas en la producción de pasto Marandú (*Brachiaria brizantha*) y pasto Guinea (*Panicum maximum*) (Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano).
- Partap, M., Verma, V., Thakur, M. and Bhargava, B. (2023). Designing of future ornamental



crops: a biotechnological driven perspective.

Horticulture Research, *uhad192*.

<https://doi.org/10.1093/hr/uhad192>

Soroa, M. R., Cortés, S. L., & Hernández, A., (2003). Estudio del efecto de la aplicación de biofertilizantes sobre algunas variables de crecimiento y rendimiento en *Gerbera*

jamesonii cv. Balus. *Cultivos Tropicales*, 24(2), 15-17.

Velasco, J., Ferrera-Cerrato, R., y Almaraz-Suárez, J. J. (2001) Vermicomposta, micorriza arbuscular y *Azospirillum brasilense* en tomate de cáscara. *Terra Latinoamericana*, 19(3), 241-248.



CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE FRUTOS DE TOMATE (*Solanum lycopersicum*)
SOBREEXPRESANTES DEL GEN CRIPTOCROMO-I DE ARABIDOPSIS

PHYSICOCHEMICAL CHARACTERIZATION OF TOMATO (*Solanum lycopersicum*) FRUITS
OVEREXPRESSING THE CRYPTOCHROME-I GENE OF ARABIDOPSIS

Lorenzo Luis-Hernández¹, Ángel Ramón Flores-Sosa², Erika Mejía-Ramírez¹, Lina Pliego-Marín¹, Manuel Fabián-Rojas¹, Dulce María Rivera-Pastrana², Reina María de los Ángeles Gámez-Hernández¹, Javier López-Baltazar^{1§}

¹Tecnológico Nacional de México, Campus Valle de Oaxaca (ITVO). Ex hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca, México. C.P. 71233. ²Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Química, Querétaro, México. C.P. 76010. §Autor de correspondencia: (javier.lb@voaxaca.tecnm.mx).

RESUMEN

Asegurar la producción de alimentos para la población mundial requiere mejoramiento genético de nuevas variedades y cerrar la brecha entre el potencial del rendimiento en condiciones óptimas y el realmente alcanzado. Existe poca información científica sobre la función del gen criptocromo I (CRYI) en plantas excepto *Arabidopsis thaliana*. Mediante ingeniería genética se generaron plantas de tomate sobreexpresantes (OX) del gen criptocromo I de *Arabidopsis thaliana* (AtCRYI). El objetivo de este experimento fue evaluar las propiedades fisicoquímicas en frutos de plantas de tomate genéticamente modificadas OXAtCRYI y sin modificación genética (WT). Ambos genotipos fueron replicados cuatro veces para un total de ocho unidades experimentales, distribuidos en condiciones de invernadero y se contrastaron mediante pruebas t-Student. Se evaluaron cinco frutos a madurez fisiológica y comercial por unidad experimental. Los frutos a madurez fisiológica de las plantas OXAtCRYI tuvieron un mayor diámetro polar y acumularon una mayor cantidad de clorofila a, b y total en comparación a

frutos cosechados en plantas WT, mientras que el peso promedio por fruto y el diámetro ecuatorial de fruto, no fueron afectados por el genotipo. Los frutos cosechados a madurez comercial de plantas de tomate OXAtCRYI acumularon mayor cantidad de ácido cítrico, pero menor cantidad de sólidos solubles y firmeza en comparación a los frutos cosechados en las plantas WT. El pH, contenido de licopeno y β -carotenos en los frutos cosechados de ambos genotipos fueron estadísticamente iguales.

Palabras clave: clorofila, ingeniería genética, licopeno, madurez comercial, madurez fisiológica.

ABSTRACT

Ensuring food production for the world's population requires genetic improvement of new varieties and closing the gap between the potential yield under optimal conditions and that actually achieved. There is little scientific information on the function of the cryptochrome I (CRYI) gene in plants except *Arabidopsis thaliana*. Through genetic engineering, tomato plants overexpressing (OX) the *Arabidopsis thaliana* cryptochrome I gene (AtCRYI) were generated. The objective of



this experiment was to evaluate the physicochemical properties in fruits of tomato plants OXAtCRYI and without genetic modification (WT). Both genotypes were replicated four times for a total of eight experimental units, distributed under greenhouse conditions and were contrasted using t-Student test. Five fruits were evaluated at physiological and commercial maturity per experimental unit. Fruits at physiological maturity of the OXAtCRYI plants had a larger polar diameter and accumulated a greater amount of chlorophyll a, b and total compared to fruits harvested in WT plants, while the average weight per fruit and the equatorial diameter of the fruit were not affected by genotype. Fruits harvested at commercial maturity from OXAtCRYI tomato plants accumulated a greater amount of citric acid, but a lower amount of soluble solids and firmness compared to fruits harvested from WT plants. The pH, lycopene and β -carotene content in the fruits harvested from both genotypes were statistically the same.

Index words: chlorophyll, genetic engineering, lycopene, commercial maturity, physiological maturity.

INTRODUCCIÓN

El tomate es una de las hortalizas de mayor consumo en el mundo, tiene gran relevancia ocupando un lugar significativo y en México está entre los cultivos más importantes (Bautista et al., 2008). Estudios recientes (Li et al., 2018), han encontrado que tomates modificados mediante ingeniería genética, han incrementado sus propiedades nutraceuticas, como lo es el licopeno. La preferencia notoria y la calidad nutraceutica del fruto de tomate nativo y silvestre es conferida por caracteres como las concentraciones de vitamina C, licopeno, ácidos orgánicos, sólidos solubles y compuestos antioxidantes (Juárez et al., 2009). En la actualidad, los consumidores están interesados no sólo en la calidad comercial de los productos

hortofrutícolas sino también en su valor nutraceutico.

El consumo de vegetales con alto contenido nutraceutico contribuye a efectos positivos en la salud, como la mejora fisiológica general y reducción del avance de enfermedades crónicas enfermedades degenerativas (Llacuna y Mach, 2012). Pinela (2012) señala que se ha visto un interés creciente en consumir tomates con un alto contenido en fenólicos y licopeno por su alto carácter antioxidante, que están con la prevención de enfermedades crónicas. El propósito de esta investigación fue caracterizar las propiedades fisicoquímicas de frutos de tomate nativo sobreexpresantes del gen AtCRYI, para generar información sobre las propiedades nutraceuticas de estos materiales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Plantas de dos genotipos de *Solanum lycopersicum*, morfotipo cuatamate, uno genéticamente no modificado, WT y otro modificado genéticamente OXAtCRYI, fueron cultivadas en el módulo de Agricultura Protegida del Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. Las semillas fueron germinadas en una charola de uncel de 200 cavidades, utilizando turba Sunshine mezcla 3. El contendor fue puesto en un compartimiento con luz azul durante un periodo de 20 días, esto para la identificación de las plantas sobreexpresantes del gen AtCRYI. A los 40 días después de la siembra, se trasplantaron 5 plantas positivas (OX) y 5 plantas sin modificar (WT) en macetas plásticas con capacidad de 6 litros, las cuales contenían un sustrato en proporción 2:I:I:I de turba comercial Sushine, arena, perlita y vermiculita respectivamente. El experimento se desarrolló en 2 fases, la primera fue el manejo de cultivo, comprendida de febrero a junio de 2022; la segunda fase se desarrolló en el mes de julio, en el que se determinaron propiedades fisicoquímicas de los frutos, actividad desarrollada en el



Laboratorio de Fisiología y Bioquímica
Poscosecha de Frutas y Hortalizas del
Departamento de Investigación y Posgrado de
Alimentos de la Universidad Autónoma de
Querétaro.

La firmeza de los frutos se evaluó mediante una prueba de compresión utilizando un texturómetro BROOKFIELD®, Modelo CT3 25K equipado con una sonda cilíndrica de acrílico de 36 mm de diámetro que descendió a una velocidad de 1 mm/s hasta lograr 10 % de deformación de la altura de la muestra de acuerdo con el método sugerido por Zhang et al. (2019). Se utilizaron 5 frutos por planta cada genotipo, realizando un total de 50 mediciones. La firmeza del fruto fue expresada en la fuerza necesaria (N mm⁻¹) para lograr 10 % de deformación. El pH se determinó licuando 2 tomates por cada planta de cada genotipo para posteriormente agregar 10 mL de agua destilada, después se midió directamente la muestra utilizando un potenciómetro. La acidez titulable (AT, en % de ácido cítrico) se cuantificó con la técnica de la AOAC (1990). Se tomaron 2 frutos por planta de cada genotipo, realizando un total de 20 muestras. Se homogenizaron 0.5 g de pulpa con 10 mL de agua destilada, de donde se tomó una alícuota de 10 mL, se tituló con una solución de hidróxido de sodio 0.1 N y se usó fenolftaleína como indicador. Para obtener el porcentaje de ácido cítrico se empleó la fórmula, donde: %AT es el contenido de ácido cítrico expresado en porcentaje, N es la normalidad del NaOH, V es el volumen total de la muestra en mL después de ser licuada y Meq ácido son los miliequivalentes del ácido presente en mayor proporción (0.064) para ácido cítrico.

El contenido de sólidos solubles (°Brix) del jugo de frutos se midió con un refractómetro digital marca Atago modelo PAL-I (México) y escala de 0 a 53 %. Por el tamaño de los frutos, fue necesario hacer una dilución, por lo que se

$$\% \text{ AT} = \frac{\text{mL NaOH} \times N \times \text{Meq ácido} \times V \times 100}{(\text{peso muestra} \times \text{alícuota})}$$

homogenizaron 0.5 gramos del fruto en 10 mL de agua destilada, teniendo una relación 1:20. Por cada planta de cada genotipo se hicieron 5 repeticiones, analizando un total de 50 muestras.

Para la determinación de licopeno se utilizó el método descrito por Nagata y Yamashita (1992). Se tomaron muestras previamente congeladas y almacenadas a -80°C de 3 tomates a madurez comercial (rojos) de cada planta de cada genotipo OX y WT. Se analizaron un total de 30 muestras. Para la preparación de los extractos se usaron 0.6 g de piel de tomate (0.2 g de cada tomate) y se homogenizó con 5 mL de solución 1:1 de etanol al 95 % y acetona con 0.05 % (p / v) de butil hidroxitolueno (BHT) con la ayuda del ULTRA TURRAX (IKA®, Modelo T 25 D SI, Alemania) a 10,000 rpm durante 1 minuto. Se adicionó 10 mL de hexano y se colocó en un frasco ámbar con tapa. Posteriormente, la muestra se agitó a 180 rpm en una placa de agitación magnética durante 15 minutos. A continuación, se agregaron 3 mL de agua destilada y continuó la agitación durante 5 minutos; la muestra se dejó reposar a temperatura ambiente durante 5 minutos para permitir la separación de fases. Finalmente, se recuperó la fase orgánica y se tomó una alícuota de 1 mL, la cual se diluyó 1:5 con hexano. Posteriormente se midió la absorbancia con un espectrofotómetro UV-Vis (Perkin Elmer®, Modelo Lambda 365, Estados Unidos de América) a 453, 505, 645 y 663 nm, utilizando hexano como blanco. La concentración de licopeno fue calculada de acuerdo con la ecuación reportada por Nagata y Yamashita (1992). Los resultados fueron expresados en mg de licopeno por 100 g¹ de tejido fresco.

Los datos fueron analizados con el programa estadístico SAS versión 9.4 para verificar diferencias estadísticas entre los genotipos evaluados utilizando la prueba t-Student.



$$\text{Licopeno (mg 100 mL}^{-1}\text{)} = -0.0458\text{A663} + 0.204\text{A645} + 0.372\text{A505} - 0.0806\text{A453}$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los frutos de tomate, morfotipo cuatomate, de los genotipos WT y OXAtCRYI, a madurez fisiológica presentaron un peso promedio de 1 g y un diámetro ecuatorial estadísticamente igual. Sin embargo, el diámetro polar y los contenidos de clorofila a, b y total en frutos de tomate a madurez fisiológica fueron afectados muy significativamente por el genotipo (**Tabla 1**). Los frutos de tomate OXAtCRYI tuvieron un mayor diámetro polar ($p \leq 0.01$) y acumularon una mayor cantidad de clorofila a ($p \leq 0.01$), b ($p \leq 0.01$) y total ($p \leq 0.01$) que los frutos del genotipo WT. Estos resultados superan a los reportados por Powell y colaboradores (2012) con valores de 0.01 a 0.09 $\mu\text{g mg}^{-1}$ de clorofila total en frutos verdes de tomates modificados genéticamente. Los datos de clorofila en frutos OXAtCRYI reflejan una coloración verde más intensa que los de WT (**Figura 1A**).

Los frutos del genotipo WT mostraron mayor firmeza ($p \leq 0.04$) y mayor contenido de sólidos solubles ($p \leq 0.006$) que los frutos sobre expresantes del gen AtCRYI (**Tabla 2**). Martínez-Vázquez et al. (2016), encontraron valores de

firmeza en cruza de tomates silvestres, los cuáles oscilaron entre 1.67 y 5.30 Newton mm^{-1} . Por su parte, Magallanes-López y colaboradores (2020), reportaron valores de firmeza encontrados en frutos de tomates nativos con una variación de 0.22 a 0.64 Newton mm^{-1} . Sin embargo, los datos obtenidos en esta investigación son inferiores a los expuestos por Batu (2004), quien sugiere frutos con firmeza de 1.46 Newton mm^{-1} para su comercialización. Cabe señalar que los valores suelen ser contrastantes con lo reportado con otros autores ya que la madurez es diferente en cada genotipo, no obstante, los materiales son buenos prospectos para ofrecer una prolongada vida de anaquel.

El parámetro pH y los contenidos de licopeno y β -carotenos no fueron afectados significativamente por los genotipos de tomate ($p \leq 0.05$). Los datos de pH en este experimento son muy similares a los reportados por Crisanto-Juárez (2010) quien reportó valores de pH en tomates silvestres de 3.63 a 4.3. No se encontraron reportes en la literatura científica sobre contenido de licopeno y β -carotenos en este morfotipo de tomate.

Tabla 1. Efecto del genotipo sobre el peso, diámetro polar, diámetro ecuatorial y el contenido de clorofila en frutos de tomate a madurez fisiológica.

Característica	Genotipo		Pr > t
	WT	OXAtCRYI	
Peso promedio (g)	1.00	1.08	0.14 ^{ns}
Diámetro polar (mm)	10.7	11.4	0.01 ^{**}
Diámetro ecuatorial (mm)	11.7	12.1	0.14 ^{ns}
Clorofila a (mg 100 g ⁻¹ tejido fresco)	1.37	5.11	0.01 ^{**}
Clorofila b (mg 100 g ⁻¹ tejido fresco)	2.08	8.06	0.01 ^{**}
Clorofila total (mg 100 g ⁻¹ tejido fresco)	3.45	13.16	0.01 ^{**}

ns = no significativo ($p > 0.05$), **Altamente significativo ($p \leq 0.01$). Prueba t-Student ($\alpha = 0.05$).



Tabla 2. Efecto del genotipo sobre parámetros de la calidad en frutos a madurez comercial de tomate.

Característica	Genotipo		Pr > t
	WT	OXAtCRYI	
pH	4.14	4.09	0.73 ^{ns}
Firmeza (Newton mm ⁻¹)	0.99	0.82	0.04 [*]
Acidez titulable (% ácido cítrico)	0.55	0.70	<.0001 ^{**}
Sólidos solubles (°Brix)	8.64	7.14	0.006 ^{**}
Licopeno (mg 100 g ⁻¹ tejido fresco)	6.75	7.71	0.68 ^{ns}
β-carotenos (mg 100 g ⁻¹ tejido fresco)	5.82	5.80	0.98 ^{ns}

ns = no significativo ($p > 0.05$), **Altamente significativo ($p \leq 0.01$). Prueba t-Student ($\alpha = 0.05$).

Los frutos OXAtCRYI acumularon mayor cantidad de ácido cítrico que los frutos WT, con un valor de promedio de 0.70 % (**Tabla 2**). Juárez-López (2009), encontró valores de acidez titulable desde 0.50 hasta 1.01 % de ácido cítrico, datos que coinciden con los obtenidos en esta investigación.

El contenido de sólidos solubles expresados en °Brix, fue mayor en frutos WT que en frutos del genotipo OXAtCRYI. Los valores obtenidos en esta investigación son mayores a los de George et al. (2004) quienes reportaron valores de 5 a 7 °Brix en 12 híbridos de jitomate. Por su parte, Martínez-Damián y colaboradores (2018), reportaron valores entre 7.04 a 7.06 °Brix, datos

más cercanos a los presentados en esta investigación.

Adicionalmente, los frutos OXAtCRYI acumularon la misma cantidad de licopeno que los frutos WT. Por el papel del licopeno como elemento nutracéutico en la salud del consumidor, esta es una característica de suma importancia en los frutos de tomate (**Figura 2**). Vela y colaboradores (2018) reportaron que, en variedades nativas de tomate mexicano y líneas experimentales de tomate, el contenido de licopeno fue de 0.5 a 4.5 mg 100 g⁻¹ de peso fresco, rango inferior a los datos obtenidos en este experimento.

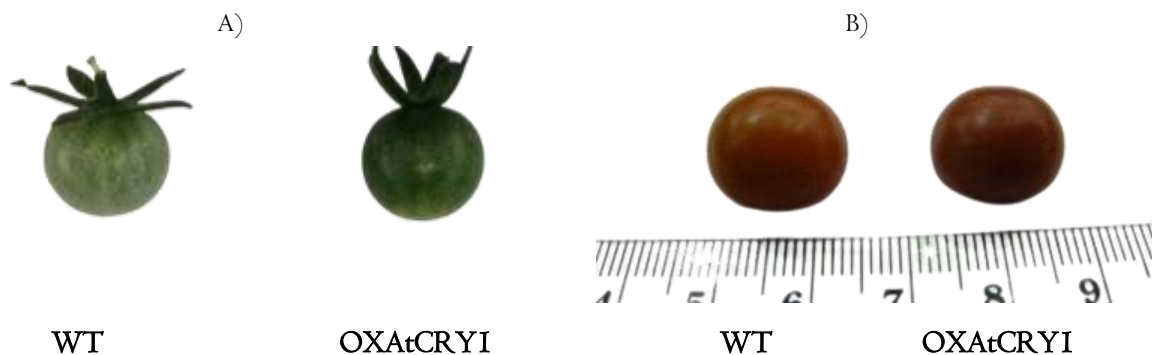


Figura 1. A) Frutos a madurez fisiológica y B) Frutos a madurez comercial de los genotipos WT y OXAtCRYI

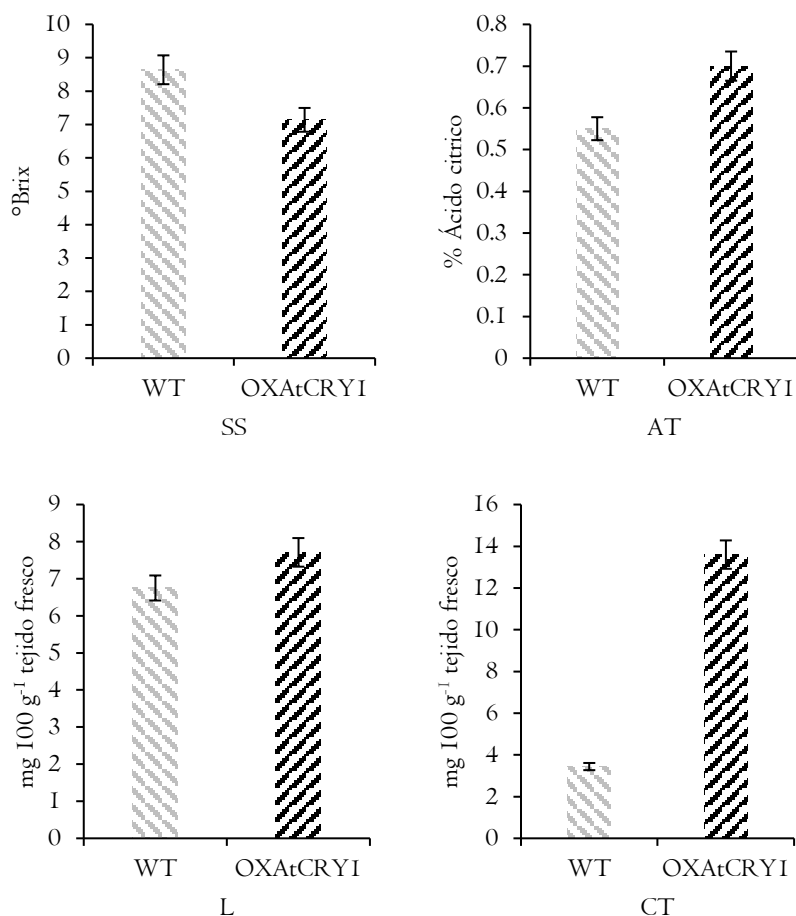


Figura 2. Representación gráfica de las propiedades químicas en frutos de tomate a madurez comercial de los genotipos WT y OXAtCRYI. SS= sólidos solubles, AT = acidez titulable, L = licopeno, ASM = clorofila total, WT= Cuatomate sin modificar, OXAtCRYI= Cuatomate sobreexpresante del gen CRYI. Las barras verticales representan el error estándar (n = 5).

El β -caroteno es la principal fuente de vitamina A en la dieta humana, necesaria para el desarrollo normal, el crecimiento y la vista (Baranska et al., 2006; Flores et al., 2017). El contenido de este carotenoide en esta investigación fue estadísticamente igual en los frutos de los dos genotipos. Sin embargo, los valores de β -caroteno están por encima de lo reportado por otros autores.

CONCLUSIONES

La inserción del gen AtCRYI en el genoma del tomate silvestre genera frutos con un muy alto contenido de clorofila. Esta característica se podría traducir en una mayor cantidad de fotosintatos y por ende en un mayor rendimiento de frutos. De igual manera, a madurez comercial, los frutos OXAtCRYI produjeron una mayor acidez titulable en comparación a los frutos WT. Lo anterior hace que el genotipo de tomate AtCRYI



sea visualizado como un excelente material que, mediante técnicas de ingeniería genética, podría mejorar el valor nutricional del fruto en variedades comerciales de tomate.

REFERENCIAS

- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). (1990). *Official Methods of Analysis*. Ed. Benjamin Franklin Station. USA. 1018 p.
- Baranska, M., Schütze, W. & Schulz, H. (2006). Determination of lycopene and β -carotene content in tomato fruits and related products: comparison of Ft-Raman, ATR-IR, and NIR spectroscopy. *Analytical Chemistry*, 78(24), 8456–8461.
<https://doi.org/10.1021/ac061220j>
- Batu, A. (2004). Determination of acceptable firmness and color values of tomatoes. *Journal of Food Engineering*, 61(3), 471–475.
[https://doi.org/10.1016/s0260-8774\(03\)00141-9](https://doi.org/10.1016/s0260-8774(03)00141-9)
- Bautista, N., Chavarin, C. & Valenzuela, F. (2008). *Jitomate, tecnología para su producción en invernadero*. 2da Edición. México: Colegio de Postgraduados Montecillo. p. 98.
- Crisanto-Juárez, Andrés U., Vera-Guzmán, Araceli M., Chávez-Servia, José L. & Carrillo-Rodríguez, José C. (2010). Calidad de frutos de tomates silvestres (*Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme* Dunal) de Oaxaca, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 33(4), 7-13.
<https://doi.org/10.35196/rfm.2010.Especia14.7>
- Flores, P.; Sánchez, E.; Fenoll, J. & Hellín, P. (2017). Genotypic variability of carotenoids in traditional tomato cultivars. *Food Research International*, 100, 510–516.
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.07.014>
- George, B., Kaur, C., Khurdiya, D. S. & Kapoor, H. C. (2004). Antioxidants in tomato (*Lycopersium esculentum*) as a function of genotype. *Food Chemistry*, 84(1), 45–51.
[https://doi.org/10.1016/s0308-8146\(03\)00165-1](https://doi.org/10.1016/s0308-8146(03)00165-1)
- Juárez-López, P., Castro-Brindis, R., Colinas-León, T., Ramírez-Vallejo, P., Sandoval-Villa M., Reed, D. W., Cisneros-Zevallos L. & King S. (2009). Evaluación de calidad en frutos de siete genotipos nativos de jitomate (*Lycopersicon esculentum* var. *Cerasiforme*). *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 15(2), 5–9.
<https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2009.15.043>
- Li, X., Wang, Y., Chen, S., Tian, H., Fu, D., Zhu, B., Luo, Y. & Zhu, H. (2018). Lycopene Is enriched in tomato fruit by CRISPR/Cas9-mediated multiplex genome editing. *Frontiers in Plant Science*, 9(599).
<https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00559>
- Llacuna, L. & Mach, N. (2012). Papel de los antioxidantes en la prevención del cáncer. *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética*, 16(1), 16–24.
[https://doi.org/10.1016/s2173-1292\(12\)70067-4](https://doi.org/10.1016/s2173-1292(12)70067-4)
- Magallanes-López, A. M., Martínez-Damián, M. T., Sahagún-Castellanos, J., Pérez-Flores, L. J., Marín-Montes, I. M. & Rodríguez-Pérez, J. E. (2020). Calidad poscosecha de 40 poblaciones de tomate (*solanum lycopersicum* l.) nativas de México. *Agrociencia*, 54(6), 779–796.
<https://doi.org/10.47163/agrociencia.v54i6.2184>
- Martínez-Damián, M. T., Rodríguez-Pérez, J. E., Cruz-Álvarez, O. & Colinas-León, M. T. B. (2018). rendimiento y calidad fisicoquímica en líneas experimentales de *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* cultivadas con diferentes niveles de conductividad eléctrica. *Chilean Journal of Agricultural & Animal Sciences*,



- 34(2), 152-164.
<https://doi.org/10.4067/s0719-38902018005000404>
- Martínez-Vázquez, E. A., Lobato-Ortiz, R., García-Zavala, J. J. & Reyes-López, D. (2016). Heterosis de cruas entre líneas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) nativo mexicano tipo pimiento y líneas tipo saladette. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 39(1), 67-77.
<https://doi.org/10.35196/rfm.2016.1.67-77>
- Nagata, M. & Yamashita, I. (1992). Simple method for simultaneous determination of chlorophyll and carotenoids in tomato fruit. *The Japanese Society for Food Science and Technology*, 39(10), 925-928.
<https://doi.org/10.3136/nskkk1962.39.925>
- Pinela, J., Barros, L., Carvalho, A. M. & Ferreira, I. C. (2012). Nutritional composition and antioxidant activity of four tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) farmer' varieties in Northeastern Portugal homegardens. *Food Chem Toxicol.* 50(3-4), 829-34.
<https://doi.org/10.1016/j.fct.2011.11.045>
- Powell, A. L. T., Nguyen, C. V., Hill, T., Cheng, K. L., Figueroa-Balderas, R., Aktas, H., Ashrafi, H., Pons, C., Fernández-Muñoz, R., Vicente, A., López-Baltazar, J., Barry, C. S., Liu, Y., Chetelat, R., Granell, A., Van Deynze, A., Giovannoni J. J. & Bennett, A. B. (2012). Uniform ripening Encodes a Golden 2-like Transcription Factor Regulating Tomato Fruit Chloroplast. *Development. Science*, 336(6089), 1711-1715.
<https://doi.org/10.1126/science.1222218>
- Vela-Hinojosa, C., Escalona-Buendía, H. B., Mendoza-Espinoza, J. A., Díaz de León-Sánchez, F., Lobato-Ortiz, R., Rodríguez-Pérez, J. E., Ramírez-Aguilar, M., Pérez-Díaz, F., Villa-Hernández, J. M. & Pérez-Flores, L. (2018). Chemical and sensory analysis of native genotypes and experimental lines of tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Fruits*, 73(1), 60-71.
<https://doi.org/10.17660/th2018/73.1.7>
- Zhang, Y., Zhao, G., Cheng, P., Yan, X., Li, Y., Cheng, D., Wang, R., Chen, J. & Shen, W. (2019). Nitrite accumulation during storage of tomato fruit as prevented by hydrogen gas. *International Journal of Food Properties*, 22(1), 1425-1438.
<https://doi.org/10.1080/10942912.2019.1651737>



CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DE PLANTAS INJERTADAS DE TOMATE (*Solanum lycopersicum*) EN RESPUESTA AL SUSTRATO

GROWTH AND FRUIT YIELD OF GRAFTED TOMATO PLANTS (*Solanum lycopersicum*) IN RESPONSE TO SUBSTRATE

Pedro Santiago López-Márquez¹, Lorenzo Luis-Hernández¹, Lina Pliego-Marín², Manuel Fabián-Rojas²,
Reina María de los Ángeles Gámez-Hernández², Claudia López-Sánchez³, Ángel Maya-Hernández², Javier
López-Baltazar^{2§}

^{1,2}Estudiante, Investigador, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. Ex Hacienda de Nazareno SN Agencia de Policía Nazareno, 71233 Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca. ³Instituto Tecnológico de Oaxaca. Av. Ing. Víctor Bravo Ahuja No. 125, esquina Calzada Tecnológico. 68030. [§]Autor de correspondencia: (javier.lb@voaxaca.tecnm.mx).

RESUMEN

El injerto de solanáceas es una alternativa sustentable para proporcionar tolerancia a problemas bióticos y abióticos. El objetivo de este estudio fue evaluar el crecimiento y la producción de plantas de tomate injertadas en respuesta al sustrato bajo condiciones de invernadero. Los tratamientos consistieron en la combinación de plantas de tomate saladette cv. 'Tobala' (KWS®) injertadas sobre plantas de un tomate nativo de Oaxaca y no injertadas, ambas cultivadas en arena de río y lombricomposta en invernadero. A las 18 semanas después del inicio de los tratamientos, hubo un efecto significativo de la interacción injerto x sustrato, las plantas de tomate cultivar 'Tobala' sin injertar cultivadas en lombricomposta alcanzaron la mayor altura de planta y el mayor diámetro de tallo mientras que el número de hojas por planta no fue afectado por los tratamientos. Durante 16 semanas de cosecha acumulativa, las plantas sin injertar tuvieron la mayor cantidad de rendimiento total, número total de frutos m⁻² y peso promedio por fruto. Los niveles más altos de textura y acidez titulable fueron obtenidos en frutos cosechados de plantas sin injertar y cultivadas en arena de río, en tanto

que los sólidos solubles no fueron afectados por los tratamientos. El cultivar 'Tobala' sin injertar en arena de río fue el mejor para las variables altura de planta y rendimiento, razón por lo que el injerto no modificó dichas variables.

Palabras clave: injerto, lombricomposta, rendimiento, calidad de fruto.

ABSTRACT

Solanaceae grafting is a sustainable alternative to provide tolerance to biotic and abiotic problems. The objective of this study was to evaluate the growth and production of grafted tomato plants in response to the substrate under greenhouse conditions. The treatments consisted of the combination of saladette tomato plants cv. 'Tobala' (KWS®) grafted on native tomato plants from Oaxaca and not grafted, both grown in river sand and vermicompost in a greenhouse. At 18 weeks after the beginning of treatments, there was a significant effect of the graft X substrate interaction, the ungrafted 'Tobala' tomato plants grown in vermicompost reached the highest plant height and the largest stem diameter while the number of leaves per plant was not affected by treatments. During 16 weeks of



cumulative harvest, ungrafted plants had the highest total yield, total number of fruits m^{-2} , and average weight per fruit. The highest levels of texture and titratable acidity were obtained in fruits harvested from ungrafted plants and grown in river sand, while soluble solids were not affected by the treatment. It is suggested that the 'Tobala' cultivar has a good capacity and genetic load to generate good growth and yield in tomato plants, which is why the graft did not modify the variables studied.

Index words: grafting, vermicompost, yield, fruit quality

INTRODUCCIÓN

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es la segunda hortaliza más cultivada en el mundo; anualmente se producen 182 millones de toneladas de frutos de tomate (Quinet et al., 2019). En México el tomate es la hortaliza más cosechada con un consumo per cápita de 12.7 kg y una producción en 2022 de 3 millones 462 mil toneladas, ocupando el octavo lugar como productor a nivel mundial (SIAP, 2023). El cultivo de tomate en invernadero en combinación con estrategias innovadoras como el uso de injertos y sustratos, es una de las formas más efectivas para una producción eficiente garantizando altos rendimientos y una excelente calidad de la cosecha. El objetivo principal del uso del injerto en tomate es mejorar la producción de frutos sin ningún deterioro nutricional y reducir la susceptibilidad a diversos estreses abióticos (sequía, frío, salinidad) y bióticos (patógenos de suelo y planta).

Existen diversos reportes contradictorios sobre los cambios en la calidad del fruto debido al injerto y si los efectos del injerto son ventajosos o perjudiciales (Rouphael et al., 2010). González et al. (2016), encontraron que usando sustratos orgánicos en la producción de tomate se puede aumentar el contenido fenólico total y licopeno, por su parte Flores-Pacheco (2017) menciona que,

usando sustratos inertes como la arena, el aserrín y la cascarilla de arroz aumenta la cantidad de flores, frutos cuajados y variables de desarrollo fenológico como la altura, diámetro y número de hojas en plantas de tomate (*Solanum lycopersicum*). El humus de lombriz y fibra de coco utilizados como sustrato para la siembra de plantas de tomate del cultivar 'Imperial' injertado con 'Multifort' tipo bola, se logra obtener alta productividad (Valenzuela-López et al., 2018). Es por lo anterior que existe interés de evaluar el crecimiento y rendimiento de plantas injertadas de tomate comercial con una especie silvestre en respuesta a sustratos disponibles localmente.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se llevó a cabo en el módulo de Horticultura Protegida del Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, ubicado Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca, utilizando 212 m^2 de invernadero (Batcenital- 800 ®, ACEA, México). Las semillas de tomate fueron sembradas en charolas de unicel de 200 cavidades, utilizando como sustrato turba (Sunshine Mix 3).

Se realizó un injerto tipo empalme en las plántulas a los 51 días después de sembradas las semillas del portainjerto y a los 40 días de sembradas las semillas del injerto. El experimento se estableció bajo un diseño experimental completamente al azar (DCA), con arreglo factorial 2X2 con 3 repeticiones, donde el factor a) fueron plantas de tomate saladette cv. 'Tobala' (KWS®) injertadas sobre plantas de un tomate nativo de Oaxaca (Cuatomate) y no injertadas; y el factor b) los sustratos utilizados para el trasplante (arena de río y lombricomposta), en invernadero. La investigación constó de un total de 12 unidades experimentales y cada una de ellas estuvo constituida por veinte plantas de tomate. El trasplante se realizó 18 días después del injerto y las plantas fueron fertirrigadas diariamente con



una solución nutritiva completa (mg L^{-1}): NO_3 , 168; P, 41; K, 156; Ca, 160; Mg, 36; SO_4 , 144; Fe, 2.8, Cu, 0.0064; Zn, 0.0065; Mn, 0.54; B, 0.54, Mo, 0.04; pH, 5.8.

Las variables de estudio relacionadas al crecimiento de las plantas (altura de planta, diámetro de tallo y número de hojas por planta) fueron evaluadas durante 18 semanas después del trasplante mientras que las variables de rendimiento (rendimiento total, número de frutos m^{-2} , peso promedio por fruto, número de frutos necrosados, rajados y manchados por m^2) fueron evaluadas en 16 semanas acumulativas de cosecha, en ambos casos en 10 plantas por unidad experimental. En la semana 15 de cosecha, se evaluaron los parámetros de calidad de fruto: textura, contenido de sólidos solubles, acidez titulable y color, en cinco frutos a madurez comercial por unidad experimental. La textura fue determinada con un penetrómetro Mc CORMICK® FRUIT TESTER FT 011 y expresada en Newton mm^{-1} . Los sólidos solubles fueron determinados en un refractómetro ATAGO® y expresados en °Brix. La acidez titulable fue determinada por titulación con hidróxido de sodio 0.1 N y fue expresada en % de ácido cítrico. El color fue determinado utilizando un colorímetro espectral de mano (CNYST), que expresa los valores L, a, b utilizados para el cálculo del índice de color (IC): $[(a \times 1000) / (L \times b)]$, de acuerdo con Francis y Clydesdale (1975).

Los datos obtenidos fueron analizados para determinar el efecto principal de cada uno de los dos factores de estudio, así como de la interacción entre tratamientos, mediante el análisis de varianza (ANOVA) factorial y prueba de medias Tukey ($\alpha = 0.05$) utilizando el programa estadístico SAS versión 9.0 (SAS Institute, 2002).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la semana 18 después del inicio de los tratamientos el análisis de varianza mostró que la

interacción de los factores de estudio injerto X sustrato, tuvo un efecto altamente significativo ($p \leq 0.01$) sobre la altura de planta y el diámetro de tallo (**Tabla 1**). Las plantas de tomate cv 'Tobala' sin injertar cultivadas en lombricomposta obtuvieron la mayor altura (458.82 cm) y el mayor diámetro de tallo (11.03 mm). No obstante, el número de hojas por planta no fue afectado por los tratamientos. Cántora-Martínez et al. (2022), mencionan que los portainjertos de tomate silvestres destacan por su vigor, por lo que es deseable usar materiales que logren un mayor desarrollo vegetativo, en su estudio encontraron características significativas al usar el injerto para las variables altura de planta y diámetro de tallo a los 90 días después de trasplante. Una adecuada unión entre el injerto y el patrón pueden provocar crecimientos significativos, así como aumento en el contenido de biomasa (Martínez-Ballesta et al., 2010). Arthur et al. (2021) reportaron que el injerto afectó las variables altura de planta y diámetro de tallo a los 54 días después de trasplante en comparación con el testigo sin injertar.

Durante 16 semanas de cosecha acumulativa, todas las variables de rendimiento no fueron afectadas significativamente por la interacción de los factores de estudio injerto x sustrato, ni tampoco por el factor sustrato. De igual manera, los parámetros de rendimiento no comercializable, expresados en número total de frutos necrosados, rajados y manchados m^{-2} , no fueron afectados por la interacción injerto x sustrato ni por los factores de estudio injerto ni sustrato (**Tabla 2**). Sin embargo, el factor de estudio injerto sí tuvo un efecto altamente significativo ($p \leq 0.01$) sobre el rendimiento total (kg m^{-2}) y muy altamente significativo sobre las variables número total de frutos m^{-2} y peso promedio/fruto. Las plantas de tomate cv 'Tobala' sin injertar, produjeron el mayor rendimiento expresado en kg m^{-2} (11.64), la mayor cantidad de frutos m^{-2} (176.9) y el mayor peso promedio/fruto (59.1 g) (**Figura 1**). Los datos de



rendimiento pueden estar influenciados por el cultivar y coinciden con la disminución del rendimiento entre el 6 % y el 39 % en plantas no injertadas (Misković et al., 2009). Los resultados contrastan con los reportados por Djidonou et al. (2017) quienes mencionan que las plantas injertadas mostraron un aumento en los rendimientos totales y comercializables de toda la temporada de 53 % y 66 %, respectivamente, en relación con los rendimientos promedio de las plantas no injertadas.

Ingram et al. (2022) en un estudio sobre los portainjertos 'Arnold', 'Beaufort' y 'Fortamino'

encontraron que mejoran significativamente los rendimientos en un 24-35 % y, en ocasiones, el tamaño de los frutos en las plantas injertadas en comparación con las plantas no injertadas. Velasco-Alvarado (2017) evaluó portainjertos de tomate nativo, obteniendo rendimientos de 7 a 11 kg m⁻², inclusive superiores a los testigos 'Multifort' y 'Maxifort'. Las combinaciones más sobresalientes en cada injerto fueron 'Cid'/100 y 'Sun'/84, ya que superaron en 30 % y 26 % el rendimiento de las plantas sin injertar, respectivamente.

Tabla 1. Efecto interactivo del injerto y sustrato sobre el crecimiento de plantas injertadas de tomate (*Solanum lycopersicum*) a las 18 semanas después del inicio de los tratamientos.

Tratamiento		Altura de planta (cm)	Diámetro de tallo (mm)	Número de hojas/planta
Injerto	Sustrato			
'Tobala'	Arena de río	439.38	8.01	48.50
'Tobala'	Lombricomposta	458.82	11.03	48.53
'Tobala'/Cuatomate	Arena de río	408.14	9.10	48.20
'Tobala'/Cuatomate	Lombricomposta	419.75	10.96	47.97
Injerto		<.0001**	<.0001**	0.02*
Sustrato		<.0001**	<.0001**	0.60 ^{ns}
Injerto×Sustrato		<.0001**	<.0001**	0.48 ^{ns}

ns = no significativo ($p > 0.05$), * significativo ($p \leq 0.05$), **altamente significativo ($p \leq 0.01$).

Tabla 2. Efecto interactivo del injerto y sustrato sobre el rendimiento de plantas injertadas de tomate (*Solanum lycopersicum*) durante 16 semanas acumulativas de cosecha a madurez comercial.

Tratamiento		RT (kgm ⁻²)	NTF (m ⁻²)	PPF (m ⁻²)	NTFN (m ⁻²)	NTFR (m ⁻²)	NTFM (m ⁻²)
Injerto	Sustrato						
'Tobala'	Arena de río	11.618	179.25	59.37	0.15	0.15	5.40
'Tobala'	Lombricomposta	11.663	174.60	58.83	0.15	0.30	4.35
'Tobala'/Cuatomate	Arena de río	10.389	152.70	53.14	0.15	0.15	4.65
'Tobala'/Cuatomate	Lombricomposta	11.006	156.45	51.55	0.00	0.15	6.00
Injerto		0.0098**	<.0001**	<.0001**	0.56 ^{ns}	0.65 ^{ns}	0.74 ^{ns}
Sustrato		0.35 ^{ns}	0.90 ^{ns}	0.48 ^{ns}	0.56 ^{ns}	0.65 ^{ns}	0.91 ^{ns}
Injerto×Sustrato		0.42 ^{ns}	0.27 ^{ns}	0.73 ^{ns}	0.56 ^{ns}	0.65 ^{ns}	0.38 ^{ns}

RT: rendimiento total, NTF: número total frutos, PPF: peso promedio fruto, NTFN: número total de frutos necrosados, NTFR: número total de frutos rajados, NTFM: número total de frutos manchados. ns = no significativo ($p > 0.05$), * significativo ($p \leq 0.05$), **altamente significativo ($p \leq 0.01$).

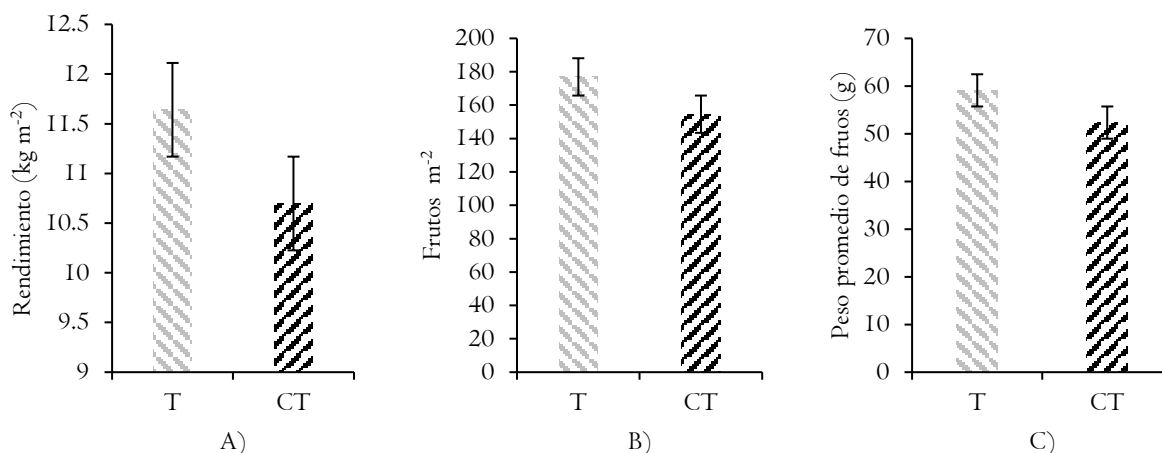


Figura 1. Efecto del factor de estudio injerto sobre: A) el rendimiento total, B) número de frutos m⁻² y C) peso promedio de frutos, de plantas de tomate (*Solanum lycopersicum*) durante 16 semanas de cosecha. T: cv. 'Tobala', CT: 'Tobala'/Cuatomate. Prueba de medias Tukey ($\alpha = 0.05$). Las barras verticales representan el error estándar (n = 5).

Tabla 3. Efecto interactivo del injerto y sustrato sobre la calidad de frutos de tomate (*Solanum lycopersicum*) a las 15 semanas de cosecha.

Tratamiento		Textura (Newton mm ⁻¹)	Sólidos solubles (°Brix)	Acidez titulable (% ácido cítrico)	Índice de color
Injerto	Sustrato				
'Tobala'	Arena de río	16.17	4.92	0.42	54.53
'Tobala'	Lombricomposta	12.51	3.91	0.34	49.20
'Tobala'/Cuatomate	Arena de río	12.58	3.93	0.33	50.09
'Tobala'/Cuatomate	Lombricomposta	14.70	3.82	0.36	52.76
Injerto		0.56 ^{ns}	<.0001 ^{**}	0.19 ^{ns}	0.88 ^{ns}
Sustrato		0.35 ^{ns}	0.90 ^{ns}	0.37 ^{ns}	0.65 ^{ns}
Injerto×Sustrato		0.42 ^{ns}	0.27 ^{ns}	0.08 ^{ns}	0.18 ^{ns}

ns = no significativo ($p > 0.05$), * significativo ($p \leq 0.05$), **altamente significativo ($p \leq 0.01$).

Los parámetros de calidad de frutos a madurez comercial fueron evaluados en la quinceava semana de cosecha. El análisis de varianza mostró un efecto significativo y muy altamente significativo de la interacción injerto x sustrato sobre las variables de estudio textura y sólidos solubles respectivamente (Tabla 3). Los frutos cosechados en las plantas de tomate cv

'Tobala' sin injertar y cultivadas en arena de río, tuvieron una consistencia más firme (mejor textura) y el mayor contenido de sólidos solubles (°Brix). Por el contrario, las variables de estudio: acidez titulable expresada en % de ácido cítrico y el índice de color, no fueron afectadas por la interacción injerto x sustrato ni por los factores de estudio injerto y sustrato.



Estudios realizados por Turhan et al. (2011) no encontraron diferencias en acidez titulable ni en sólidos solubles, los valores oscilaron entre 0.30-0.39 y 4.17-4.86 respectivamente, por lo tanto, el injerto no tuvo efectos negativos sobre la calidad del fruto, los datos de estos autores son similares a los obtenidos en esta investigación. Los valores de la acidez titulable variaron de 0.25 % - 0.35 %, siendo más significativa para los portainjertos comerciales, no obstante, para el contenido de sólidos solubles, se observó un aumento para los cultivares sin injertar (Djidonou et al., 2016). Rahmatian et al. (2014) evaluaron los portainjertos 'King Kong' en un cultivo sin suelo, encontrando que los sólidos solubles y la firmeza fueron mejores en aquellas plantas que fueron injertadas, este efecto puede tener una correlación con respecto al crecimiento y vigor que suele alcanzarse utilizando la técnica del injerto. Mauro et al. (2020) realizó combinaciones de injertos de tomate cherry sobre portainjertos de algunos tomates silvestres, concluyendo que el cultivar suele ser el que influye en el contenido de sólidos solubles, acidez titulable y color, no obstante, una especie de tomate que dio más vigor redujo el tono rojo (a^*) y los sólidos totales, al tiempo que promovió la acidez total percibida de los frutos, y coincidimos que estas diferencias están influenciadas con el injerto.

CONCLUSIONES

Las plantas de tomate cultivar 'Tobala' sin injertar y cultivadas en lombricomposta obtuvieron la mayor altura de planta y el mayor diámetro de tallo mientras que las mismas plantas sin injertar pero cultivadas en arena de río produjeron frutos más firmes y con mayor contenido de ácido cítrico. Finalmente, las plantas de tomate del cv 'Tobala' sin injertar e independientemente del sustrato utilizado para su cultivo, tuvieron el mayor rendimiento total, el número total de frutos por m^2 y el mayor peso promedio por fruto. Lo anterior conlleva a

sugerir que las plantas de tomate del cultivar 'Tobala' presentan una carga genética con potencial para generar un buen crecimiento y rendimiento en plantas de tomate, razón por lo que el portainjerto no tuvo ningún efecto sobre las variables estudiadas. Es necesario evaluar el efecto del mismo portainjerto en otras cultivares comerciales de tomate saladette para corroborar si su comportamiento es similar o no.

REFERENCIAS

- Arthur, J. D., Li, T., Lalk, G. T. & Bi, G. (2021). High Tunnel Production of Containerized Hybrid and Heirloom Tomatoes Using Grafted Plants with Two Types of Rootstocks. *Horticulturae*, 7(9), 319. <https://doi.org/10.3390/horticulturae7090319>
- Cíntora-Martínez, E. A., Lobato-Ortiz, R., García-Zavala, J. J., Hernández-Rodríguez, M., Rodríguez-Guzmán, E. & Cruz-Izquierdo, S. (2022). Generaciones avanzadas de una cruce de *Solanum lycopersicum* × *S. habrochaites* como portainjertos de tomate. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 44(1), 15. <https://doi.org/10.35196/rfm.2021.1.15>
- Djidonou, D., Simonne, A. H., Koch, K. E., Brecht, J. K. & Zhao, X. (2016). Nutritional Quality of Field-grown Tomato Fruit as Affected by Grafting with Interspecific Hybrid Rootstocks. *HortScience*, 51(12), 1618–1624. <https://doi.org/10.21273/hortsci11275-16>
- Djidonou, D., Zhao, X., Brecht, J. K. & Cordasco, K. M. (2017). Influence of Interspecific Hybrid Rootstocks on Tomato Growth, Nutrient Accumulation, Yield, and Fruit Composition under Greenhouse Conditions. *HortTechnology*, 27(6), 868–877. <https://doi.org/10.21273/horttech03810-17>
- Flores-Pacheco, J. A., Murillo, Y., Oporta, R.,



- Flores Pacheco, C. & Alemán, Y. (2017). Producción hidropónica de tomate (*Solanum lycopersicum*) y chiltoma (*Capsicum annuum*) con sustratos inertes. *Revista Científica de FAREM-Esteli*, 20, 73–81. <https://doi.org/10.5377/farem.v0i20.3069>
- Francis, F. J., & Clydesdale, F. M. (1975). Food Colorimetry: Theory and Applications. *The AVI Publishing Company, Inc.*, Westport, Connecticut, USA.
- González B. M. L., MFortis H, P Preciado R, MA Segura C, E Salazar Sosa, JL García H. & JR Esparza R. (2016). Phytochemical quality of tomato Saladette produced with organic substrates under greenhouse conditions. *Phyton*, 85(1), 71–78. <https://doi.org/10.32604/phyton.2016.85.071>
- Ingram, T. W., Sharpe, S., Trandel, M., Perkins-Veazie, P., Louws, F. J. & Meadows, I. (2022). Vigorous rootstocks improve yields and increase fruit sizes in grafted fresh market tomatoes. *Frontiers in Horticulture*, 1. <https://doi.org/10.3389/fhort.2022.1091342>
- Martínez-Ballesta, M. C., Alcaraz-López, C., Muries, B., Mota-Cadenas, C. & Carvajal, M. (2010). Physiological aspects of rootstock–scion interactions. *Scientia Horticulturae*, 127(2), 112–118. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.08.002>
- Mauro, R. P., Agnello, M., Onofri, A., Leonardi, C., & Giuffrida, F. (2020). Scion and Rootstock Differently Influence Growth, Yield and Quality Characteristics of Cherry Tomato. *Plants*, 9(12), 1725. <https://doi.org/10.3390/plants9121725>
- Misković, A., Ilin, Z. & Marković, V. (2009). Effect of different rootstock type on quality and yield of tomato fruits. *Acta Horticulturae*, 807, 619–624. <https://doi.org/10.17660/actahortic.2009.807.92>
- Quinet, M., Angosto, T., Yuste-Lisbona, F. J., Blanchard-Gros, R., Bigot, S., Martinez, J.-P., & Lutts, S. (2019). Tomato Fruit Development and Metabolism. *Frontiers in Plant Science*, 10, 1554. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01554>
- Rahmatian, A., Delshad, M. & Salehi, R. (2014). Effect of grafting on growth, yield and fruit quality of single and double stemmed tomato plants grown hydroponically. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 55(2), 115–119. <https://doi.org/10.1007/s13580-014-0167-6>
- Rouphael, Y., Schwarz, D., Krumbein, A. & Colla, G. (2010). Impact of grafting on product quality of fruit vegetables. *Scientia Horticulturae*, 127(2), 172–179. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.09.001>
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (10 de julio de 2023). *Cierre de la producción agrícola anual*. Recuperado de <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- Turhan, A., Ozmen, N., Serbeci, M. S. & Seniz, V. (2011). Effects of grafting on different rootstocks on tomato fruit yield and quality. *Horticultural Science*, 38(4), 142–149. <https://doi.org/10.17221/51/2011-hortsci>
- Velasco-Alvarado, M. de J., Lobato-Ortiz, R., García-Zavala, J. J., Castro-Brindis, R., Cruz-Izquierdo, S., Corona-Torres, T. & Moedano-Mariano, M. K. (2017). Mexican native tomatoes as rootstocks to increase fruit yield. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 77(3), 187–193. <https://doi.org/10.4067/s0718-58392017000300187>
- Valenzuela-López, M., Partida-Ruvalcaba, L., Díaz-Valdés, T., Velázquez-Alcaraz, T. de J., Bojórquez-Bojórquez, G. & Enciso-Osuna, T. (2018). Respuesta del tomate cultivado en hidroponía con soluciones nutritivas en



sustrato humus de lombriz-fibra de coco.
Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 5(5),

807–818.

<https://doi.org/10.29312/remexca.v5i5.903>



VALIDACIÓN DE MEDIDOR PORTÁTIL: SECADO Y CORRELACIÓN ENTRE ÍNDICE
SPAD Y CLOROFILA EN *Jatropha curcas*
VALIDATION OF PORTABLE METER: DRYING AND CORRELATION BETWEEN SPAD
AND CHLOROPHYLL INDEX IN *Jatropha curcas*

Yolanda Hernández-de la Cruz, Guadalupe López-Puc, Ángeles Sánchez-Contreras[§]

Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco (CIATEJ) Unidad Sureste. Parque Científico Tecnológico de Yucatán, Km 5.5 Carretera Sierra Papacal-Chuburná puerto, Mérida-CP 97302, México. [§]Autor de correspondencia: (msanchez@ciatej.mx).

RESUMEN

Jatropha curcas L. var. *Sikilte* es un cultivo oleaginoso que se adapta bien a suelos pobres y climas cálidos con baja precipitación. Aunque su uso como biocombustible es conocido, se han realizado pocos estudios sobre sus hojas como fuente de compuestos bioactivos. Este estudio se centró en caracterizar el secado de las hojas, utilizando un medidor de clorofila portátil YIMA YLS-A para estimar la concentración de clorofila (Chl) en hojas frescas y secas de un cultivo experimental en Yucatán. Se evaluó la cinética de secado en un secador de charolas a 65°C durante 7 horas. La extracción de clorofila en hojas secas y frescas se realizó con dimetilsulfóxido (DMSO) durante 24 h y se cuantificó espectrofotométricamente. Los resultados mostraron una eficiencia de secado del 91.97 % y una velocidad de secado de 5.72 g min⁻¹, alcanzando peso constante en 6 h. Las hojas frescas presentaron un promedio de humedad del 60.1 %. La concentración de clorofila total (ChlT) fue de 15.86 µmol cm⁻² en hojas secas y 25.18 µmol cm⁻² en frescas, con relaciones de clorofila a/b de 2.83 y 3.41, respectivamente, indicando que es una planta tipo C3. El secado en charolas mantuvo la calidad de la clorofila, mostrando una relación lineal entre el índice SPAD y la concentración de ChlT, con una correlación negativa de -0.753. La mejor ecuación del modelo fue $Y = I/(a + b \cdot X)$, logrando una correlación significativa de 0.8066 y

un R² de 65.06 %. Esto respalda la eficacia del dispositivo YIMA YLS-A para evaluar la calidad y el secado de las hojas a nivel industrial.

Palabras clave: hojas, extracción, humedad, YIM YLS-A.

ABSTRACT

Jatropha curcas L. var. *Sikilte* is an oilseed crop that thrives in poor soils and warm climates with low precipitation. Although its use as a biofuel is well-known, few studies have shown its leaves as a source of bioactive compounds. This study focused on characterizing the drying of the leaves, using a portable chlorophyll meter YIMA YLS-A to estimate the chlorophyll concentration (Chl) in fresh and dried leaves from an experimental crop in Yucatán. The drying kinetics were evaluated in a tray dryer at 65°C for 7 hours. Chlorophyll extraction from fresh and dried leaves was performed using dimethyl sulfoxide (DMSO) for 24 hours and quantified spectrophotometrically. The results showed a drying efficiency of 91.97 % and a drying rate of 5.72 g min⁻¹, reaching constant weight in 6 hours. Fresh leaves had an average moisture content of 60.1 %. The total chlorophyll concentration (ChlT) was 15.86 µmol cm⁻² in dried leaves and 25.18 µmol cm⁻² in fresh leaves, with chlorophyll a/b ratios of 2.83 and 3.41, respectively, indicating it is a C3 plant. Tray drying maintained the quality of chlorophyll, showing a linear relationship between the SPAD



index and ChlT concentration, with a negative correlation of -0.753. The best model equation was $Y = 1 / (a + b \cdot X)$, achieving a significant correlation of 0.8066 and an R^2 of 65.06 %. This supports the effectiveness of the YIMA YLS-A device for evaluating the quality and drying of leaves at an industrial level.

Index words: leaves, extraction, moisture, YIM YLS-A.

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, el interés por el cultivo de *Jatropha curcas* ha crecido debido a su potencial como fuente de biocombustible rentable, ya que puede prosperar en suelos pobres y climas cálidos (De-Farias et al., 2022, Riayatsyah et al., 2022). Además de su uso energético, las hojas de *J. curcas* contienen fitocompuestos con propiedades antimicrobianas, lo que las hace valiosas para aplicaciones farmacológicas e industriales (Jumare et al, 2023). La agricultura moderna se centra en la sostenibilidad y en el uso integral de la planta, incorporando tecnologías de precisión. Un ejemplo de estas tecnologías es el medidor portátil Konica Minolta SPAD-502, que ha demostrado ser eficaz para estimar el contenido de nitrógeno en hojas de café arábica, con una correlación positiva de precisión ($R^2 = 0.63$), permitiendo la obtención de datos en tiempo real y facilitando la aplicación eficiente de fertilizantes (Wicharuck et al., 2024).

Otro estudio ha evaluado el uso de valores SPAD y escalas de color CIE Lab para predecir concentraciones de clorofila y carotenoides en diversas especies de árboles, identificando a los valores SPAD como indicadores confiables de las concentraciones de clorofila, clasificando al medidor como una herramienta útil para el monitoreo de plantas ornamentales (Wei et al., 2024). Además, se ha desarrollado un modelo basado en vehículos aéreos no tripulados

(UAV) para monitorear los valores SPAD en cultivos de *Malus domestica* y *Pyrus communis* mediante imágenes multiespectrales. Este modelo utiliza el índice de vegetación de diferencia normalizada verde (GNDVI) para predecir niveles de clorofila en diferentes etapas de crecimiento, mostrando el potencial de los UAV para un monitoreo agrícola preciso y no invasivo (Huang et al., 2024). El medidor de clorofila también se ha utilizado en el cultivo de *Triticum turgidum* L. bajo condiciones de sequía, revelando que la concentración de clorofila es un indicador clave de tolerancia a la sequía y rendimiento de grano (Melash et al., 2023). A pesar de la creciente implementación de nuevas tecnologías en la agricultura, hay pocos estudios específicos sobre *Jatropha curcas*. Un aspecto crucial para su implementación es la detección rápida de compuestos que indican la salud del cultivo, como la clorofila.

Este estudio propone evaluar la eficiencia del dispositivo portátil YLS-A y determinar el contenido absoluto de clorofila en hojas secas y frescas de *Jatropha curcas* mediante espectrofotometría UV-VIS, contribuyendo así a la validación de nuevas tecnologías en comparación con los métodos instrumentales tradicionales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal

Las hojas de *Jatropha curcas* L. var. Sikilte se recolectaron en un cultivo experimental en el parque científico de Yucatán, en la comisaría de Sierra Papacal, al norte de Mérida, Yucatán, México (21.12° N, -89.72° W, altitud: 9 m) (Fig.1). La zona presenta vegetación secundaria herbácea y arbórea de selva baja caducifolia (Fig. 2A), así como pastizal cultivado, y su suelo es litosol. (INEGI, 2013), con un tipo de suelo litosol (INIFAP-CONABIO, 1995).

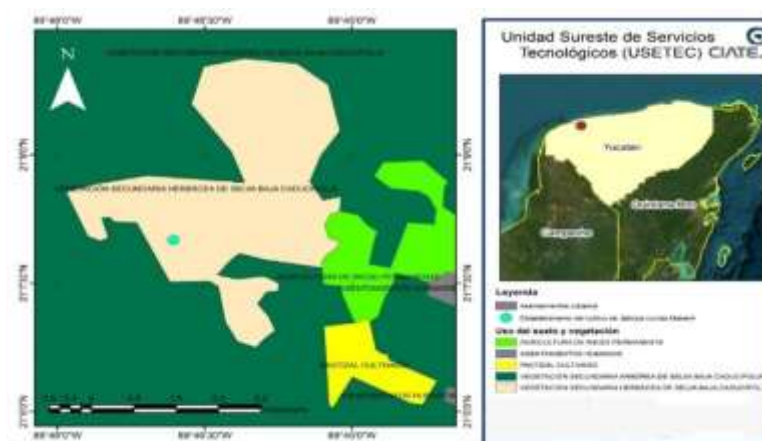


Figura I. Vegetación y suelo en el cultivo experimental de *Jatropha curcas* L. var. Sikilte.

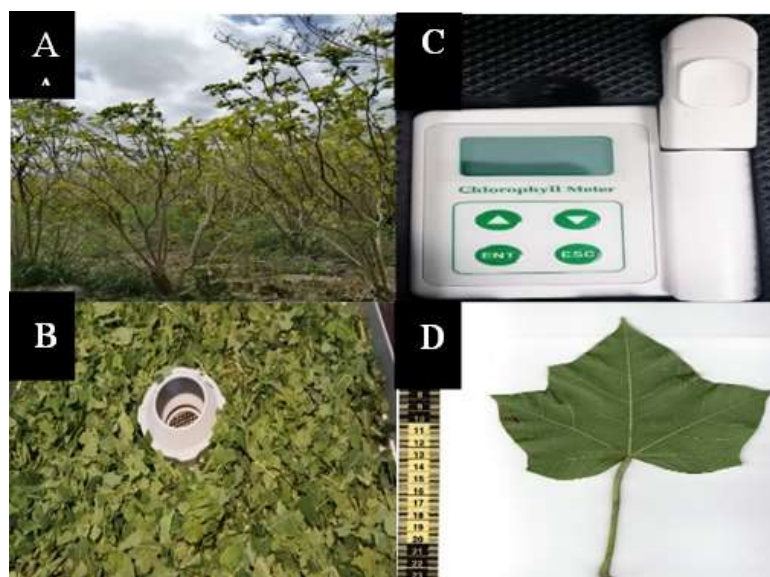


Figura 2. Vista de cultivo experimental (A), secado de hojas trituradas (B) Medidor portátil YLS-A (C) y hoja de *Jatropha curcas* L. var. Sikilte (D).

Secado, extracción y cuantificación de clorofila

La cinética de secado de hojas de *Jatropha curcas* L. var. Sikilte se realizó en un deshidratador Hamilton Beach 32100 (Fig. 2B), las hojas se trituraron parcialmente hasta obtener fragmentos ($\sim 2\text{mm}$) y se secaron a 65°C durante 7 h. La extracción de clorofila se realizó en oscuridad con

maceración por toda la noche, con 2 mL de dimetilsulfóxido (DMSO), usando hojas frescas y secas de *J. curcas* con peso y área conocido (Fig. 2D). El contenido total de clorofila (ChlT) y la relación clorofila a/b se determinaron mediante un espectrofotómetro (UV/Vis Jenway 6757) utilizando dos longitudes de onda: $\lambda_1 = 665.1\text{ nm}$



y $\lambda_2 = 649.1$ nm, usando como blanco DMSO de acuerdo con Parry et al. (2014).

$$\text{Clorofila a } (\mu\text{g mL}^{-1}) = 12.47 A_{665.1 \text{ nm}} \\ \times - 3.62 \times A_{649.1 \text{ nm}}$$

$$\text{Clorofila b } (\mu\text{g mL}^{-1}) = 25.06 \times A_{649.1 \text{ nm}} \\ - 6.5 \times A_{665.1 \text{ nm}}$$

$$\text{Clorofila total } (\mu\text{g mL}^{-1}) = [\text{chl a}] + [\text{chl b}]$$

La concentración de la clorofila, se expresó en $\mu\text{mol cm}^{-2}$, considerando el peso y área de la muestra y el peso molecular de la Chl a (873 mg mmol^{-1}) y Chl b (907 mg mmol^{-1})

Medida de índice SPAD

El índice SPAD se determinó con el medidor portátil de clorofila YIMA YLS-A (Fig. 2C), expresando el promedio de 10 lecturas en 6 hojas frescas y 6 deshidratadas de diferentes tamaños. Las mediciones SPAD se compararon con los resultados obtenidos mediante el método espectrofotométrico para la cuantificación de clorofila a, b y ChlT. Para establecer la correlación entre ambas técnicas, el análisis se realizó empleando el Software Statgraphics Centurion 19.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La humedad de las hojas de *J. curcas* fue de $60.1 \pm 16.6 \%$, la desviación fue significativa por la posición de la charola en la torre, el flujo de aire, la velocidad de flujo y la configuración del equipo influyen en la eficiencia de distribución de calor en los sistemas de secado con aire caliente (Yang et al., 2024). El equipo de secado con recirculación de aire permitió una eficiencia de secado de 91.97% con una velocidad de secado de 5.72 g min^{-1} , logrando alcanzar el peso constante en 6 horas a una temperatura de 65°C . Sin embargo, estudios previos indican que temperaturas más altas,

mejoran la transferencia de humedad y reducen el tiempo de secado, aunque pueden afectar a compuestos sensibles (Akpan et al., 2024; Keneni y Marchetti, 2019). Por lo que se han evaluado otros métodos como la liofilización que preservan metabolitos bioactivos en *J. curcas* (Othman et al., 2016).

La extracción y cuantificación de clorofila en hojas depende de la pared celular, el tiempo de extracción y el solvente empleado. Por ello, múltiples estudios han estandarizado el proceso de cuantificación espectrofotométrica de clorofila, validando el uso de disolventes específicos para lograr una buena eficiencia de extracción. Estos estudios han determinado la ecuación espectrofotométrica y la resolución de la longitud de onda del espectrofotómetro para medir con precisión la clorofila *in vitro*, con dimetilsulfóxido (DMSO) para extraer clorofila (Parry et al., 2014) y comparar la eficiencia de lectores de transmisión similares al modelo portátil (YLS-A) empleado en este estudio.

Se usó la misma ecuación espectrofotométrica para las longitudes de onda ($1_{649.1 \text{ nm} - 665.1 \text{ nm}}$), se cuantificó la clorofila total de las hojas secas ($15.86 \pm 2.41 \mu\text{mol cm}^{-2}$) y frescas ($25.18 \pm 2.65 \mu\text{mol cm}^{-2}$). De igual forma se determinó la relación clorofila a/b en las hojas secas (2.83 ± 0.18) y frescas (3.41 ± 0.44) de *J. curcas*. Los resultados corroboran la calidad de planta tipo C3, con una relación clorofila a/b de aproximadamente 3 (Góngora et al., 2018). La variabilidad en esta relación puede deberse a la fase de crecimiento de la hoja y la planta. La determinación espectrofotométrica de la clorofila total en hojas frescas fue mayor que en las hojas secas, en 64.6% , dato que se explica claramente al considerar la humedad determinada en las hojas.

Aunque múltiples autores han evaluado la eficiencia de lectores de transmisión basados en la relación de transmisión de longitudes de onda del



infrarrojo cercano a las del rojo, esta herramienta tecnológica para estimar el contenido de clorofila en hojas, no se ha probado en *J. curcas*. Esta herramienta de monitoreo es más utilizada para determinar el estado nutricional de cultivos como maíz y trigo bajo diferentes condiciones de suministro de nitrógeno, expresando los resultados en unidades SPAD, sin establecer una relación entre el contenido real de clorofila absoluta y este índice SPAD (Simkó y Veres, 2019; Vishwakarma et al., 2023)

En la **Figura 3** se muestra el gráfico de matriz que compara los datos calculados de clorofila total ($\text{mmol}\cdot\text{cm}^{-2}$) contra el índice SPAD, medido tanto en hojas frescas como secas de *J. curcas*. Las muestras comparadas en índice SPAD están en un rango de 8.02 a 28.98 mientras que los valores de clorofila total están en el rango de 13.84 a 28.1 ($\text{mmol}\cdot\text{cm}^{-2}$). La prueba-F en la tabla ANOVA determinó diferencias significativas ($p > 0.05$) entre las medias de grupos. El resultado de rangos múltiples indica que las medias son significativamente diferentes entre el índice SPAD de hojas secas y frescas, observándose una mayor variabilidad en hojas secas. Al encontrar una alta dispersión y para descartar la presencia de valores atípicos, se eligió la Prueba de Kruskal-Wallis,

para comparar las medianas en lugar de las medias, ratificando la diferencia entre grupos encontrada en la prueba de rangos múltiples.

Se determinó una relación estadísticamente significativa entre el índice SPAD y la clorofila total con un nivel de confianza del 95.0 %, independientemente de la humedad de las hojas con una relación lineal negativa (-0.7528) del índice SPAD, en función de la concentración de clorofila total, con $R^2 = 58.68$, la correlación lineal establecida para hojas de *J. curcas* $\text{SPAD} = 37.1502 - 1.02876 \times \text{ChlT}$ [$\mu\text{mol}\cdot\text{cm}^{-2}$]. Por la falta de ajuste, se determinó que un modelo de regresión más complicado podría ser adecuado para describir los datos observados. En la **Figura 4** se muestra el gráfico de regresión inversa del índice SPAD en función de clorofila total $\text{mmol}\cdot\text{cm}^{-2}$ ($Y = 1/(a + b \times X)$), encontrando una correlación positiva de 0.8066 y $R^2 = 65.06$ % con la ecuación de ajuste $\text{SPAD} = 1/(-0.022384 + 0.004644359 \times \text{clorofila total mmol cm}^{-2})$, haciendo que el dispositivo portátil YLS-A se pueda proponer como una buena estrategia tecnológica para medir rápidamente la calidad de la clorofila en campo y durante el secado de hojas de *J. curcas* a nivel industrial.

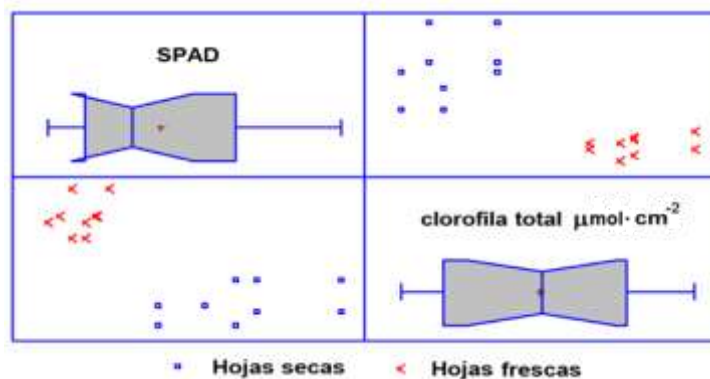


Figura 3. Gráfico matriz de comparación entre grupos de datos de clorofila total ($\text{mmol}\cdot\text{cm}^{-2}$) e índice SPAD clasificado por categoría de grupos en hojas frescas y secas

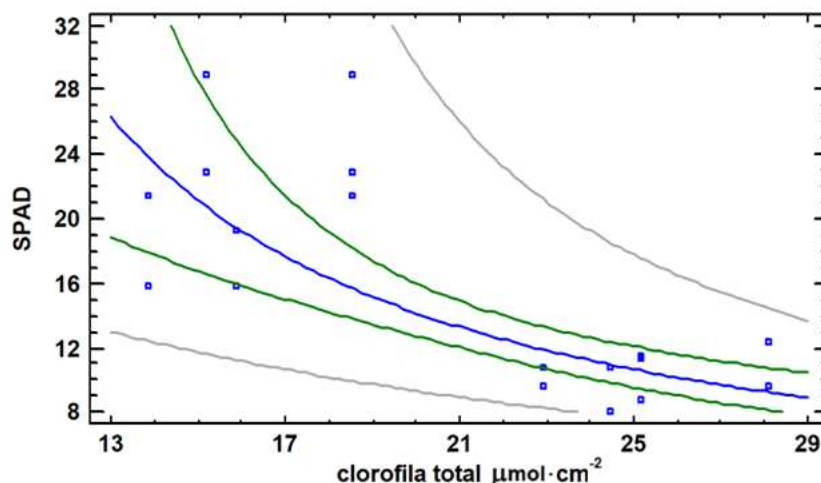


Figura 4. Gráfico de regresión $Y = 1/(a + b \times X)$, de índice SPAD = $1/(-0.022384 + 0.004644359 \times \text{clorofila total mmol cm}^{-2})$.

CONCLUSIONES

En las hojas de *Jatropha curcas* evaluadas, la relación de concentración óptica (SPAD) es inversamente proporcional a la concentración absoluta de clorofila total ($\text{mmol} \cdot \text{cm}^{-2}$), independientemente de la humedad de las hojas. La mayor parte de la variabilidad entre las relaciones de concentración óptica y absoluta de clorofila probablemente se deba a la variabilidad del método de extracción y la resolución del espectrofotómetro. Sin embargo, esta validación de correlación permite recomendar el uso del dispositivo portátil YLS-A como una buena estrategia tecnológica para medir rápidamente la clorofila en campo y durante la evaluación de la calidad y secado de hojas de *J. Curcas* a nivel industrial.

AGRADECIMIENTOS

Al CONAHCYT por la Beca No. 825632 otorgada a Yolanda Hernandez de la Cruz para realizar estudios de Maestría y al CIATEJ por las facilidades de acceso al campo experimental de *Jatropha curcas*.

REFERENCIAS

- Akpan, M., Assian, U., & Ikrang, E. (2021). Effects of pretreatment and drying temperature on antioxidants and antinutrients of *Justicia insularis* and *Jatropha tanjorensis* leaves. *Poljoprivredna Tehnika*, 46(3), 74–88. <https://doi.org/10.5937/poljteh2103074m>.
- De-Farias, L. F., Silva, S. A., Aona, L. Y. S., & de oliveira F. F. (2022). Floral biology and reproductive system of physic nut (*Jatropha curcas* L., Euphorbiaceae) in recôcavo da bahía, Brazil. *Anais Dda Academia Brasileira de Ciencias*, 94(3), 1–13. <https://doi.org/10.1590/0001-3765202220201814>.
- Góngora C. C. C., Martínez S. G., Uc V. A. y, López P. G. (2018). Establecimiento de plantaciones de *J. curcas*. In *El cultivo de Jatropha curcas L. en el Sureste de México, Paquete tecnológico*. Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A.C. (CIATEJ).
- Huang, Y., Li, D., Liu, X., & Ren, Z. (2024). Monitoring canopy SPAD based on UAV and multispectral imaging over fruit tree growth



- stages and species. *Frontiers in Plant Science*, 15(08), 1–17. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.143561>
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). (2013). *Conjunto de datos vectoriales de uso de suelo y vegetación escala 1:250 000, serie V (cada unión), escala 1:250000. Edición 2ª*. <http://geoportal.conabio.gob.mx/metadatos/doc/html/usv250s5ugw.html>.
- INIFAP-CONABIO (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). (1995). *Edafología. Escalas 1:250000 y 1:1000000. México*. <http://geoportal.conabio.gob.mx/metadatos/doc/html/eda251mgw.html>.
- Jumare, F. I., Maigandi, Z. R., Ibrahim, S. G., Zayyan, Y. M., & Musa, M. I. (2023). Phytochemical and proximate analysis of *Jatropha curcas* Lam Leaves. *Tropical Journal of Science and Technology*, 4(1), 46–51.
- Keneni, Y. G., & Marchetti, J. M. (2019). Temperature and pretreatment effects on the drying of different collections of *Jatropha curcas* L. seeds. *SN Applied Sciences*, 1(8), 1–11. <https://doi.org/10.1007/s42452-019-0969-3>
- Melash, A.A.; Bytyqi, B.; Nyandi, M.S.; Vad, A.M., y Ábrahám, É.B. (2023). Chlorophyll Meter: a precision agricultural decision-making tool for nutrient supply in durum wheat (*Triticum turgidum* L.) Cultivation under Drought Conditions. *Life*, (13), 824. <https://doi.org/10.3390/life13030824>
- Othman, A. R., Norhani A. N., Ahmad, S., & Ismail, I. S. (2016). Comparison of various drying techniques towards the total phenolic content in *Jatropha curcas* L. root sample. *Journal of Biochemistry, Microbiology and Biotechnology*, 4(2), 22–24. <https://doi.org/10.54987/jobimb.v4i2.257>
- Parry, C., Blonquist, J.M., Jr. and Bugbee, B. (2014). The optical/absolute chlorophyll relationship. *Plant Cell Environ*, 37: 2508–2520. <https://doi.org/10.1111/pce.12324>
- Riayatsyah, T. M. I., Sebayang, A. H., Silitonga, A. S., Padli, Y., Fattah, I. M. R., Kusumo, F., Ong, H. C., & Mahlia, T. M. I. (2022). Current progress of *Jatropha Curcas* commoditisation as biodiesel feedstock: a comprehensive review. *Frontiers in Energy Research*, 9(06), 1–19. <https://doi.org/10.3389/fenrg.2021.815416>
- Simkó, A., & Veres, S. (2019). Evaluation of the correlation between SPAD readings and absolute chlorophyll content of maize under different nitrogen supply conditions. *Acta Agraria Debreceniensis*, 2, 121–126. <https://doi.org/10.34101/actaagrar/2/3689>
- Vishwakarma, M., Kulhare, P. S., & Tagore, G. S. (2023). Estimation of chlorophyll using SPAD meter. *International Journal of Environment and Climate Change*, 13(11), 1901–1912. <https://doi.org/10.9734/ijecc/2023/v13i113348>
- Wei, L., Lu, L., Shang, Y., Ran, X., Liu, Y., Fang, Y. (2024). Can SPAD values and CIE L a b scales predict chlorophyll and carotenoid concentrations in leaves and diagnose the growth potential of trees an empirical study of four tree species. *Horticulturae*, 10(6), 548. <https://doi.org/10.3390/horticulturae10060548>
- Wicharuck S., Suang S., Chaichana C., Chromkaew Y., Mawan N., Soilueang P., Khongdee N. (2024). The implementation of the SPAD-502 chlorophyll meter for the quantification of nitrogen content in Arabica coffee leaves. *MethodsX*, 12, 102566. doi: 10.1016/j.mex.2024.102566.
- Yang, G., Yang, X., Li, C., Wei, X., Lu, Z., Zhang, C. A., Wang, Q., & Wu, X. (2024). Numerical study on the uniform distribution of flow field



of airflow dryer. *Heliyon*, 10(8), e29439.

<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e29439>



EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE SEMILLAS DE *Agave* sp MEDIANTE PRUEBAS DE GERMINACIÓN Y VIABILIDAD

EVALUATION OF SEED QUALITY OF *Agave* sp THROUGH GERMINATION AND VIABILITY TESTS

Neftalí Sánchez-Celaya^{1§}, Judith Ruíz-Luna², Vicente A. Velasco-Velasco², Rodolfo B. De Los Santos-Romero², Karen del Carmen Guzmán-Sebastián¹

^{1,2}Estudiante, Investigador, Tecnológico Nacional de México, Campus Valle de Oaxaca (ITVO). Ex hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca, México. C.P. 71233. §Autor de correspondencia: (celaya.nef@gmail.com).

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar la calidad de semillas de cuatro especies de agave mediante pruebas de germinación y viabilidad. Para la germinación, se dispusieron 50 semillas por triplicado, registrando la aparición de radícula cada 24 horas. Para la viabilidad, se emplearon 50 semillas por planta con un duplicado, se agregó cloruro de 2,3,5-trifenil-tetrazolio para tinción del embrión. Se utilizó un diseño completamente aleatorio, un análisis de varianza y pruebas de comparación de medias de Duncan ($\alpha = 0.05$). Las especies *A. rhodacantha* y *A. potatorum* presentaron los mayores porcentajes de germinación (67.33 % y 65.46 %), mientras que *A. karwinskii* obtuvo el porcentaje más bajo (11.55 %). La velocidad de germinación más alta se observó en *A. potatorum* y *A. rhodacantha* con 8.89 y 8.78 semillas/día, la diferencia fue significativa en comparación con *A. karwinskii* con 1.99 semillas/día. El índice de tasa de germinación mostró diferencias significativas en *A. potatorum* y *A. rhodacantha* respecto a *A. karwinskii*. La viabilidad mostró variaciones significativas: *A. potatorum* y *A. rhodacantha* obtuvieron valores superiores (72.8 % y 72.0 %), en contraste con *A. karwinskii*, que presentó una viabilidad significativamente baja (17.3 %). La calidad de semillas de agave varía de acuerdo a cada especie.

Palabras clave: capacidad germinativa, indicadores, maguey, radícula.

ABSTRACT

The present study aimed to evaluate the seed quality of four agave species by germination and viability tests. For germination, 50 seeds were placed in triplicate, recording the appearance of radicles every 24 hours. For viability, 50 seeds per plant were used with a duplicate, 2,3,5-triphenyl-tetrazolium chloride was added for embryo staining. A completely randomized design was used: an analysis of variance and Duncan's mean comparison tests were performed with a confidence level = 0.05. The results showed that the species *A. rhodacantha* and *A. potatorum* presented the highest germination percentages (67.33 % and 65.46 %), while *A. karwinskii* obtained the lowest percentage (11.55 %). The highest germination rate was observed in *A. potatorum* and *A. rhodacantha* with 8.89 and 8.78 seeds/day, the difference was significant compared to *A. karwinskii* with 1.99 seeds/day. The germination rate index showed significant differences in favor of *A. potatorum*, *A. rhodacantha* with respect to *A. karwinskii*. Viability showed significant variations: *A. potatorum* and *A. rhodacantha* obtained higher values (72.8 % and 72.0 %), in contrast to *A. karwinskii*, which presented a significantly low



viability (17.3 %). The quality of agave seeds varies according to each species.

Index words: germination capacity, indicators, maguay, radicle.

INTRODUCCIÓN

El género agave ha sido de gran importancia para Mesoamérica desde hace más de 10 000 años, tiene diversos usos en México que abarcan desde la construcción de viviendas, fuente de alimento hasta la producción de bebidas alcohólicas, entre otros.(Vázquez-Díaz et al., 2011). Las plantas de agave se reproducen tanto sexual como asexualmente, (Ramírez-Tobías et al., 2014). Los frutos producen semillas por miles, estas son necesarias para mantener la dinámica poblacional, equilibrio en su diversidad (Trejo et al., 2024) y permanencia de las diferentes especies del género.

En las poblaciones de agave tanto silvestre como cultivado, las inflorescencias son cortadas y se utilizan como material de construcción o alimento, por su parte, las flores se aprovechan para ser comercializadas en mercados regionales (Figueredo-Urbina et al., 2022). Los usos del agave incluyen la elaboración de destilados o bebidas fermentadas (Muñoz-Camacho et al., 2023), por lo que en los últimos años la explotación de este género (*Agave*) ha superado su cultivo, resultando en una baja disponibilidad de plantas maduras (Trejo et al., 2022). En el estado de Oaxaca, México, se recolectan diferentes especies de agave silvestre para la producción de mezcal, actividad que repercute en erosión edáfica y genética, un ejemplo significativo es el *Agave potatorum*, ya que su propagación asexual es casi nula por lo que depende de la producción de semillas para sobrevivir (Gutiérrez-Hernández et al., 2020).

Una de las dificultades en el estudio de semillas, es la recolección, ya que el evento de floración y fructificación sucede solo una vez en su ciclo de

vida, lo que puede tardar hasta 20 años, conjuntamente, los frutos y las semillas no maduran de forma simultánea en una población en específico sino en el transcurso de varias semanas. Los estudios sobre viabilidad de semillas pueden reflejar el proceso de selección y los niveles de endogamia, por lo tanto, al ser prioritario mantener una alta diversidad genética en las poblaciones de agave, la reproducción a través de semillas debe incorporarse a las prácticas de manejo (Trejo et al., 2024). El objetivo del presente trabajo fue evaluar la calidad de semillas de cuatro especies de agave de diferentes procedencias mediante pruebas de germinación y viabilidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

La recolección de frutos (cápsulas) de agave se realizó en los municipios de San Pedro Totolapam, Santa Cruz Mixtepec y Ocotlán de Morelos, en Valles Centrales y Miahuatlán de Porfirio Díaz en la Sierra Sur del Estado de Oaxaca, con un total de 11 plantas en condiciones silvestres de las especies *Agave potatorum* (5), *A. rhodacantha* (1), *A. americana* (2) y *A. karwinskii* (3).

Germinación

Por cada planta madre se seleccionó un lote de 50 semillas por triplicado, sin daño aparente y color negro. Se colocaron sobre papel absorbente en recipientes plásticos previamente desinfectados, se agregaron 8 mL de agua destilada cada 24 h por recipiente, en condiciones de temperatura y luminosidad ambiental. Se registró el número de semillas con aparición de la radícula por día durante 15 días. Se determinó el porcentaje de semillas germinadas respecto al total de semillas con la fórmula propuesta por Al-Ansari y Ksiksi (2016).

$$\text{Germinación} = \frac{\text{Semillas germinadas}}{\text{Total de semillas}} \times 100$$



La velocidad de germinación (VG) se obtuvo con la fórmula propuesta por Calzada-López et al. (2014). Considerando la sumatoria del número de semillas germinadas en el día (G_i) sobre el tiempo (T_i):

$$VG = \frac{G_1}{T_1} + \frac{G_2}{T_2} + \frac{G_3}{T_3} + \dots + \frac{G_n}{T_n}$$

El índice de tasa de germinación (ITG) se calculó como lo indican Al-Ansari y Ksiksi (2016):

$$ITG = \frac{\sum \text{número de semillas germinadas por día}}{\sum (\text{número de semillas germinadas por día} \times \text{número de días})}$$

Viabilidad

Se utilizaron 50 semillas con un duplicado por cada planta. De cada lote de semillas se registró el peso inicial en una balanza analítica (Radwag® modelo AS 220/C/2), posteriormente se colocaron sobre papel absorbente en cajas Petri donde se agregó agua destilada al punto de saturación. Se repitió la lectura de peso a las dos, cuatro, seis y 24 h. Después de la imbibición se realizó una punción a cada semilla, se agregó el Cloruro de 2,3,5-trifenil-tetrazolio al 1.0 % y se incubó a temperatura ambiente en condiciones de oscuridad. Después de 24 h se realizó un corte transversal a cada semilla y se observó la tinción del embrión. Se determinó el porcentaje de

viabilidad con la fórmula propuesta por Ramírez-Tobías et al. (2016):

$$\% \text{ Viabilidad} = \frac{\text{Semillas viables}}{\text{Total de semillas}} \times 100$$

Análisis estadístico

Se probaron los supuestos de normalidad con la prueba de Shapiro-Wilk y homogeneidad de varianzas con la prueba de Bartlett ($\alpha = 0.05$). Posteriormente se sometieron a un análisis de varianza y pruebas de comparación de medias (Duncan, 0.05). Los análisis de varianza se realizaron con números absolutos de las variables que se representan con porcentaje.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Germinación

Los análisis de varianza mostraron significancia ($p \leq 0.05$), para los porcentajes y velocidades de germinación, así como los índices de tasa de germinación, de igual forma para viabilidad. La germinación de todas las especies se observó al cuarto día. *A. potatorum* fue la especie con mayor número de radículas visibles (14). La curva de germinación se estabilizó en el día ocho para las cuatro especies (Figura I).

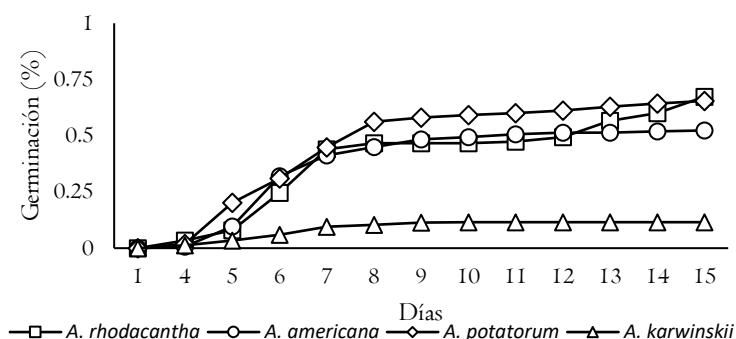


Figura I. Porcentaje de germinación de semillas de *Agave* sp.



Tabla I. Parámetros de germinación en diferentes especies de agave.

Especie	n	Germinación media	Germinación (%)	Velocidad de germinación	Índice de germinación
<i>Agave rhodacantha</i>	3	33.66 ^a	67.33 ^a ± 0.06	8.78 ^a ± 2.54	0.04 ^a ± 0.004
<i>Agave americana</i>	6	25.83 ^a	52.66 ^a ± 0.05	6.87 ^a ± 0.96	0.03 ^a ± 0.003
<i>Agave potatorum</i>	15	32.73 ^a	65.46 ^a ± 0.06	8.89 ^a ± 1.16	0.04 ^a ± 0.004
<i>Agave karwinskii</i>	9	5.77 ^b	11.55 ^b ± 0.04	1.99 ^b ± 0.87	0.007 ^b ± 0.003

Valores con diferente letra en la misma columna son significativamente diferentes (Duncan = 0.05); n = número de repeticiones; ± desviación estándar.

Agave rhodacantha y *A. potatorum* presentaron los porcentajes de germinación e ITG más altos. *A. americana* mostró un porcentaje de germinación y un ITG intermedio; *A. karwinskii* presentó la germinación y velocidad de germinación y un ITG más bajos significativamente (Tabla I).

Torres et al. (2023) encontraron en *A. potatorum* el 31.87 % de germinación en condiciones de invernadero, y 56.04 % en condiciones de laboratorio, dichos valores fueron inferiores a los del presente estudio. Por su parte, Carlos et al. (2019) reportan valores de germinación superiores al 90% para la misma especie en condiciones de invernadero. Jiménez-Torres (2022) indica en *A. mapisaga*, *A. salmiana* y *A. americana* altos porcentajes de germinación, esto es, 100 %, 99 % y 89 % respectivamente, bajo condiciones controladas.

Viabilidad

En el análisis de viabilidad de semillas de las cuatro especies de agave, los resultados mostraron una viabilidad en *A. americana* con 69.0 %, significativamente mayor que la de *A. karwinskii* con un valor de 17.3 % ($p \leq 0.05$). En contraste, *A. potatorum* y *A. rhodacantha* presentaron los porcentajes de viabilidad más altos, 72.8 % y 72.0 % respectivamente, sin diferencias

estadísticamente significativas entre ellas ($p > 0.05$). La viabilidad de *A. karwinskii* fue notablemente baja, destacando diferencias en la capacidad de viabilidad de las semillas de esta respecto al resto de las especies. Ramírez-Tobías et al. (2016) reportan viabilidad estadísticamente diferente en dos especies de *Agave*, *A. mapisaga* y *A. angustifolia* var. Tequilana, 68 % y 19 % respectivamente. Se observan variaciones en el porcentaje de viabilidad debido a otros factores como condiciones climáticas, humanización, y procesos de endogamia.

Según Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas SNICS (2020) la categoría de semilla “Habilitada” en lo que respecta al porcentaje de germinación, corresponde a aquellas con un valor igual o mayor a 80 %, categoría con el menor valor en este factor, por lo que las semillas de las especies de agave estudiadas, quedan fuera de las categorías de semillas establecidas por este organismo, al presentar porcentajes de germinación inferiores.

CONCLUSIONES

Las pruebas de germinación, velocidad de germinación, índice de tasa de germinación y viabilidad fueron significativamente superiores en las especies *Agave potatorum*, *A. rhodacantha* y *A.*



americana. La especie *A. karwinskii* obtuvo significativamente los valores más bajos. La viabilidad fue menor a 75 %. La calidad de semillas de agave varía de acuerdo a cada especie estudiada. Las pruebas de germinación, velocidad de germinación, índice de tasa de germinación y viabilidad fueron significativamente superiores en las especies *A. potatorum*, *A. rhodacantha* y *A. americana*. La especie *A. karwinskii* obtuvo significativamente los valores más bajos. El porcentaje de germinación de semillas de *Agave* sp. es menor a 80 %, valor mínimo establecido por el SNICS y su viabilidad fue menor a 75 %.

REFERENCIAS

- Al-Ansari, F. and Ksiksi, T. (2016). A quantitative assessment of germination parameters: the case of *Crotalaria persica* and *Tephrosia apollinea*. *The Open Ecology Journal* 9(1): 13–21. Doi: 10.2174/1874213001609010013.
- Calzada-López, S. G., Kohashi-Shibata, J., Uscanga-Mortera, E., García-Esteva A. and Yáñez-Jiménez, P. (2014). Cardinal temperatures and germination rate in husk tomato cultivars. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8, 1451-1458.
- Carlos, F. W., Morales, G. I., & Sánchez, L. H. (2019). *Tamaño de semilla y tratamientos pregerminativos en la germinación de Agave potatorum* Zucc. *Contribución al Conocimiento Científico y Tecnológico en Oaxaca*. 5–11.
- Figueredo-Urbina, C. J., Álvarez-Ríos, G. D., & Zárraga, L. C. (2022). Flores comestibles comercializadas en mercados locales de Pachuca de Soto, Hidalgo, México. *Botanical Sciences*, 100(1), 120–138.
- Gutiérrez-Hernández, G. F., Ortiz-Hernández, Y. D., & Aquino-Bolaños, T. (2020). Composición química y germinación de semillas de tobalá (*Agave potatorum*). *Interciencia*, 45(5), 223–228.
- Jimenez-Torres, J. A. (2022). *Evaluation of seed morphology, seedling genetic variation, and components for seed storage of Agave landraces of commercial interest*. dx.doi.org/10.17504/protocols.io.6qpvr6jI2vmk/vI
- Muñoz-Camacho, L. L., Bello-Cervantes, E., Romano-Grande, E., & Trejo-Hernández, L. (2023). Diversity and traditional knowledge of pulque agave landraces in the community of San Pedro Tlalcuapan, Tlaxcala, Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 94, e944979. https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2023.94.4979
- Ramírez-Tobías, H. M., Niño Vázquez, R., Aguirre Rivera, J. R., Flores, J., De-Nova Vázquez, J. A., & Jarquin Gálvez, R. (2016). Seed viability and effect of temperature on germination of *Agave angustifolia* subsp. Tequilana and *A. mapisaga*; two useful Agave species. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 63(5), 881–888. https://doi.org/10.1007/s10722-015-0291-x
- Ramírez-Tobías, H. M., Peña-Valdivia, C. B., Trejo, C., Aguirre R, J. R., & Vaquera H, H. (2014). Seed germination of *Agave* species as influenced by substrate water potential. *Biological Research*, 47(1), 11. https://doi.org/10.1186/0717-6287-47-11
- Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas. 2020. *Regla para la calificación de semilla de Haba (Vicia faba L.)*. Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas. México.
- Torres, A. G. T., Rodríguez, J. Á. J., Caballero, O. G., Pérez, W. R. J., Martínez, S. M., & Avila, V. M. C. (2023). Cultivo in vitro de *Agave potatorum*, especie amenazada endémica de México In vitro culture of *Agave potatorum* a threatened species, endemic to Mexico. *Botanical Sciences*, 101(3), 883-894.



Trejo, L., De Lourdes L. V., M., Vallejo, M., & Montoya, A. (2022). Differentiating Knowledge of *Agave* Landraces, Uses, and Management in Nanacamilpa, Tlaxcala. *Journal of Ethnobiology*, 42(1), 31–50. <https://doi.org/10.2993/0278-0771-42.1.31>

Trejo, L., Soriano, D., Romano-Grande, E., Sánchez-Carmona, B., & Dávila-Navarro, D. E. (2024). Diversity of reproductive characters, seed set, and viability of *Agave* seeds used for

pulque production and their wild relatives in Tlaxcala, Mexico. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 71(6), 2877–2903.

Vázquez-Díaz, E., García-Nava, J. R., Peña-Valdivia, C. B., Ramírez-Tobías, H. M., & Morales-Ramos, V. (2011). Tamaño de la semilla, emergencia y desarrollo de la plántula de maguey (*Agave salmiana* Otto ex Salm-Dyck). *Revista Fitotecnia Mexicana*, 34(3), 167.

<https://doi.org/10.35196/rfm.2011.3.167>



RESILIENCIA CULTURAL Y AMBIENTAL: LA EXPERIENCIA DE UNA COOPERATIVA DE ARTESANOS TEXTILES EN OAXACA

CULTURAL AND ENVIRONMENTAL RESILIENCE: THE EXPERIENCE OF A COOPERATIVE OF TEXTILE ARTISANS IN OAXACA

Giselle Carolina Lescas-Montes, Juana Yolanda López-Cruz[§], Gema Lugo-Espinosa

Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca. Hornos 1003, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, México. [§]Autor de correspondencia: (jylopez@ipn.mx).

RESUMEN

El trabajo artesanal requiere el uso de recursos naturales y conocimiento tradicional transmitido por generaciones. En un contexto globalizado que amenaza las costumbres y tradiciones locales, resulta crucial entender si las cooperativas pueden ser un medio de resiliencia cultural que incluya prácticas sostenibles. La investigación realizada en Teotitlán del Valle, Oaxaca, tiene por objetivo analizar cómo las prácticas de una cooperativa de artesanos textiles contribuyen a la resiliencia cultural y a la sostenibilidad ambiental en su comunidad. La metodología es de tipo cualitativa, utilizando entrevistas semiestructuradas con artesanos de la cooperativa y análisis temático de datos. Los resultados muestran que las prácticas sostenibles no solo benefician el medio ambiente, sino que también fortalecen la identidad cultural de los artesanos. A su vez, se identificaron dinámicas de cooperación y el significado del conocimiento tradicional en un entorno competitivo. En la discusión, se argumenta que la cooperativa representa un modelo de resiliencia cultural, donde la sostenibilidad y la cultura se han ligado como estandartes en el desarrollo de sus actividades. Este estudio concluye la relevancia de la organización social en la preservación cultural y el fomento de la sostenibilidad, ofreciendo

perspectivas valiosas para futuras investigaciones y prácticas en el ámbito.

Palabras clave: artesanías, conocimiento tradicional, cooperativismo, ecotecias, sostenibilidad.

ABSTRACT

Artisanal work requires the use of natural resources and traditional knowledge transmitted through generations. In a globalized context that threatens local customs and traditions, it is crucial to understand whether cooperatives can be a means of cultural resilience that includes sustainable practices. The research carried out in Teotitlan del Valle, Oaxaca, aims to analyze how the practices of a textile artisan cooperative contribute to cultural resilience and environmental sustainability in its community. The methodology is qualitative, using semi-structured interviews with artisans from the cooperative and thematic data analysis. The results show that sustainable practices not only benefit the environment, but also strengthen the cultural identity of artisans. In turn, dynamics of cooperation and the meaning of traditional knowledge in a competitive environment were identified. In the discussion, it is argued that the cooperative represents a model of cultural resilience, where sustainability and culture have



been linked as banners in the development of its activities. This study concludes the relevance of social organization in cultural preservation and the promotion of sustainability, offering valuable perspectives for future research and practice in the field.

Index words: crafts, traditional knowledge, cooperativism, eco-techniques, sustainability.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, las comunidades artesanales han enfrentado una serie de desafíos consecuencia de la globalización y cambios en la sociedad moderna. Por un lado, la comercialización de productos de importación a bajo costo ha incrementado la competencia desleal, mientras que, por otro, la intervención de intermediarios en el proceso de venta reduce significativamente las ganancias de los artesanos. Además, factores como la modernización, el turismo masivo, cambio climático y deterioro del medio ambiente han puesto en riesgo la continuidad de las costumbres y tradiciones locales, debilitando el vínculo entre las nuevas generaciones y su herencia cultural (Villegas-Oromí, 2017).

La supervivencia de la tradición artesanal y la sostenibilidad de la economía local dependen en gran medida de la capacidad de los artesanos para adaptarse a un entorno cambiante, sin perder los elementos históricos de su identidad (Cuevas-Coeto et al., 2019). En este sentido hablamos de resiliencia al referirnos a “la capacidad de recuperarse de situaciones traumáticas extremas” (Cabanyes-Truffino, 2010). No obstante, López-Bracamonte y Limón-Aguirre (2017) aportan una perspectiva social al distinguir que la resiliencia permite estudiar cómo los colectivos, familias y grupos culturales utilizan diversos recursos y estrategias para hacer frente y superar amenazas. A su vez, refieren que la resiliencia a nivel colectivo surge de las interacciones y relaciones que

impulsan “acciones compartidas y organizadas de reconstrucción” (López-Bracamonte y Limón-Aguirre, 2017), enfocándose en la entidad social como un todo, más allá de las acciones individuales o la cantidad de personas en un territorio.

A sí mismo, López-Bracamonte y Limón-Aguirre (2017), destacan que, en un proceso de resiliencia comunitaria, los conocimientos de índole cultural son clave para entender los significados y vínculos compartidos que surgen del entorno. (Cuevas-Coeto et al., 2019). Estos vínculos, a través de procesos sociales, se convierten en fuentes de apoyo y en una conciencia colectiva que ayudan a enfrentar la realidad. Así, una comunidad resiliente encontrará en esta red de significados la motivación y esperanza para superar adversidades y reconstruirse.

En este sentido en Teotitlán del Valle, Oaxaca, una cooperativa busca integrar técnicas tradicionales de teñido utilizando plantas tintoreas para rescatar el conocimiento tradicional y mitigar su impacto ambiental. Teotitlán, es un municipio zapoteco con una herencia cultural significativa que se manifiesta a través de su lengua, gastronomía, vestimenta, fiestas, tradiciones y artesanías. Ubicado en los Valles Centrales de Oaxaca, se destaca a nivel regional principalmente por su producción de tapetes de lana elaborados en telar de pedal, y que, desde la década de 1980 (Ruiz-Balzola, 2014), se comercializan al interior del Estado e inclusive a nivel internacional. De esta forma, el turismo es la principal actividad económica del municipio según datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2024), donde destacan las artesanías textiles que atrae a propios y visitantes, generando una diversidad de talleres que están instalados en el centro de la comunidad, para demostraciones de esta práctica.

En el caso de comunidades como Teotitlán, las artesanías no solo representan una actividad



económica, sino que también constituye un medio de expresión cultural y un vehículo para la transmisión de conocimientos ancestrales. Los artesanos desempeñan un papel fundamental al mantener viva esta tradición, que es una parte esencial de su identidad comunitaria (Jiménez et al., 2023). Sin embargo, el incremento de turismo genera una demanda cada vez mayor de artesanías que repercute en la producción que se realiza en los talleres, para lo cual, los artesanos tienen que incorporar nuevos materiales y técnicas que agilicen este proceso.

La relevancia de este documento radica en que se examina la intersección entre la preservación cultural, la sostenibilidad ambiental y el desarrollo social en un contexto de globalización y cambio acelerado, desde la organización social. En un entorno competitivo, los modelos cooperativos pueden desempeñar un papel crucial en la protección y difusión de la cultura local, así como en la creación de medios de vida sostenibles para la sociedad (Cermelli y Llamosas-Trápaga, 2021). Al considerar un caso específico como el de Teotitlán, la investigación aporta datos empíricos y una visión contextualizada sobre cómo las prácticas cooperativas pueden fortalecer la identidad cultural y generar oportunidades de desarrollo en un entorno competitivo.

El objetivo fue analizar cómo las prácticas de una cooperativa de artesanos textiles en Teotitlán del Valle, Oaxaca, contribuyen a la resiliencia cultural y a la sostenibilidad ambiental en su comunidad. Para ello, se identificaron las prácticas implementadas por la cooperativa, así como las motivaciones que llevaron a su implementación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación sigue un enfoque cualitativo, ya que busca comprender de manera profunda y detallada las experiencias, percepciones y significados que los artesanos de Teotitlán del

Valle asignan a sus prácticas y a la cooperación. Un enfoque cualitativo permite captar las particularidades culturales y las dinámicas sociales de la cooperativa, las cuales serían difíciles de abordar mediante un enfoque cuantitativo (Vasilachis, 2006).

El estudio se basa en un diseño exploratorio y descriptivo, centrándose específicamente en una cooperativa de artesanos textiles en Teotitlán del Valle. La elección se fundamenta en su relevancia como un modelo representativo de organización social y resistencia cultural en la comunidad, con más de veinte años de trabajo con énfasis en la conservación de técnicas tradicionales. Este diseño permite una exploración detallada y contextual de las dinámicas internas de la cooperativa, así como de los retos y oportunidades que enfrentan sus miembros (Hernández-Sampieri y Mendoza-Torres, 2023). Se realizaron entrevistas semiestructuradas con los socios, compuestas por 18 preguntas organizadas en cuatro categorías principales: antecedentes, cultura, cooperativismo y actividad artesanal. Además, se complementó con la técnica de observación participante. Se seleccionaron seis socios en función de su experiencia y rol dentro de la misma, utilizando una muestra de casos-tipo (Hernández-Sampieri y Mendoza-Torres, 2023), donde no se pretende una cantidad representativa sino riqueza y calidad de la información que proporcione la saturación para las categorías establecidas a partir del análisis de datos temático.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la sociedad cooperativa, se identificaron de manera simplificada, tres prácticas implementadas por la cooperativa. La primera consistió en retomar las técnicas tradicionales de teñido con plantas, que ellos mismos refieren “se estaban perdiendo” (según entrevista con socio de la cooperativa realizada el 20 de diciembre de 2023) en la propia comunidad. La segunda, desarrollar una conciencia



ambiental local, en la cual los artesanos reconocieron que, para hacer del teñido con plantas una actividad habitual, no podían solo conseguir las plantas “del monte”, porque esto con el tiempo haría que las plantas se terminaran y tendrían que utilizar productos minerales como la mayoría de los artesanos de Teotitlán. Y, por último, a partir de esta conciencia y preocupación, incorporar ecotecnias como un huerto colectivo, gestión de residuos, uso de energías renovables en el proceso de teñido, entre otras que resultaran en la viabilidad de sus actividades a largo plazo, a la par de mitigar su impacto ambiental.

Se reitera la simplificación de estas prácticas puesto que los socios, reconocen que este trabajo no fue producto de una idea que se generó y atendió en un solo momento. A través de una colaboración entre artesanos e instituciones civiles y gubernamentales (teniendo mayor presencia las primeras), a lo largo de 20 años la labor de utilizar tintes naturales no se puede resumir en una oración. Dentro de los retos que enfrentaron se encuentra el cultivo y adaptación de las plantas a las condiciones medioambientales de Teotitlán; la búsqueda de especies que mejoraran el proceso de teñido; las relaciones hechas con productores de las plantas que ellos no podían cultivar en su totalidad (con relación a la demanda que requieren); las capacitaciones para mejorar técnicas y compartir el conocimiento; el desarrollo de una concepción colaborativa del trabajo, en la que reconocen, otros artesanos decidieron separarse de la cooperativa; y una diversidad de retos que fungieron como un medio para que los socios enfrentaran estas amenazas y desarrollaran mecanismos de resiliencia, que fortalecieran su identidad cultural y perpetúen los saberes tradicionales, además de

contribuir a la conservación de los recursos naturales.

Siguiendo a López-Bracamonte y Limón-Aguirre (2017), la cooperativa actúa como un espacio de resiliencia cultural, integrando conocimientos tradicionales, capacidades sociales y estrategias organizativas (**Figura I**). Así, los artesanos preservan técnicas de tejido y teñido natural, transmitidas a través de generaciones, lo cual fortalece su conexión con el entorno y su identidad. Las capacidades sociales de la cooperativa, basadas en la confianza, la reciprocidad, cooperativismo y el sentido de pertenencia, fomentan la cohesión y el apoyo mutuo frente a las adversidades. Además, la cooperativa implementa acciones como el teñido con plantas tintoreas, gestión adecuada de residuos y difusión del conocimiento a otros artesanos locales. Este modelo permite a la cooperativa resistir los desafíos del mercado globalizado, promoviendo la sostenibilidad ambiental y la preservación cultural como ejes centrales de su organización.

A través de estas prácticas, los artesanos están en un proceso constante de reivindicación de sus raíces culturales, lo que les permite mantener vivas las tradiciones ancestrales en un contexto moderno y competitivo. Además, en este modelo de resiliencia cultural, la sostenibilidad y los conocimientos tradicionales como una manifestación más de su cultura, se han entrelazado como pilares fundamentales para el desarrollo de sus actividades. La capacidad de adaptarse a los cambios del entorno, sin renunciar a sus principios culturales, es un aspecto distintivo de su resiliencia.

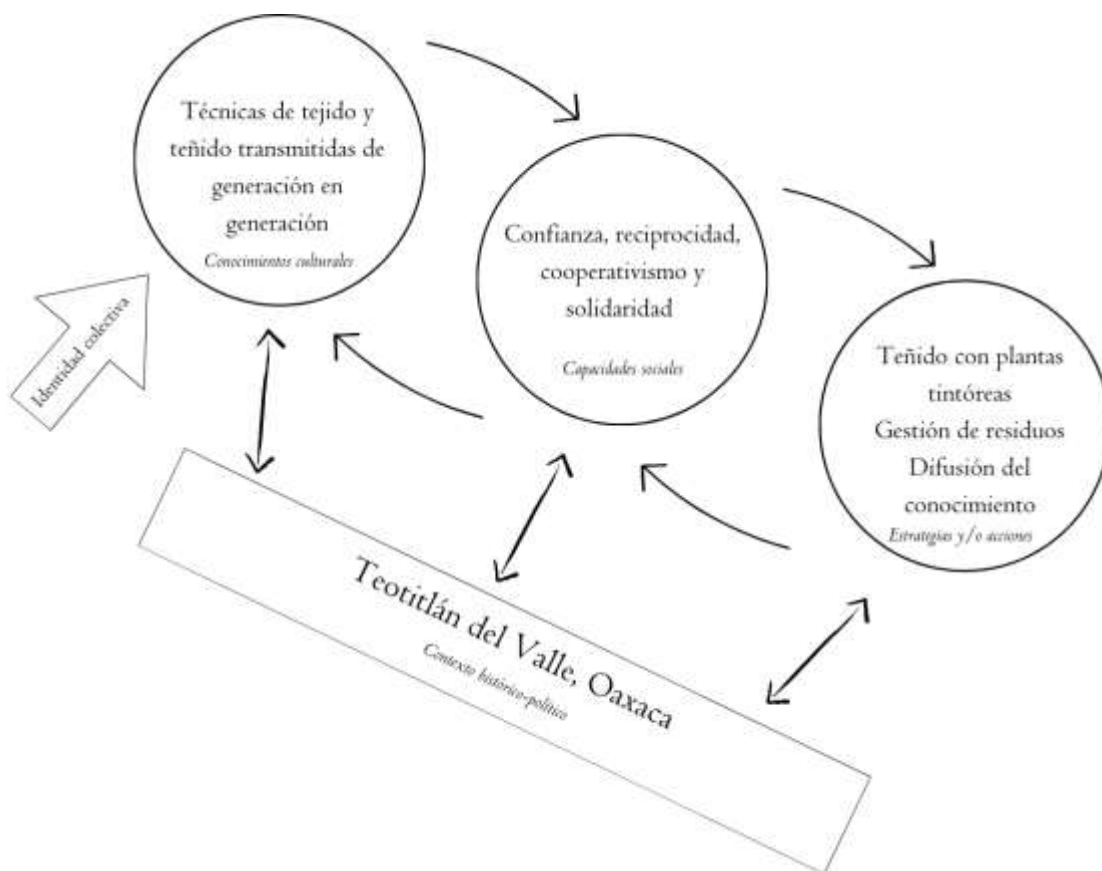


Figura I. Componentes del proceso resiliente de la sociedad cooperativa de Teotitlán del Valle, adaptación de López-Bracamonte y Limón-Aguirre (2017).

No obstante, hoy en día los artesanos no están exentos de desafíos que, atendiendo a las tendencias globalizadores, amenazan continuamente su forma de trabajo. La competencia desleal con intermediarios que buscan maximizar sus ganancias a expensas de los artesanos plantea una amenaza significativa, así como las limitaciones impuestas por el entorno regional, como la competencia con otros artesanos en la comunidad que venden a menores costos; conflictos sociopolíticos que disminuyen la afluencia turística; el desinterés en artesanías como consecuencia de la creciente popularidad del mezcal; entre otros, que repercuten significativamente en sus márgenes de ganancia. Aunque los artesanos hacen énfasis en que sus fines

no son económicos sino de preservación del conocimiento, es de vital importancia reconocer que sus ventas constituyen, para la mayoría, el único sustento económico para atender necesidades personales y familiares (Echeverri-Echeverri et al., 2024).

Al respecto, Olivé y Puchet (2015) señalan que los conocimientos tradicionales son fundamentales para la cultura de las comunidades en América Latina, ya que han sido generados y preservados a lo largo del tiempo. Sin embargo, advierten sobre la tendencia a reducir su análisis a una dimensión exclusivamente cultural, sin considerar factores económicos, políticos o jurídicos, lo cual puede generar una percepción errónea de estos saberes,



asociándolos con la pobreza y deslegitimándolos. Esta visión no solo incrementa la vulnerabilidad de las comunidades, sino que también provoca un desarraigo en las nuevas generaciones, afectando la preservación de su herencia cultural y su sostenibilidad.

En este sentido, el contexto sociocultural y el conocimiento colectivo no solo son esenciales para construir una red de apoyo, sino también para el desarrollo de la cosmovisión de una comunidad. Esta cosmovisión se representa en las relaciones que las personas establecen con su entorno, y no es estática, sino que se nutre de un intercambio constante entre prácticas tradicionales y desafíos contemporáneos. Así, las comunidades desarrollan nuevos saberes que no solo les permiten enfrentar adversidades sociales, sino también adaptarse a diversos cambios e incrementar los saberes tradicionales y, por ende, su herencia cultural.

A pesar de estos retos, se identifican múltiples oportunidades para el crecimiento. La creación de redes sociales más amplias puede facilitar el acceso a nuevos mercados y recursos, y la promoción activa de su patrimonio cultural puede aumentar la visibilidad de sus productos, atrayendo a un público que valora la sostenibilidad y la autenticidad (Abeledo-Sanchis et al., 2016). Así, el camino hacia el crecimiento se vislumbra no solo en la resiliencia ante la adversidad, sino también en la habilidad para innovar y conectar con un mundo que cada vez más aprecia el valor de lo cultural y lo sostenible. En este contexto, la cooperativa no solo actúa como un ente económico, sino también como un bastión de identidad cultural y sostenibilidad, contribuyendo a la construcción de un futuro más justo y equitativo para sus miembros y la comunidad en general. Sin embargo, se reconoce que el éxito de las nuevas estrategias dependerá de la capacidad de adaptación de los socios ante las adversidades, reforzando así su resiliencia.

CONCLUSIONES

La cooperativa representa un mecanismo clave de resiliencia cultural y ambiental que mantiene vivos los saberes tradicionales de Teotitlán del Valle. Se destaca también, la relevancia de la organización social en la preservación cultural y el fomento de la sostenibilidad. No obstante, aunque la cooperativa tiene un enfoque definido sobre la conservación de conocimientos y recursos naturales, extender este modelo al resto de la comunidad requiere un esfuerzo colectivo orientado hacia el bienestar social.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la disponibilidad de los artesanos del Centro de Arte Textil Zapoteco Bii Daiüü para compartir sus experiencias y conocimiento; al CONAHCYT por su beca al posgrado MCCARN; y al IPN por el apoyo otorgado a través del proyecto SIP20242329.

REFERENCIAS

- Abeledo-Sanchis, R., Coll-Serrano, V. y Rausell-Köster, P. (2016). La cultura como factor de innovación socio-económica en el medio rural: el caso del clúster de artesanía artística de La Città Europea dei Mestieri d'Arte (CITEMA). *Ager: Revista de Estudios sobre Despoblación y Desarrollo Rural*, 20, 73-103. DOI: 10.4422/ager.2015.15
- Cabanyes-Truffino, J. (2010). Resiliencia: una aproximación al concepto. *Revista de Psiquiatría y Salud Mental*, 3(4), 145-151. <https://doi.org/10.1016/j.rpsm.2010.09.003>
- Cermelli, M. y Llamosas-Trápaga, A. (2021). Objetivos de desarrollo sostenible, crecimiento económico y trabajo decente: las cooperativas como una vía para la consecución de los objetivos. *Boletín de la Asociación*



- Internacional de Derecho Cooperativo*, 59, 339-361.
- Cuevas-Coeto, A., Vera-Castillo, Y.B., y Cuevas-Sánchez, J.A. (2019). Resiliencia y sostenibilidad de agroecosistemas tradicionales de México: Totonacapan. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(1), 165-175. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i1.1789>
- Echeverri-Echeverri, S. M., Oñate-Pimienta, Y. Y., Jiménez-Ramírez, L. F., Montoya-Marín, J., Arroyave-Baena, L. M., y Jaramillo-Zapata, L. Y. (2024). Protección y sostenibilidad de las mujeres artesanas: potenciando su gobernanza y rol en la cadena de abastecimiento de artesanías. Wayúu. *Ehquidad: La Revista Internacional de Políticas de Bienestar y Trabajo Social*, 21, 247-280. <https://doi.org/10.15257/ehquidad.2024.0010>
- Hernández-Sampieri, R. y Mendoza-Torres, C. (2023). *Metodología de la Investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Segunda edición. McGraw-Hill Interamericana, México DF.
- INEGI. (2024). Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas. *Instituto Nacional de Estadística y Geografía* <https://www.inegi.org.mx/app/mapa/denue/?ag=20546> (Consultado: 25 de mayo de 2024)
- Jiménez, A. D., Ruenes-Morales, R., Montañez-Escalante, P. y Aguilar-Cordero, W. (2023). Conocimiento tradicional en el manejo de especies arbóreas tintóreas por artesanas mayas en Yucatán, México. *Revista Estudios Ambientales*, 11(2), 54-65. <https://doi.org/10.47069/estudios-ambientales.v11i2.1899>
- López-Bracamonte, F.M., y Limón-Aguirre, F. (2017). Componentes del proceso de resiliencia comunitaria: conocimientos culturales, capacidades sociales y estrategias organizativas. *PSIENCIA. Revista Latinoamericana de Ciencia Psicológica*, 9(3), 1-13. doi: 10.5872/psiencia/9.3.61
- Olivé, L. y Puchet, M. (2015). A qué se enfrenta el conocimiento tradicional cuando se trata de protegerlo. *Revista Digital Universitaria*, 16(5), 2-11.
- Ruiz-Balzola, A. (2014). Construyendo Teotitlán: Migrantes, gringos y etnógrafos. AIBR, *Revista de Antropología Iberoamericana*, 9(1), 53-73.
- Vasilachis, I. (2006). *La investigación cualitativa*. En Vasilachis de Gialdino, I. (coord.) Estrategias de Investigación cualitativa. (65-105). Barcelona: GEDISA.
- Villegas-Oromí, A. (2017). Globalización versus identidad cultura: un conflicto presente. *Horizonte de la Ciencia*, 7(13), 11-26. <https://doi.org/10.26490/uncp.horizonteciencia.2017.13.352>



FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE UN ADHESIVO ALIMENTARIO PARA VASOS DE
HOJA DE ELOTE (*Zea mays*)

FORMULATION AND EVALUATION OF FOOD ADHESIVE FOR CORN (*Zea mays*) LEAF
CUPS

Gladys Marlene Cruz-Ruiz¹, Marco Antonio Sánchez-Medina², Luis Humberto Robledo-Taboada³, Emilio Hernández-Bautista¹, Aymara Judith Díaz-Barrita^{1§}

¹Instituto Tecnológico de Oaxaca (ITO). Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica. ²ITO, División de Estudios de Posgrado e Investigación. ³ITO, Departamento de Ingeniería Industrial. Avenida Ing. Víctor Bravo Ahuja No. 125 Esquina Calzada Tecnológico, C.P. 68030, Oaxaca de Juárez. [§]Autor de correspondencia: (aymara.db@oaxaca.edu.mx).

RESUMEN

En la industria alimentaria los adhesivos tienen diversas aplicaciones; sin embargo, por ser derivados del petróleo, contienen compuestos orgánicos volátiles y otras sustancias peligrosas para el ambiente. En años recientes se han desarrollado adhesivos a base de recursos naturales. El objetivo de este trabajo fue formular y evaluar un adhesivo a base de biopolímeros para usarse en envases biodegradables multicapa. Se formularon tres adhesivos a base de biopolímeros y se compararon con un adhesivo comercial (Mod Podge). Las mezclas se aplicaron en láminas de hojas de elote evaluando la adherencia entre capas y la composición química elemental (*CQE*) por medio de un microscopio electrónico de barrido (marca: Phenom modelo Pro X), la deformación de las láminas mediante el Instron 4442 y la biodegradabilidad por el método de composta. La *CQE* mostró que los adhesivos formulados están compuestos principalmente por Carbono y Oxígeno. El tipo de adhesivo utilizado influye en el tiempo de degradación de las láminas multicapa de hoja de elote, siendo más rápida en adhesivos naturales (> 55 % en 61 días) comparados con el

adhesivo comercial (43 % en 61 días). El adhesivo a base de almidón de yuca y quitosano presentó las mejores características de adherencia y mayor biodegradación.

Palabras clave: biopolímeros, envase compostable, envase multicapa.

ABSTRACT

Adhesives have various applications in the food industry; however, because they are derived from petroleum, they contain volatile organic compounds and other substances that are hazardous to the environment. In recent years, adhesives based on natural resources have been developed. The objective of this work was to formulate and evaluate a biopolymer-based adhesive for use in multilayer biodegradable packaging. Three biopolymer-based adhesives were formulated and compared with a commercial adhesive (Mod Podge). The blends were applied to corn husk sheets by evaluating interlayer adhesion and chemical elemental composition (*CQE*) by scanning electron microscope (brand: Phenom model Pro X), sheet deformation by



Instron 4442 and biodegradability by composting method. The *CQE* showed that the formulated adhesives are mainly composed of Carbon and Oxygen. The type of adhesive used influences the degradation time of corn husk multilayer sheets, being faster in natural adhesives (> 55 % in 61 days) compared to commercial adhesive (43 % in 61 days). The adhesive based on cassava starch and chitosan presented the best adhesion characteristics and greater biodegradation.

Index words: biopolymers, compostable packaging, multilayer packaging.

INTRODUCCIÓN

Se piensa que los adhesivos de origen natural son inferiores a los adhesivos sintéticos debido a su menor resistencia y a su limitada libertad de procesamiento (Petrie, 2000). Una forma de encontrar los adhesivos en los envases es mediante los envases multicapa (biodegradables). A menudo se usan en los envases desechables fabricados con papel, plástico y unicel, pero estos liberan sustancias tóxicas que afectan la salud y al medio ambiente. La creciente demanda ha impulsado la búsqueda de fuentes vegetales, ya que poseen un menor impacto ambiental por ser biodegradables (Constantine et al., 2023).

Entre los biopolímeros investigados se encuentra el almidón, el cual está presente en tubérculos, cereales y leguminosas. La yuca (*Manihot esculenta*) es un arbusto de cuya raíz se obtiene el almidón, sus propiedades hacen que se pueda utilizar en la elaboración de adhesivos (Suárez y Mederos, 2011). Otras fuentes utilizadas son las gomas y mucílagos. El mucílago del gulabere (*Cordia alba*) es aprovechado debido a su uso como adhesivo (Gupta y Gupta, 2015). Por otra parte, el uso de envases de un solo uso ha generado una alta contaminación, dado que, al no tener un origen orgánico, no siguen un proceso de descomposición natural y los residuos permanecen

en el ambiente sin sufrir alguna alteración o deterioro. A partir de todo lo expuesto con anterioridad y con el fin disminuir el impacto ambiental este trabajo busca obtener un adhesivo alimentario, con base a polímeros naturales, para utilizarse en la elaboración de vasos elaborados con hoja de elote.

MATERIALES Y MÉTODOS

Formulación de los adhesivos

Las formulaciones de los adhesivos se basaron de acuerdo con Sarabia (2023). Se seleccionaron las formulaciones M3 [almidón de yuca (4 % p/v), quitosano (1 % diluido en ácido acético al 1 %), glicerina (1 %p/v)] y M4 [almidón de yuca (2 %p/v), fécula de maíz (2 % p/v), quitosano (1 % en solución ácido acético al 1 %), glicerina (1 %p/v)] debido a que las composiciones de las biopelículas obtenidas presentaron los valores más bajos de permeabilidad al vapor de agua, 8.4597×10^{-9} g mhPa⁻¹ y 7.5955×10^{-9} g mhPa⁻¹ respectivamente.

Para este trabajo se realizaron tres formulaciones para adhesivos, respetando los biopolímeros utilizados en las biopelículas arriba descritas y variando únicamente las proporciones: adhesivo F1: almidón de yuca (13.33 %), glicerina (3.325 % p/v) y quitosano (1 % p/v en solución de ácido acético al 1 % v/v); adhesivo F2: almidón de yuca (6.66 % p/v), fécula de maíz (6.66 % p/v), glicerina (3.325 % p/v) y quitosano (1 % p/v en solución de ácido acético al 1 % v/v) y adhesivo F3: mucílago de gulabere (*Cordia alba*) y glicerina (3.44 % p/v). El adhesivo F4 se utilizó un pegamento comercial (Mod Podge).

Las soluciones se calentaron en una placa de calentamiento con agitación constante (Marca: VELP SCIENTIFICA) hasta el punto de gelatinización de 66°C y 69°C para el adhesivo F1 y F2 respectivamente. Para la elaboración del adhesivo F3 los frutos de gulabere (*Cordia alba*) se



pesaron y se cloraron en una solución de 600 ppm de hipoclorito de sodio por 5 min. Posteriormente se lavaron con agua destilada, se pelaron, trituraron y se extrajeron las semillas. El mucílago obtenido se mezcló con glicerina, en agitación constante, hasta obtener una mezcla homogénea. Los adhesivos formulados se compararon con un adhesivo comercial a base de agua (Marca: Mod Podge).

Preparación de láminas de hojas de elote (*Zea mays*) y evaluación del adhesivo

Se utilizaron elotes frescos, con hoja verde, que se adquirieron en la central de abastos de la Ciudad de Oaxaca de Juárez. Se limpiaron y cortaron los extremos para obtener únicamente las hojas, que se llevaron a un tratamiento térmico (temperatura de ebullición) en una estufa de gas durante 2.5 h. Posteriormente se retiraron las hojas y se eliminó el exceso de humedad. Se cortaron láminas de hoja de elote de 2×10 cm.

Cada adhesivo (F1, F2, F3 y F4) se aplicó en las láminas de hoja de elote con ayuda de una brocha delgada, cubriendo completamente la superficie (por ambos lados) hasta obtener muestras de 5 capas cada una. Las muestras se colocaron sobre papel aluminio y posteriormente entre una prensa de malla para ejercer presión. Las muestras se secaron en una estufa de vacío (marca J.P SELECTA) durante 3 h a 85°C . Se obtuvieron 3 muestras por cada adhesivo. En ellas, se evaluó la adhesión entre capas, la fuerza a la tracción y el porcentaje de degradación.

Propiedades adherentes y composición química elemental (CQE)

Las propiedades de adherencia de las tres formulaciones se evaluaron con ayuda de un microscopio electrónico de barrido (*SEM*) (marca: Phenom modelo Pro X). Las condiciones de operación fueron 10 kV con una distancia de trabajo de 922-953 μm , con aumentos de 280-

290x. El tamaño de la muestra analizada fue de 2 cm^2 . Con las micrografías obtenidas se determinó la longitud entre capas de las muestras de hojas de elote, a través del programa ImageJ, evaluando así la adherencia del adhesivo. También se determinó la CQE en cada una de las muestras multicapa con los tres adhesivos formulados y el adhesivo comercial.

Propiedades mecánicas y evaluación de la biodegradabilidad

Se determinó la fuerza de resistencia a la tracción mediante un texturómetro (marca: INSTRON Serie 4442). Se utilizaron las muestras con un área de trabajo de 25 cm^2 y una velocidad de 5 mmmin^{-1} . Se realizaron los gráficos de tensión vs deformación.

Se utilizó el método de biodegradación ambiental modificado (AIMPLAS, 2023). Las muestras multicapa de hoja de elote se dejaron reposar dentro una composta casera durante 61 días. Las condiciones de operación fueron: $36 \pm 2\%$ HR, $25 \pm 2^\circ\text{C}$, medido con un higrómetro digital (marca HTC-2). Se monitoreó y registraron las pérdidas de peso de las muestras mediante una balanza analítica de precisión (Marca: RADWAG AS 220.R2), cada siete días por 2 meses, aproximadamente. El estudio se realizó por quintuplicado para cada uno de los cuatro adhesivos obtenidos (F1, F2, F3 y F4).

Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza para determinar si el adhesivo formulado influye en la degradación de las muestras empleando el método Tukey ($\alpha = 0.05$) para separar medias. Si el Valor $p > 0.05$ entonces el porcentaje de degradación entre cada uno de los adhesivos es igual.



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De las tres formulaciones de adhesivos analizadas cualitativamente se observó que el adhesivo F3, a base de mucílago de gulabere, no logró mantener unidas las capas de hoja de elote, pues presentaron una nula adherencia. Las formulaciones F1 y F2 presentaron una buena adherencia entre capas, sin embargo, al manipularse hubo desprendimiento. El adhesivo control F4 logró tener una muy buena adhesión.

En las micrografías de la **Figura I** se puede observar que al aplicarse los adhesivos F1 y F2 (**Figura Ia, b**) sobre la lámina de hoja de elote no logró penetrar en todas las regiones, lo que puede relacionarse con la poca fuerza de adherencia al momento de manipularse. En la micrografía **Figura Ic**, lo que se observó fue el tejido vegetal correspondiente al mucílago de gulabere y se observan perfectamente las separaciones entre las capas de las hojas de elote. Por otra parte, el adhesivo F4 (**Figura Id**) logró penetrar en las regiones de las hojas de elote, aunque se pueden observar algunos espacios entre las capas de hojas; sin embargo, las láminas multicapa pudieron manipularse sin presentar desprendimiento entre ellas.

Considerando las micrografías y en base al análisis realizado se obtuvo la distancia promedio de las capas de hojas de elote, resultando en 72.588 μm , 79.3104 μm , 175.0321 μm y 56.8485 μm para los adhesivos F1, F2, F3 y F4, respectivamente. Por lo que el adhesivo comercial aplicado a las hojas de elote presentó menor distancia entre capas, lo que representa una mejor

adherencia. Por el contrario, el adhesivo F3 presentó la mayor distancia entre ellas, resultando en una adhesión deficiente.

El análisis de CQE mostró que la mayoría de los adhesivos están compuestos por carbono y oxígeno, únicamente las muestras con el adhesivo F3 mostraron además la presencia de cromo, esto pudo deberse al material utilizado en la prensa donde se colocaron para el secado, ya que el gulabere no presenta cromo en su composición (Gupta y Gupta, 2015). En cuanto a las muestras con el adhesivo comercial (F4), no fue posible determinar la composición mediante la técnica utilizada.

Los resultados de las propiedades mecánicas para cada una de las muestras multicapa con los diferentes adhesivos se muestran en la **Tabla I**. De manera general se puede observar que la deformación en todas las muestras fue baja, menor a un 6 %, lo que sugiere que son muestras rígidas. Se pudo observar que las muestras de hoja de elote unidas con el adhesivo F2 presentan mayor rigidez ($\epsilon = 1.82 \%$), mientras que las muestras unidas con el adhesivo F4 presentaron la menor rigidez ($\epsilon = 5.97\%$). En cuanto al esfuerzo máximo para deformar la muestra osciló entre 1200-1700 MPa. No se llegó al punto de rotura debido a que las mordazas utilizadas no pudieron sujetar de manera adecuado las muestras analizadas.

Todas las muestras con los diferentes adhesivos presentan valores altos de Esfuerzo Máximo y Módulo de Young, siendo el adhesivo F1 el de mayor valor de esfuerzo máximo (1667 MPa) y el adhesivo F2 el del menor valor (1222 MPa).

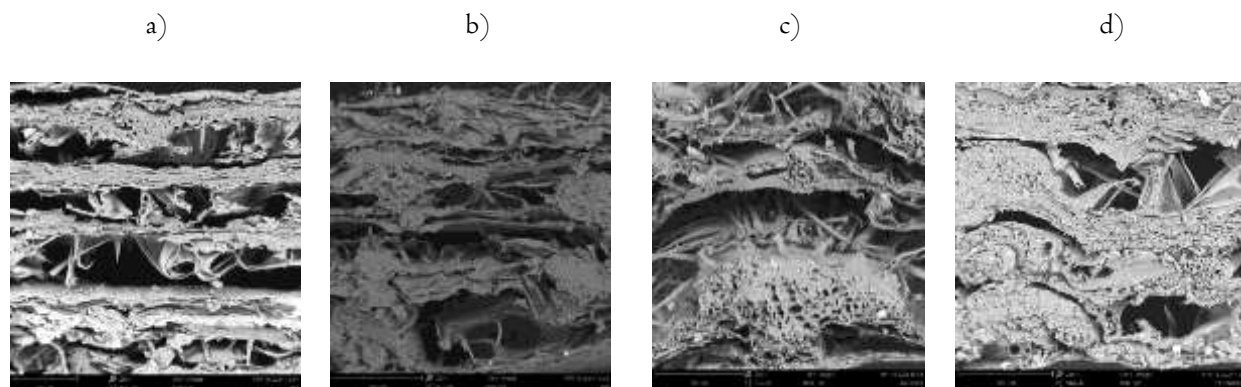


Figura 1. Micrografías. a) Adhesivo F1, b) Adhesivo F2, c) Adhesivo F3 y d) Adhesivo F4.

Respecto del Módulo de Young las muestras donde se aplicó el adhesivo F4 presenta el menor valor (46950.667 MPa) y las muestras con el adhesivo F2 las del mayor valor (96740.4067 MPa). De acuerdo a las pruebas mecánicas realizadas por Pacheco (2023) a láminas de hojas de elote de 7 capas, encontró que dependiendo de la orientación de las nervaduras de la hoja era la fuerza necesaria para romperse, en posición horizontal obtuvo un valor de máxima rotura de 34.24kN y una extensión de 1.42 mm; en posición vertical no pudieron obtener la máxima rotura debido a la posición de las nervaduras de la hoja.

En cuanto a la prueba de biodegradabilidad, se puede observar que el tipo de adhesivo influye en

el tiempo de degradación de láminas multicapa de hoja de elote. Las muestras a las cuales se les aplicó el adhesivo F3 son las que se degradan más rápido en un lapso de 61 días (65.0013^a %), mientras que las muestras donde se aplicó el adhesivo comercial presentaron el menor porcentaje de degradación en el mismo periodo (42.7895^b %).

Existe diferencia significativa ($p = 0.002$) entre el uso de los adhesivos formulados y el adhesivo comercial. Se observó que la diferencia existe solamente al usar el adhesivo F1 o F3 respecto al F4 en relación a la biodegradabilidad de las muestras (**Figura 2**), por lo que se puede concluir que el adhesivo comercial hace más lenta la degradación de las láminas de hoja de elote.

Tabla I. Datos de esfuerzo máximo, deformación y módulo de Young

Adhesivo	Esfuerzo máximo [MPa]	Deformación (%)	Módulo de Young [MPa]
	σ	(ϵ)	E
F1	1667	3.64	76751.463
F2	1222	1.82	96740.406
F3	1347	2.71	49052.610
F4	1515	5.97	46950.667

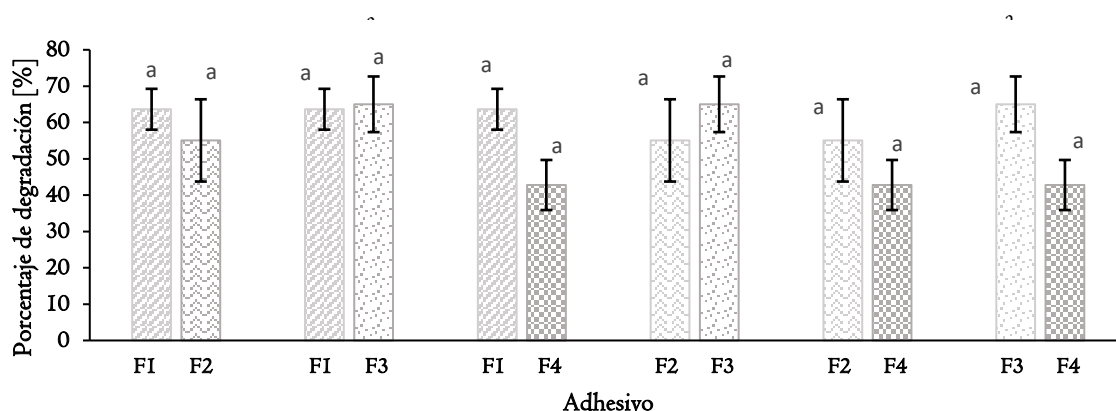


Figura 2. Porcentajes de degradación comparados respectivamente entre sí. Los datos con letras distintas presentan diferencias estadísticas significativas (Tukey, 0.05). Las barras verticales representan la desviación estándar agrupada ($S_{agrupada} = 8.15192$).

CONCLUSIONES

Se obtuvieron tres adhesivos a base de biopolímeros de los cuales dos de ellos se elaboraron a base de almidón de yuca-quitosano y el otro con un mucílago de gulabere. La formulación FI fue el que mejor logró penetrar en las regiones de las hojas de elote, aunque continua la presencia de espacios vacíos entre las capas, además que no mostró tener una adherencia adecuada. El adhesivo comercial (F4) presentó muy buena adherencia entre las láminas multicapa y las muestras pudieron manipularse sin presentar desprendimiento entre ellas. La composición química elemental (CQE) mostró que los adhesivos formulados están compuestos principalmente por carbono y oxígeno. El porcentaje de deformación en todas las muestras fue baja, debido a que tienen una estructura rígida. El tipo de adhesivo utilizado influye en el tiempo de degradación de las láminas multicapa de hoja de elote, siendo más rápida la degradación en los adhesivos naturales comparados con el adhesivo comercial.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al laboratorio de Tecnología de Alimentos por permitirnos desarrollar las pruebas y al Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Oaxaca por proporcionar el uso de las instalaciones. Este trabajo forma parte del proyecto financiado 20313.24-P por el TecNM.

REFERENCIAS

- AIMPLAS. (2023). *Biodegradación y reciclado enzimático: la clave para la descomposición sostenible de los materiales*. <https://www.aimplas.es/blog/biodegradacion-y-reciclado-enzimatico-la-clave-para-la-descomposicion-sostenible-de-los-materiales/#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20es%20la%20degradaci%C3%B3n%20microbiana,a%20las%20enzimas%20que%20producen>
- Constantine, S. L., Viteri, K. P., Vizuite, K., & Debut, A. (2023). A review of traditional uses and current applications of *Cordia* spp. (Boraginaceae) in the development of food and



pharmaceutical products. *Ethnobotany Research and Applications*, 25(19), 1-32.

<http://dx.doi.org/10.32859/era.25.19.1-32>

Gupta, R., & Gupta, G. D. (2015). A review on plant *Cordia obliqua* Willd. (Clammy cherry). *Pharmacognosy Reviews*, 9(18), 127–131.

<https://doi.org/10.4103/0973-7847.162124>

Pacheco, S. (2023). *Caracterización mecánica y biodegradabilidad en vasos de hoja de elote (Zea mays)* (Tesis de licenciatura, Instituto Tecnológico de Oaxaca). Oaxaca, México.

Petrie, E. (2000). *Handbook of adhesive and sealants*. McGraw-Hill.

Sarabia, M. (2023). *Elaboración de biopelículas con alta resistencia térmica* (Tesis de licenciatura, Instituto Tecnológico de Oaxaca). Oaxaca, México.

Suárez, L., & Mederos, V. (2011). Apuntes sobre el cultivo de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz): tendencias actuales. *Cultivos Tropicales*, 32(3), 27-35.



CONCENTRADO DE AGUAMIEL: CASO DE ÉXITO EN CORPORATIVO MAGUEYERO
SAN ISIDRO S.A DE C.V., TLAXCALA

AGUAMIEL CONCENTRATE: SUCCESS STORY AT CORPORATIVO MAGUEYERO SAN
ISIDRO S.A DE C.V., TLAXCALA

Areli Flores-Morales^{1§}, María de Lourdes Nohpal-Licona¹, Angeles Sánchez-Contreras²

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico del Altiplano de Tlaxcala. Km. 7.5 Carretera Fed. San Martín Texmelucan, Tlaxcala-México. 90122. ²Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco (CIATEJ), Sede sureste. Tablaje Catastral Km 5.5 Carretera Sierra Papacal-Chuburna Puerto Parque Científico Tecnológico de Yucatán. Méx. 97302. [§]Autor de correspondencia: (areli.fm@altiplano.tecnm.mx).

RESUMEN

El Corporativo Magueyero, a través de actividades de investigación y desarrollo (I+D), generó un proceso semiindustrial para la deshidratación de aguamiel con el objetivo de estandarizar y comercializar el producto. Se monitorearon 41 corridas de procesamiento. Al producto se le determinó pH, grados Brix, viscosidad, análisis químico-proximal, microbiológico (normas mexicanas) y una evaluación sensorial para verificar su aceptación. Se procesaron lotes de 1200 L de aguamiel (16 °Brix y pH de 5.4), a 62 ± 2 °C 4 h^{-1} , el rendimiento de miel fue 58.3 %. El concentrado final alcanzó un pH de 6.55 ± 0.26 , °Brix de 72.35 ± 1.47 y viscosidad de $2601.63 \pm 1.326 \text{ mPa s}^{-1}$. El valor de correlación Pearson, $p = 0.7$ implica que la viscosidad aumenta a medida que aumenta el pH y los °Brix. La miel presentó de proteína (1.73 ± 0.027 %), y carbohidratos totales de 9.5 ± 0.47 , azúcares reductores totales $78.21 \pm 0.52 \text{ g L}^{-1}$, con $1.29 \pm 0.09 \text{ g L}^{-1}$ de sacarosa, $3.847 \pm 0.10 \text{ g L}^{-1}$ de glucosa, y $0.75 \pm 0.03 \text{ g L}^{-1}$ de fructosa. Microbiológicamente cumple con lo establecido en la norma NOM-003-SAGARPA-2015. La evaluación sensorial no mostró diferencias significativas para el atributo de dulzor, pero si para color y textura ($p \leq 0.05$). Estos parámetros fueron empleados para estandarizar la producción

de miel de agave obteniendo un producto inocuo que se comercializa bajo la nominación de marca Cormasani®, dando origen a la creación de nuevas oportunidades de negocio para el Corporativo, de calidad, nutritivo e inclusivo.

Palabras clave: Agave, innovación tecnológica, jarabe, miel de agave

ABSTRACT

Corporativo Magueyero, through research and development (R&D) activities, has developed a semi-industrial process for the dehydration of aguamiel, aiming to standardize and commercialize the product. Forty-one processing runs were monitored. The product was determined for pH, Brix degrees, viscosity, chemical-proximal analysis, microbiological analysis (Mexican standards) and a sensory evaluation to verify its acceptance. Batches of 1200 L of honey water (16 °Brix and pH of 5.4) were processed at 62 ± 2 °C 4 h^{-1} . The honey yield was 58.3 %. The final concentrate reached a pH of 6.55 ± 0.26 , °Brix of 72.35 ± 1.47 , and viscosity of $2601.63 \pm 1.326 \text{ mPa s}^{-1}$. The Pearson correlation value, $p = 0.7$, implies that viscosity increases as pH and °Brix increase. The agave honey showed a protein content of 1.73 ± 0.027 %, total carbohydrates of 9.5 ± 0.47 , total reducing sugars of 78.21 ± 0.52



g L⁻¹, with 1.29 ± 0.09 g L⁻¹ of sucrose, 3.847 ± 0.10 g L⁻¹ of glucose, and 0.75 ± 0.03 g L⁻¹ of fructose. Microbiologically it complies with the provisions of the NOM-003-SAGARPA-2015 standard. The sensory evaluation did not show significant differences for the sweetness attribute, but it did for color and texture ($p \leq 0.05$). These parameters were used to standardize the production of agave honey, obtaining a safe product that is marketed under the brand name Cormasani creating new business opportunities for the Corporation and ensuring a high-quality, nutritious, and inclusive outlook.

Index words: *Agave*, technological innovation, agave syrup, agave honey.

INTRODUCCIÓN

La innovación tecnológica está transformando los métodos tradicionales de producción agrícola con el desarrollo de procesos más eficientes y sostenibles, lo cual se traduce en más empleos y bienestar para una población. Nanacamilpa, es un municipio Tlaxcalteca con el 53.34 % de población económicamente activa (INEGI, 2023). Uno de sus principales cultivos es el *Agave salmiana* (maguey pulquero). Este, ofrece beneficios para la salud, como fortalecimiento de la microbiota intestinal, en el tratamiento de enfermedades como diabetes tipo 2, colitis ulcerosa y cáncer de colon. Destaca por la inulina, edulcorante para la industria alimentaria (Romero-López et al., 2015; López-Romero et al., 2018; Rascón et al., 2020). En la producción y comercialización de bebidas espirituosas, convirtiéndose en objeto de estudio y aplicación de I+D, generando beneficios en ventas a nivel nacional e internacional (Valencia-Sandoval et al., 2020, 2023). El proceso de llevar un producto del campo a la mesa es complejo y puede estar sujeto a diferentes enfoques comerciales, políticos, económicos y técnicos. Innovar no solo requiere conocimiento, sino también un cambio cultural,

fomentado de manera sostenida (Dutrénit, 2023; Valdés et al., 2019).

Un ejemplo es el Corporativo San Isidro S.A. de C.V., que produce y exporta pulque enlatado. Sin embargo, enfrenta problemas de disponibilidad de materia prima (aguamiel), con una producción aproximada de 4000 L/semana. Parte de esta producción se destina a la elaboración de pulque de forma artesanal, alcohol y el resto a la producción de miel a nivel semiindustrial, enfrentando desafíos en la estabilización y calidad del producto durante el proceso.

Este producto carecía de un estudio metodológico y técnico-financiero que permitiera su inclusión en la oferta comercial bajo un enfoque de economía circular. Por esta razón, se estableció una colaboración con instituciones gubernamentales y académicas para alcanzar una madurez tecnológica. El objetivo del presente estudio es presentar la estandarización y control de calidad en el proceso de deshidratación de aguamiel de maguey hasta su comercialización, como modelo de innovación tecnológica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación y producción

El Corporativo San Isidro S.A. de C.V., ubicado en Nanacamilpa, Tlaxcala (INEGI, 2022), produce y comercializa miel de agave, producto comercial dentro de un portafolio de productos derivados de *Agave salmiana*.

Análisis de producción

Se analizaron datos; corrida de producción, temperatura, presión de trabajo, volumen de materia prima por lote y cantidad de producto. Se obtuvieron 41 muestras de diferentes lotes de producción para la estandarización del producto y proceso. Se evaluaron parámetros analíticos de entrada y salida del concentrado de aguamiel de maguey, midiendo variables como °Brix (Atago



Pocket), pH (Hanna Instruments) y viscosidad (Brookfield).

Evaluación de características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales

Se caracterizaron 41 muestras mediante técnicas analíticas reportadas en el AOAC (2000). La determinación de azúcares totales mediante el método fenol-sulfúrico (Dubois et al., 1951). Se cuantificaron poblaciones bacterianas viables en las muestras recolectadas, utilizando la técnica de cuenta en placa en medios específicos para cada tipo microbiano a partir de diluciones seriadas de base 10 (1:10 a 1:1,000,000). La determinación de mohos y levaduras se realizó conforme a la NOM-III-SSAI-1994. La determinación de coliformes totales fue mediante cuenta en placa según la norma oficial mexicana NOM-III-SSAI-1994. Para coliformes fecales se empleó la técnica descrita en NMX-AA-042-SCFI-2015 (DOF, 2015). Se revisó la norma para jarabe de agave (NOM-003-SAGARPA-2015, DOF, 2015) para evaluar las características fisicoquímicas y el contenido de microorganismos de la miel de *Agave*.

La prueba de evaluación sensorial de miel de *Agave* (prueba de intervalos) se realizó con tres muestras representativas y codificadas (CA5, CM22 CC39) para los atributos de color, dulzor, textura y aceptación. Se seleccionaron 20 jueces no entrenados, se utilizó una escala no estructurada permitiendo plena libertad al juez para indicar su juicio (Elías, 2019). Para la interpretación de resultados, se empleó un análisis estadístico con un nivel de significancia del 95 % de confiabilidad.

La ficha técnica y registro de marca se elaboró acorde al registro de la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS) para el producto terminado y de venta comercial. El registro de marca se realizó con

apoyo de los dueños, diseñando la marca mixta para registrar la miel de agave en el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI). Se realizó un análisis de costos para establecer el precio de la miel de agave para el público consumidor.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La innovación es crucial para el desarrollo económico, permite mejorar la productividad, reducir costos y diferenciar productos en el mercado, ganando reconocimiento social (Valdés et al., 2019; López-Gualberto et al., 2023). En este contexto, aunque el producto es un concentrado de aguamiel, se le denomina comercialmente como miel de *Agave*.

La **Tabla I** muestra los parámetros de pH, °Brix y viscosidad evaluados para 41 muestras de miel de agave provenientes de los diferentes lotes de producción realizados para lograr la estandarización de las condiciones de proceso. La materia prima presentó un valor promedio de pH de 5.42 ± 0.24 , °Brix de 16.22 ± 0.11 , valores que concuerdan con datos reportados por Romero-López et al. (2015). Para el producto final el valor de pH fue 5.91 ± 0.26 , °Brix de 72.07 ± 2.33 y viscosidad de 2601.63 ± 1.33 . Estos parámetros se emplearon para determinar las condiciones de trabajo de procesamiento para la estandarización del proceso productivo del concentrado de agave.

La **Figura I** muestra la relación del parámetro de viscosidad en función del valor de °Brix, y pH. La frecuencia de variación de viscosidad se da a °Brix de 74 y 73, seguida por 70, observándose una ligera tendencia de correlación positiva entre las variables °Brix-viscosidad. Mientras que para viscosidad en función del pH es mayor, observándose una menor correlación entre pH-viscosidad.



Tabla I. Valores de pH, °Brix y viscosidad de 41 muestras de miel de *Agave salmiana*.

Muestra	pH ^π	Muestra	pH ^π	Muestra	°Brix ^π	Muestra	°Brix ^π	Muestra	Viscosidad (mPa s ⁻¹) ^π	Muestra	Viscosidad (mPa s ⁻¹) ^π
1	5.6±0.24	22	5.7±0.24	1	70±2.31	22	72±2.30	1	1760±1.32	22	2620±1.32
2	5.6±0.20	23	5.8±0.21	2	70±2.30	23	72±2.33	2	880±1.32	23	1289±1.33
3	5.4±0.26	24	6.1±0.23	3	63±2.33	24	72±2.29	3	715±1.33	24	2330±1.33
4	5.7±0.25	25	5.9±0.26	4	69±2.29	25	72±2.31	4	894±1.32	25	1920±1.32
5	5.7±0.23	26	5.8±0.24	5	70±2.30	26	72±2.30	5	630±1.32	26	1715±1.33
6	6.3±0.21	27	5.9±0.22	6	75±2.33	27	72±2.33	6	4995±1.33	27	2260±1.32
7	5.6±0.26	28	6.1±0.22	7	72±2.31	28	72±2.32	7	3670±1.32	28	2700±1.32
8	5.6±0.25	29	5.9±0.26	8	71±2.32	29	70±2.29	8	2095±1.32	29	2175±1.32
9	5.5±0.21	30	6.1±0.25	9	71±2.29	30	72±2.33	9	2155±1.32	30	1654±1.32
10	5.8±0.22	31	6.1±0.23	10	72±2.32	31	72±2.33	10	2875±1.32	31	2935±1.32
11	6.5±0.26	32	6.0±0.24	11	76±2.31	32	73±2.31	11	4995±1.32	32	4120±1.32
12	6.3±0.23	33	5.9±0.21	12	74±2.33	33	70±2.31	12	2789±1.32	33	2174±1.32
13	5.9±0.26	34	5.8±0.26	13	72±2.33	34	70±2.33	13	2500±1.32	34	999±1.33
14	5.8±0.25	35	6.0±0.25	14	71±2.30	35	73±2.29	14	2490±1.32	35	3010±1.32
15	5.6±0.23	36	6.2±0.22	15	72±2.29	36	75±2.32	15	3790±1.32	36	4865±1.32
16	5.9±0.26	37	5.5±0.21	16	74±2.31	37	71±2.30	16	3274±1.32	37	2620±1.33
17	5.7±0.22	38	5.8±0.25	17	72±2.33	38	78±2.29	17	1720±1.32	38	4995±1.32
18	6.0±0.21	39	6.1±0.26	18	72±2.32	39	73±2.33	18	1360±1.32	39	1185±1.32
19	6.1±0.25	40	6.3±0.21	19	74±2.29	40	73±2.32	19	1750±1.32	40	2420±1.33
20	6.2±0.24	41	5.9±0.23	20	75±2.21	41	71±2.31	20	4915±1.32	41	1480±1.32
21	6.5±0.26			21	74±2.33			21	4825±1.32		

^πPromedio de 3 repeticiones, más la desviación estándar.

Para definir esta posible correlación se calculó el coeficiente Pearson (r), que permite establecer para ambas variables aleatorias una relación lineal con todos los puntos de datos que se encuentran en una línea. En este caso un valor de correlación $r \approx 1$ implica que la viscosidad aumenta a medida que aumenta el pH o los °Brix. Un valor cercano a $r \approx 0$ implica que no existe una correlación lineal

entre las variables establecidas. En la **Figura 2** se muestra la correlación Pearson, calculada para la interacción de estas tres variables. Observándose que efectivamente existe una mayor correlación entre la viscosidad y los °Brix y a su vez con un aumento en el pH, también lo hace la viscosidad. En función de estos datos, se eligieron tres muestras, cuyas características son homogéneas,



respecto a °Brix, pH y viscosidad. A estas muestras se le determinó la composición de miel de agave (Tabla 2).

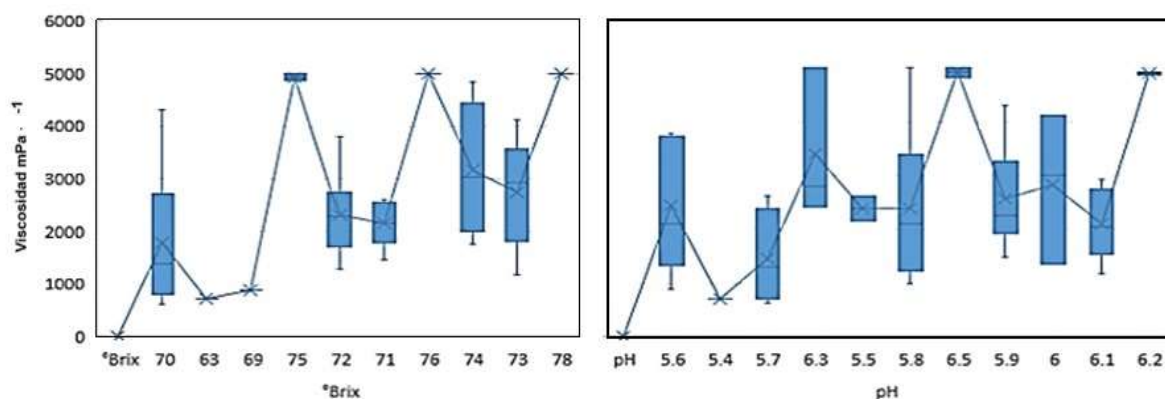


Figura 1. Relación del parámetro de viscosidad en función de ° Brix y pH.

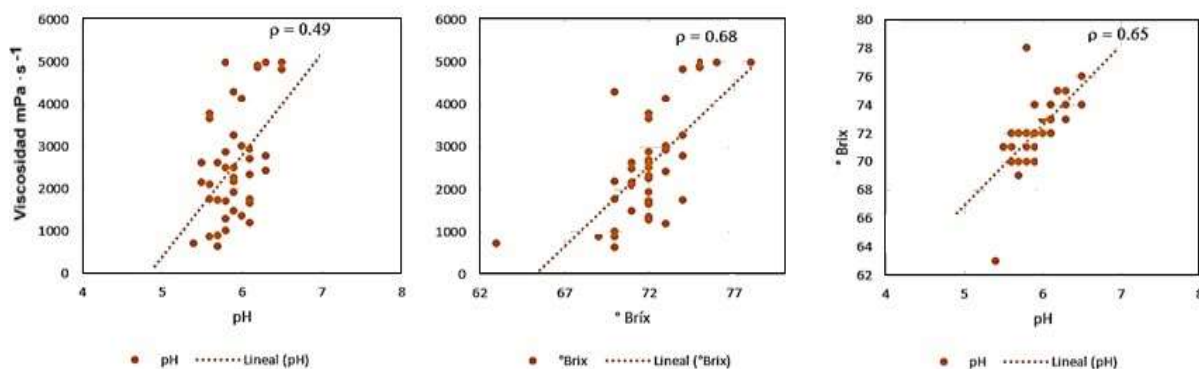


Figura 2. Correlación Pearson (ρ), calculada para la interacción de las tres variables evaluadas (pH, °Brix y viscosidad).

Tabla 2. Composición del concentrado de maguey pulquero (*Agave salmiana*).

Parámetro	Valor ^π	Parámetro	Valor ^π
°Brix	72.35 ± 1.47	Glucosa (g L ⁻¹)	28.56 ± 1.27
pH	6.55 ± 0.26	Sacarosa (g L ⁻¹)	0.011 ± 0.01
Acidez titulable (%)	0.049 ± 0.01	Carbohidratos totales (%)	79.5 ± 0.47
Proteína (%)	1.73 ± 0.03	Azúcares reductores (%)	78.21 ± 0.51
Humedad (%)	20.6 ± 0.07	Saponinas (mg g ⁻¹)	0.22 ± 0.01
Fructosa (g L ⁻¹)	49.72 ± 1.42		

^πPromedio de tres repeticiones y la desviación estándar.



El concentrado de maguey presentó una coloración ámbar semioscura, con °Brix de 72.35 ± 1.47 y pH de 6.55. El contenido de azúcares totales y reductores 79.5 ± 0.471 y 78.21 ± 0.51 %, respectivamente. Los valores de glucosa (28.56 ± 1.27 g L⁻¹), y fructosa (49.72 ± 1.42 g L⁻¹) son similares a los de una miel de abeja (DOF, 2016a,b) alcanzando niveles muy bajos de sacarosa (0.011 ± 0.01). Como se ha mencionado, no hay datos en literatura para comparar y tampoco con los valores de la norma (DOF, 2015) debido a que las características de los productos son diferentes, así como el proceso de obtención.

En cuanto a la presencia de microorganismos en las muestras, estas se realizan para garantizar que el producto esté libre de microorganismos que puedan deteriorarlo y reducir su vida útil. No se encontró presencia de coliformes totales ni fecales. Sin embargo, se detectó la presencia de hongos y levaduras con un conteo total de 2 UFC. Esta presencia posiblemente se debió al proceso de envasado, ya que no se realizó en condiciones estériles. Aunque se observó presencia de hongos y levaduras, las muestras se encuentran dentro de los parámetros establecidos por la NOM-003-SAGARPA-2015 (DOF, 2015), que indica que no debe ser mayor a 10 UFC g⁻¹ y los coliformes totales deben estar ausentes. La presencia de levaduras ambientales puede degradar la miel fácilmente, produciendo una fermentación espontánea al aumentar su actividad de agua. Actualmente, se trabaja con buenas prácticas de manufactura (BPM) y un sistema HACCP (análisis de peligros y puntos críticos de control) para controlar el procesamiento y eliminar la carga microbiana, evitando así cualquier efecto negativo en la salud.

La evaluación sensorial se realizó en tres muestras de miel de agave, evaluando los atributos de color, dulzor y textura. El color se calificó en una escala de ámbar claro, semioscuro y oscuro, obteniendo una calificación de 5.6 ± 1.56 ,

correspondiente a ámbar semioscuro. El dulzor obtuvo una calificación de 7.9 ± 0.26 , correspondiente a dulce, y la textura recibió una calificación de 5.0 ± 1.74 , correspondiente a viscoso agradable.

El análisis de varianza (ANOVA) de un factor completamente aleatorizado para los atributos color, dulzor y textura, utilizando una prueba de intervalos múltiples para evaluar el nivel de agrado de las tres muestras de miel de agave (C5, C22 y CC39). Indica que al menos una de las muestras presenta diferencia significativa ($p \leq 0.05$). La prueba de Tukey mostró que cualquiera de las muestras CM22 y CC39 debe utilizarse como referencia para color y textura la muestra CM22. El ANOVA para el atributo dulzor indicó que no existen diferencias significativas entre las tres muestras, concluyendo que el nivel de dulzor es aceptable para el concentrado de agave. Estas características son las que distinguen la calidad y la apreciación del producto por parte del consumidor, diferenciándolo de otros productos en el mercado.

Los parámetros de temperatura, presión, cantidad de materia prima, tiempo y datos puntuales del procesamiento de aguamiel son parámetros confidenciales y exclusivos de la microempresa, por lo que no se pueden divulgar. El concentrado de aguamiel, comercialmente denominado como miel de maguey es 100 % natural y se elabora industrialmente mediante un proceso de evaporación para concentrar los azúcares, los cuales son considerados de bajo índice glucémico. El producto se presenta en envases de 200, 500 y 1000 mL. El precio al consumidor se calculó considerando todos los parámetros de producción hasta el envasado, incluyendo la mercadotecnia, y oscila entre 200 y 400 pesos para venta directa para una presentación de 475 mL y 950 mL, respectivamente. En el mercado, se comercializa bajo la marca Cormasani®, elaborado por el Corporativo



Magueyero San Isidro S.A. de C.V. La comercialización se realiza de forma directa por parte de la empresa o a través de redes sociales, siendo el principal motor de la mercadotecnia y comercialización actual.

CONCLUSIONES

Con el estudio sobre la estandarización de los parámetros de producción de miel de aguamiel de agave, se determinó que los valores adecuados para el proceso de producción son: pH de 5.9, °Brix de 72 y viscosidad de 2601 mPa s⁻¹. La fructuosa es el principal azúcar presente y su contenido está entre 71.8 % y 72.5 %. Las muestras de miel de agave presentaron un contenido de hongos y levaduras de 2 UFC, valor abajo acorde al límite establecido por la norma NOM-003-SAGARPA-2015. Actualmente, se implementan estrictas medidas de buenas prácticas de manufactura y un sistema HACCP para garantizar la calidad del producto. La miel de agave pulquero es aceptable en color, dulzor y textura para el consumidor y se comercializa bajo la marca registrada Comarsani®, como un producto artesanal 100 % natural con potencial para el mercado internacional; aunque no se encuentra en tiendas de autoservicio. Además, cumple con los estándares de seguridad alimentaria y sostenibilidad.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la familia Del Razo, dueños del Corporativo Magueyero San Isidro S.A de C.V.

REFERENCIAS

- AOAC. (2000). *Official methods of analysis of AOAC international* (17th ed.). USA. MD: Association of Official Analytical Chemist.
- Diario Oficial de la Federación (18 de abril de 2016), DOF. (2016a). *Declaratoria de vigencia de las normas mexicanas NMX-AA-034-SCFI-2015, NMX-AA-042-SCFI-2015 y NMX-AA-175-SCFI-2015*. https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5433394&fecha=18/04/2016#gsc.tab=0.
- Diario Oficial de la Federación (18 de noviembre de 2016), DOF. (2016b). Norma Oficial Mexicana NOM-111-SSAI-1994, Bienes y servicios. *Método para la cuenta de mohos y levaduras en alimentos*. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4728921&fecha=15/08/1994#gsc.tab=0.
- Diario Oficial de la Federación (21 de diciembre de 2015), DOF. (2015). *Proyecto de norma oficial mexicana PROY-NOM-003-SAGARPA-2015, relativa a las características de sanidad, calidad, inocuidad, trazabilidad, etiquetado y evaluación de la conformidad del jarabe de agave*. https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5420774&fecha=21/12/2015#gsc.tab=0.
- Diario Oficial de la Federación (25 de agosto de 1995), DOF. (1995). NORMA Oficial Mexicana NOM-113-SSAI-1994, Bienes y servicios. *Método para la cuenta de microorganismos coliformes totales en placa*. <https://sidof.segob.gob.mx/notas/4880115>.
- Dubois, M., Gilles, K., Hamilton, J. K., Rebers, P. A., & Smith, F. (1951). A colorimetric method for the determination of sugars. *Nature*, 168(4265), 167. <https://doi.org/10.1038/168167a0>
- Dutrénit, B. (2023). *¿Qué es la innovación?*. <https://TecScience.tecn.mx/es/negocios-innovacion/que-es-la-innovacion-tecnologica/>.
- Elías, A. K. (2019). Desarrollo del análisis descriptivo cuantitativo (QDA) para caracterizar las cualidades sensoriales de miel de agave. *Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. División de Ciencia Animal*. <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/46197/K%2066070%20Elías%20Rodr%C3%ADguez%2C%20Ana%20Karen.pdf?sequence=1&isAllow>



ed=y.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática) (2023). Registro nacional de información estadística y geográfica/RNIEG/ Consulta. Recuperado en:

<https://www.inegi.org.mx/programas/cngf/2023/>.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). (2022). Marco geodésico - RGNP - Transformación de coordenadas (TRANINV). Recuperado en: <https://www.inegi.org.mx/programas/cngf/2022/>.

López-Gualberto, I., Espinosa-Espíndola, M. T., Paz-Calderón, Y., & Maceda-Méndez, A. (2023). Propuesta de producción y comercialización de miel de agave para un grupo de productores mexicanos. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(4), 8092-8113. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i4.7551

López-Romero, J.C., Ayala-Zavala, J.F., González-Aguilar, G.A., Peña-Ramos, E.A., & González-Ríos, H. (2018). Biological activities of agave by-products and their possible applications in food and pharmaceuticals. *J. Sci Food Agric.*, 98, 2461-2474. DOI 10.1002/jsfa.8738

Rascón, L., Cruz, M., Rodríguez-Jasso, R. M.,

Neira-Vielma, A. A., Ramírez-Barrón, S. N., & Belmares, R. (2020). Effect of ohmic heating on sensory, Physicochemical, and Microbiological Properties of “Aguamiel” of *Agave salmiana*. *Foods*, 9(12), 1834. <https://doi.org/10.3390/foods9121834>

Romero-López, M.R. Osorio-Díaz, P., Flores-Morales, A., Robledo, N., & Mora-Escobedo, R. (2015). Composición química, capacidad antioxidante y el efecto prebiótico de aguamiel (*Agave atrovirens*) durante su fermentación *in vitro*. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 14(2), 281-292.

Valdés, C., Triana, Y., & Boza, J. A. (2019). Reflexiones sobre definiciones de innovación, importancia y tendencias. *Avances*, 21(4), 532-552.

Valencia-Sandoval, K., Rojas-Rojas, M. M. & Corichi-García, A. (2023). *La industria del agave, retos y oportunidades*. <https://www.uaeh.edu.mx/divulgacion-ciencia/industria-agave/index.html>.

Valencia-Sandoval, K., Rojas-Rojas, M. M., Alvarado-Lagunas, E., & Duana-Avila, D. (2020). Innovación agroindustrial del agave (*Agave tequilana* Weber var. azul): valoración financiera para la obtención de inulina. *Agro Productividad*, 13(3). <https://doi.org/10.32854/agrop.vi.1632>



EVALUACIÓN DE DIETAS EN POLLOS DE ENGORDA ROSS 308

EVALUATION OF DIETS IN ROSS 308 BROILER CHICKENS

Francisco Peralta-Díaz^{1§}, María Isabel Pérez-León², Yuri Villegas-Aparicio², Alejandro Miguel Aragón-Calvo³, Gerardo Rodríguez-Ortiz², Rosa María Gómez-Ugalde²

^{1,2} Estudiante, investigador, Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. Ex-Hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca, México. C.P. 71230. ³ Gerente general Grupo SEPROAX S.A. de C.V. km 17, Carretera Internacional, San Francisco Lachigoló, C.P. 70424. Oaxaca de Juárez, Oaxaca. [§] Autor de correspondencia: (peraltadiaz74@gmail.com).

RESUMEN

Optimizar la eficiencia alimenticia puede reducir el consumo de materias primas utilizadas en la nutrición y disminuir los costos de producción. El objetivo fue evaluar eficiencia productiva y económica de dietas con diferentes niveles de Proteína Cruda (PC) y energía (kcal) en pollos Ross 308 en la etapa de iniciación. Las dietas fueron: A (19 % PC, 3000 kcal), B (21 % PC, 3000 kcal), C (20 % PC, 3000 kcal) y D (21 % PC, 3200 kcal). Se realizó en San Francisco Lachigoló, Oaxaca durante 21 días, con 480 aves, con la distribución de 120 aves para cada uno de los 4 tratamientos, en 3 repeticiones con 40 aves por espacio. Se evaluó: peso del ave, consumo de alimento, ganancia de peso, conversión alimenticia, eficiencia alimenticia, mortalidad y costos de alimentación. Se realizó análisis de varianza y prueba de medias (Duncan, 0.05) con el paquete estadístico SAS 9.4. En la etapa de iniciación se obtuvo diferencia significativa ($p \leq 0.05$) con la dieta C en consumo de alimento individual (690.3 g) y ganancia de peso individual (482.7 g); se consiguió conversión y eficiencia alimenticias de 1.47 y 0.69, el costo de alimentación resultó ser más bajo y la mortalidad fue de 1.66 %. La dieta con 20 % PC, 3000 kcal alcanzó un mejor desempeño productivo y económico para pollos de engorde Ross 308 en etapa de iniciación.

Palabras clave: iniciación, Ross 308, eficiencia alimenticia, nutrición avícola.

ABSTRACT

Optimizing feed efficiency can reduce the consumption of raw materials used in nutrition and decrease production costs. The objective was to evaluate the productive and economic efficiency of diets with different levels of Crude Protein (CP) and energy (kcal) in Ross 308 chickens at the starter stage. The diets were: A (19 % CP, 3000 kcal), B (21 % CP, 3000 kcal), C (20 % CP, 3000 kcal) and D (21 % CP, 3200 kcal). It was carried out in San Francisco Lachigoló, Oaxaca for 21 days, with 480 birds, with the distribution of 120 birds for each of the 4 treatments, with 3 repetitions, 40 birds were housed per space. The following were evaluated: bird weight, feed consumption, weight gain, feed conversion, feed efficiency, mortality and feed costs. Analysis of variance and Duncan's test ($\alpha = 0.05$) were performed with the statistical package SAS 9.4. In the initiation stage, a significant difference ($p \leq 0.05$) was obtained with diet C in individual feed consumption (690.3 g) and individual weight gain (482.7 g); feed conversion and efficiency of 1.47 and 0.69 were achieved, the feed cost was lower and mortality was 1.66 %. The diet with 20 % CP, 3000 kcal achieved a better productive and economic performance for Ross 308 broiler chickens in the initiation stage.



Index words: initiation, Ross 308, feed efficiency, poultry nutrition.

INTRODUCCIÓN

Según los últimos datos del USDA, la producción global de carne de aves de corral logró 102 millones de toneladas en 2023, lo cual indica un incremento de 549.000 t en comparación con el año 2022 (Kou et al., 2024). La industria avícola ha notado un considerable incremento del mercado mundial en el último período, ya que la producción de carne de pollo acrecentó de 90.983.092 t en 2011 a 121.588.359 t en 2021 (Dalle et al., 2024). La carne de pollo es una de las fuentes de mayor importancia pues aporta proteína animal para la alimentación de las personas, además de que debido al incremento de la población se ha incrementado su requerimiento (Oluwabiyi & Song, 2024). La carne de pollo es considerada como una fuente de fácil disponibilidad de proteínas de alta calidad y otros nutrientes esenciales para el correcto funcionamiento del cuerpo (Suliman et al., 2023).

Es de gran importancia que las dietas de los pollos durante su crecimiento cumplan con los requerimientos nutricionales como energía, proteínas, aminoácidos, oligoelementos y vitaminas. Las relaciones que existen en la calidad nutricional, la genética y las instalaciones óptimas son fundamentales para que el animal presente su máximo potencial genético y así obtenga altos rendimientos durante la etapa de producción (Martínez & Valdivié, 2021). Los costos de alimentación simbolizan más del 60 % del precio total de la producción actual de pollos de engorde. Por ello que se evaluó la eficiencia productiva y económica de pollos de engorde línea Ross 308 alimentados con distintas dietas nutricionales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo se realizó en la empresa SEPROAX S.A. de C.V. ubicada en San Francisco Lachigoló, Oaxaca, dentro de la caseta número 9 en una superficie de 30 m² construida de material y techado de lámina, en dicho lugar se ubicaron las baterías de cinco jaulas cada una, las cuales tienen una dimensión de 1.2×0.65×1.80 m de alto. Se utilizó un diseño completamente al azar (*DCA*), utilizando un modelo estadístico de 4 dietas experimentales (una dieta fue tomada como testigo) para la alimentación de pollos de engorde de la línea Ross 308. Se evaluó consumo de alimento, ganancia de peso, conversión alimenticia, eficiencia alimenticia, mortalidad y costos de alimentación.

Para el estudio se trabajó con 480 pollos de engorde mixtos de la línea Ross 308 adquiridos en incubadora Villaflores, de un día de edad, con la vacuna de Marek ya aplicada; se utilizaron 40 pollos de engorde por tratamiento con 3 repeticiones y 120 aves para cada tratamiento, las aves contaban con un peso inicial promedio de 45 ± 2 g. La caseta donde se realizó el estudio fue lavada con detergente, se continuó con el lavado y desinfección de las baterías, esto con ayuda de una hidro lavadora, jabón, cloro y agua con la finalidad de retirar todos los residuos que estaban impregnados en las jaulas, de la misma manera se lavaron y desinfectaron las charolas, comederos y bebederos.

Se elaboraron cuatro dietas experimentales en la planta de alimento de la empresa SEPROAX S.A DE C.V. cada una con distintos niveles nutrimentales dieta A (19 % PC, 3000 kcal), B (21 % PC, 3000 kcal), C (20 % PC, 3000 kcal) y D (21 % PC, 3200 kcal) la dieta A fue empleada como testigo (**Tabla I**).



Tabla I. Composición de dietas experimentales para pollos de engorda Ross 308.

Ingredientes	Dieta A (kg)	Dieta B (kg)	Dieta C (kg)	Dieta D (kg)
Soya	286	343	340	350
Aceite	20	22	20	25
Sorgo	650	593	594	579
Calcio fino	16	12	16	16
Premezcla	28	30	30	30
Proteína cruda (%)	19	21	20	21
Energía (kcal)	3000	3000	3000	3200

Se pesaron los pollos de engorda existentes en cada tratamiento con el uso de una báscula digital, esta actividad se realizó el día de la recepción de las aves antes de que fueran introducidas a sus jaulas, posteriormente se realizó el mismo proceso durante las semanas 1, 2 y 3; de la misma manera se pesó el alimento suministrado y rechazado diariamente para obtener el consumo de alimento. La base de datos creada en Microsoft Excel® se ejecutó en el programa estadístico SAS 9.4. se tomaron en cuenta todas las variables registradas en la **Tabla 2**. Se realizó la prueba W de Shapiro-Wilk para probar la normalidad de la distribución de datos, algunos datos que no pasaron la prueba de normalidad fueron transformados con $\sin(x)$. Se ejecutó un análisis de varianza y la prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores medios del consumo de alimento entre los tratamientos durante la semana 1, 2 y 3 presentaron diferencia estadísticamente significativa; la dieta experimental D aportó la mejor ganancia de peso durante la semana 1, 3, y durante la etapa de iniciación; el mejor rendimiento de los pollos de engorde en cuanto a conversión alimenticia y eficiencia alimenticia se reflejó con la dieta C en la tercera semana de estudio (**Tabla 2**). El estudio realizado por Martínez & Valdivié (2021) mencionan un consumo alto de alimento, peso corporal y

conversión alimenticia en pollos de engorde Ross 308 mayor en comparación a los experimentos evaluados en este trabajo, lo cual probablemente se puede atribuir a la diferente densidad de población que se utilizó en ambas evaluaciones. mostraron pesos corporales de 4 tratamientos (Ross 308, NRC, Rostagno y FEDNA), de 0-7, 8-14 y 15 a 21 días tuvieron al tratamiento Ross 308 un peso corporal de 152.03, 427.6 y 889.7 g respectivamente, estos datos fueron mejores en comparación con los valores obtenidos.

Según Šťastník et al. (2022) el peso corporal de las aves de crecimiento rápido (Ross 308) durante un ciclo de inicio alimentadas con una dieta control obtuvieron 298 g las aves de crecimiento lento. Hubbard lograron un peso de 546 g en el mismo periodo; mientras que los pollos Ross 308 alimentados con 4 dietas experimentales muestran un peso corporal más alto siendo la dieta B que presentó un peso corporal de 403 g en la etapa de inicio de esta evaluación las aves alimentadas con la dieta D alcanzaron un peso corporal de 561.83 g. La mortalidad se presentó desde la primera semana experimental en los tratamientos A, B y D, la mortalidad durante el periodo de evaluación mostro a los pollos del tratamiento B con un mayor porcentaje de bajas en el experimento (10 %), siendo el tratamiento C con un 1.66 %. Los costos de alimentación de cada tratamiento para ganar un kg de peso vivo dieron como resultado al tratamiento C (\$14.34) con un



costo más bajo a diferencia de las demás dietas experimentales utilizadas, seguido de las dietas A y B (15.72b y 15.28b) y la dieta D (16.12a)

presentó un costo más alto a los demás tratamientos evaluados.

Tabla 2. Variables productivas en pollos Ross 308 alimentados con 4 dietas durante el periodo de iniciación.

Variables	Dieta A	Dieta B	Dieta C	Dieta D
Peso inicial (g)	45.3 $\pm$ 0.34 ^a	45.6 $\pm$ 0.49 ^a	46.2 $\pm$ 0.29 ^a	45.4 $\pm$ 0.37 ^a
Peso ave semana 1 (g)	120.9 $\pm$ 1.44 ^b	129.1 $\pm$ 1.53 ^{ab}	121.1 $\pm$ 1.77 ^b	134.6 $\pm$ 2.03 ^a
Peso ave semana 2 (g)	279.1 $\pm$ 4.11 ^b	314.8 $\pm$ 4.33 ^a	283.8 $\pm$ 4.01 ^b	304.8 $\pm$ 5.02 ^a
Peso ave semana 3 (g)	507.9 $\pm$ 7.99 ^b	559.1 $\pm$ 7.27 ^a	528.8 $\pm$ 6.48 ^b	561.8 $\pm$ 8.82 ^a
Consumo de alimento individual semana 1 (g)	81.1 $\pm$ 0.09 ^b	80.2 $\pm$ 0.1 ^c	77.4 $\pm$ 0.19 ^d	90.4 $\pm$ 0.24 ^a
Consumo de alimento individual semana 2 (g)	248.8 $\pm$ 0.89 ^c	263.6 $\pm$ 0.37 ^a	234.4 $\pm$ 0.25 ^d	258.6 $\pm$ 1.79 ^b
Consumo de alimento individual semana 3 (g)	400.9 $\pm$ 2.24 ^b	437.8 $\pm$ 1.06 ^a	386.8 $\pm$ 3.27 ^c	436.5 $\pm$ 1.36 ^a
Consumo de alimento iniciación (g)	695.4 $\pm$ 0.32 ^b	733.6 $\pm$ 0.15 ^a	690.3 $\pm$ 0.46 ^c	773.2 $\pm$ 0.19 ^a
Ganancia de peso individual semana 1 (g)	75.5 $\pm$ 1.51 ^b	83.5 $\pm$ 1.56 ^{ab}	75.8 $\pm$ 1.55 ^b	89.0 $\pm$ 2.07 ^a
Ganancia de peso individual semana 2 (g)	158.3 $\pm$ 4.25 ^b	185.8 $\pm$ 4.38 ^a	162.6 $\pm$ 4.35 ^b	173.3 $\pm$ 4.81 ^b
Ganancia de peso individual semana 3 (g)	232.5 $\pm$ 8.49 ^b	246.9 $\pm$ 8.21 ^{ab}	245.0 $\pm$ 7.46 ^{ab}	265.3 $\pm$ 9.17 ^a
Ganancia de peso individual iniciación (g)	462.6 $\pm$ 7.99 ^b	513.5 $\pm$ 7.23 ^a	482.7 $\pm$ 6.48 ^b	516.3 $\pm$ 8.8 ^a
Conversión alimenticia semana 1	1.1 $\pm$ 0.02 ^a	1.0 $\pm$ 0.02 ^b	1.0 $\pm$ 0.03 ^{ab}	1.0 $\pm$ 0.03 ^{ab}
Conversión alimenticia semana 2	1.7 $\pm$ 0.06 ^a	1.5 $\pm$ 0.04 ^b	1.5 $\pm$ 0.5 ^b	1.5 $\pm$ 0.04 ^{ab}
Conversión alimenticia semana 3	1.8 $\pm$ 0.06 ^b	1.9 $\pm$ 0.06 ^a	1.7 $\pm$ 0.06 ^b	1.7 $\pm$ 0.07 ^b
Conversión alimenticia individual iniciación	1.6 $\pm$ 9.04 ^a	1.5 $\pm$ 0.02 ^a	1.4 $\pm$ 0.1 ^b	1.6 $\pm$ 0.4 ^a
Eficiencia alimenticia semana 1	0.9 $\pm$ 0.01 ^a	1.0 $\pm$ 0.01 ^a	0.9 $\pm$ 0.02 ^b	0.9 $\pm$ 0.02 ^b
Eficiencia alimenticia semana 2	0.6 $\pm$ 0.01 ^{ab}	0.7 $\pm$ 0.01 ^a	0.6 $\pm$ 0.01 ^{ab}	0.5 $\pm$ 0.01 ^{ab}
Eficiencia alimenticia semana 3	0.5 $\pm$ 0.02 ^{ab}	0.5 $\pm$ 0.01 ^b	0.6 $\pm$ 0.01 ^a	0.6 $\pm$ 0.02 ^{ab}
Eficiencia alimenticia individual iniciación	0.6 $\pm$ 0.01 ^b	0.6 $\pm$ 0.009 ^b	0.6 $\pm$ 0.008 ^a	0.6 $\pm$ 0.01 ^b

Letras distintas en las filas indican diferencias estadísticas significativas (Duncan, 0.05). La media se incluye $\pm$ desviación estándar.



Según Zhang et al. (2022), evaluaron cinco dietas experimentales en pollos Ross 308 donde obtuvieron conversión alimenticia de 1.3 y 1.4, a diferencia de los datos obtenidos en este trabajo se pudo apreciar que obtuvieron una conversión similar al tratamiento C (1.4).

CONCLUSIONES

La dieta experimental C con 20 % de proteína cruda, 3000 kcal proporcionó un mejor desempeño productivo y económico para pollos de engorda Ross 308 en etapa de iniciación.

AGRADECIMIENTOS

Al Ing. Alejandro Miguel Aragón Calvo gerente general de la empresa SEPROAX S.A. DE C.V. por las instalaciones, la planta de alimento y el apoyo brindado, así como a mis asesores quienes me brindaron de su apoyo y conocimiento para poder llevar a cabo este proyecto.

REFERENCIAS

- Dalle Z. A., Singh, Y., Zsedely, E., Contiero, B., Palumbo, B. & Cullere, M. (2024). Dietary inclusion of defatted silkworm (*Bombyx mori* L.) pupa meal in broiler chickens: phase feeding effects on nutritional and sensory meat quality. *Poultry Science*, 103(7), 103812. <https://doi.org/10.1016/J.PSJ.2024.103812>
- Kou, X., Yang, Y., Xue, H., Wang, L. & Li, L. (2024). Revealing in vivo broiler chicken growth state: Integrating CT imaging and deep learning for non-invasive reproductive phenotypic measurement. *Computers and Electronics in Agriculture*, 227, 109477. <https://doi.org/10.1016/J.COMPAG.2024.109477>
- Martínez, Y. & Valdiviá, M. (2021). Efficiency of Ross 308 broilers under different nutritional requirements. *Journal of Applied Poultry Research*, 30(2), 100140. <https://doi.org/10.1016/J.JAPR.2021.100140>
- Oluwabiyi, C. T. & Song, Z. (2024). Branched-chain amino acids supplementation in low-protein broiler diets: A review. *Animal Feed Science and Technology*, 318, 116114. <https://doi.org/10.1016/J.ANIFEEDSCI.2024.116114>
- Šťastník, O., Novotný, J., Roztočilová, A., Zálešáková, D., Řiháček, M., Horáková, L., Pluháčková, H., Pavlata, L. & Mrkvicová, E. (2022). Caraway (*Carum carvi* L.) in fast-growing and slow-growing broiler chickens' diets and its effect on performance, digestive tract morphology and blood biochemical profile. *Poultry Science*, 101(9), e101980. <https://doi.org/10.1016/J.PSJ.2022.101980>
- Suliman, G. M., Al-Owaimer, A. N., Swelum, A. A., Alhotan, R., Qaid, M. M., Azzam, M. M. & Hussein, E. O. S. (2023). Does slaughter age affect amino acids and fatty acids profiles and health and nutritional values of male and female ROSS 308 broiler chicken breast muscle. *Poultry Science*, 102(11), e103085. <https://doi.org/10.1016/J.PSJ.2023.103085>
- Zhang, A. R., Wei, M., Yan, L., Zhou, G. L., Li, Y., Wang, H. M., Yang, Y. Y., Yin, W., Guo, J. Q., Cai, X. H., Li, J. X., Zhou, H. & Liang, Y. X. (2022). Effects of feeding solid-state fermented wheat bran on growth performance and nutrient digestibility in broiler chickens. *Poultry Science*, 101(1), e101402. <https://doi.org/10.1016/J.PSJ.2021.101402>



ESTIMACIÓN DE LA INFLUENCIA DE LA TOPOGRAFÍA SOBRE LA DISTRIBUCIÓN VEGETAL EN EL ÁREA NATURAL PROTEGIDA SIERRA FRÍA, AGUASCALIENTES

ASSESSMENT OF TOPOGRAPHY INFLUENCE OVER VEGETATION DISTRIBUTION IN SIERRA FRÍA NATURAL PROTECTED AREA, AGUASCALIENTES

Héctor René Becerril-Cejudo^{1§}, Víctor Manuel Rodríguez-Moreno², Mariana Vázquez-Mora¹

¹Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria y Ciencias del Mar, Aguascalientes. C. Mazatl km 0+620, Rincón de Romos, Aguascalientes. C.P. 20404. ²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Campo Experimental Pabellón. Pabellón de Arteaga, Aguascalientes. C.P. 20660. [§]Autor de correspondencia: (hector.becerril@dgetaycm.sems.gob.mx).

RESUMEN

La fragmentación del ecosistema es una amenaza dentro del Área Natural Protegida Sierra Fría (ANPSF), lo que aunado a las características topográficas pueden crear condiciones microclimáticas que propicien escenarios de degradación. El objetivo de este estudio fue medir, dentro de un cuadrante del ANPSF, la relación entre el nivel de respuesta vegetal observado a través de datos multiespectrales contra tres variables topográficas: orientación del terreno, pendiente y altitud. Se utilizó un Modelo de Elevación Digital (MED) y una imagen de la plataforma Sentinel-2 y se utilizaron tres Índices Espectrales (IE): Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (IVDN), Índice Global de Humedad Vegetal (IGHV), y otro índice que para fines de esta investigación denominamos Índice de Vegetación y Humedad Escasos (IVHE). Se seleccionó al IVHE por su mejor ajuste al estimar la Fracción de Cobertura Vegetal Ajustada (FCVA); con el IVHE se hizo una clasificación no supervisada para categorizar cinco niveles de vigor vegetal (v1, v2, v3, v4 y v5). Mediante un análisis de regresión logística ordinal se observó, con $p < 0.01$, que la probabilidad de las clases relacionadas con una mayor respuesta en el IVHE (v4 y v5) aumenta con la altitud, la pendiente y principalmente en superficies con orientación norte.

Palabras clave: fracción de cobertura vegetal ajustada, índice de vegetación y humedad escasos, regresión logística ordinal, Sierra Fría, variables topográficas.

ABSTRACT

Ecosystem fragmentation poses a threat in the Sierra Fría Natural Protected Area (SFNPA), where the topographic features can create microclimatic conditions that lead to degradation. This study aimed to assess the relationship between vegetation response, as measured by multispectral data, and three topographic variables: terrain aspect, slope, and altitude, within a specific quadrant of the SFNPA. A Digital Elevation Model (DEM) and a Sentinel-2 image were utilized in the analysis. Three Spectral Indices (SIs) were examined, including the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), the Global Vegetation Moisture Index (GVMI), and a third index designated for this study as the Bare Vegetation and Moisture Index (BVMI). The BVMI was selected due to its superior ability to estimate Adjusted Fractional Vegetation Cover (AFVC) and was subsequently used for unsupervised classification to create five vegetation classes (v1, v2, v3, v4, and v5). An ordinal logistic regression analysis revealed, with $p < 0.01$, that the likelihood of high-response classes in the BVMI (v4 and v5) increased with altitude, slope, and primarily on northern aspect.

Index words: adjusted fractional vegetation cover, bare vegetation and moisture index, ordinal logistic regression, Sierra Fría, topographic variables.



INTRODUCCIÓN

La fragmentación del bosque puede modificar las condiciones de luminosidad, viento, temperatura y humedad al interior de la masa forestal, y de acuerdo con las condiciones topográficas del terreno pueden originarse diferentes combinaciones microclimáticas que influyen sobre la regeneración, el desarrollo y la sobrevivencia de las especies vegetales presentes (von Arx et al., 2013; Gómez, 2004; Promis et al., 2010; Chen et al., 1999). Una de las principales amenazas identificadas para los objetivos de conservación del Área Natural Protegida Sierra Fría (ANPSF) es la fragmentación del ecosistema (Sosa-Ramírez et al., 2014), y se ha observado que existe una relación entre algunas variables como la exposición del terreno y la pendiente, que influyen en la distribución de la vegetación (Sosa-Ramírez et al., 2011).

Actualmente, llevar a cabo el monitoreo de grandes extensiones del espacio geográfico es una tarea sencilla gracias al uso de datos remotos y técnicas que van desde la fotointerpretación hasta procedimientos algebraicos más complejos, lo que ha permitido dar seguimiento a fenómenos como la expansión urbana y agrícola, la incidencia de plagas y enfermedades, la tasa de deforestación y la de desertificación, entre otros. El presente trabajo plantea medir, dentro de un cuadrante del ANPSF, la relación entre las variables topográficas y la respuesta biofísica de la vegetación observada a través de datos multiespectrales registrados por la plataforma satelital Sentinel-2.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio se extiende desde los 102°31'56" a los 102°37'44" de longitud oeste, y desde los 22°07'54" a los 22°14'10" de latitud

norte, con una superficie de 11,525 ha dentro de los límites del ANPSF y con un rango altitudinal que va de los 2,350 a los 2,950 m. El clima es semiseco en las partes más bajas y templado subhúmedo en las zonas altas. Las topoformas en la zona son Meseta Típica, Sierra Baja y Sierra Alta con Mesetas, Lomerío con Cañadas y Lomerío con Llanuras (Lozano-Román, 2010). De acuerdo con Sosa-Ramírez et al. (2015), la vegetación del ANPSF la representan principalmente bosques de encino (*Quercus eduardii* Trel. y *Q. sideroxyla*) asociados a pinos (*Pinus* spp.), mientras que en mesetas y laderas predominan especies como táscale (*Juniperus deppeana*), madroño (*Arbutus xalapensis* y *A. glandulosa*) y manzanita (*Arctostaphylos pungens*); se presentan además pastizales y otras especies de encino distribuidas en el chaparral como es el caso de *Q. potosina* y *Q. rugosa*.

Se utilizó el Modelo de Elevación Digital (MED) (INEGI, s.f.) y una escena del sensor Multi Spectral Instrument (MSILIC) de la plataforma Sentinel-2 con fecha de registro 2023-03-13, con una banda de resolución espacial de 20 m (banda 11 con longitud de onda de 1,613.7 nm) y cuatro bandas con 10 metros de resolución espacial: banda 02 (con longitud de onda central de 492.7 nm), banda 03 (con longitud de onda central de 559.8 nm), banda 04 (con longitud de onda central de 664.6 nm) y banda 08 (con longitud de onda central de 832.2 nm) (European Space Agency, s.f.). Se utilizó también un dron Hubsan Zino Pro Plus con la finalidad de realizar un vuelo bajo para el registro de imágenes en el espectro visible Rojo, Verde y Azul (RGB). El entorno para el manejo de los recursos geoinformáticos fue QGIS 3.28.11; R 4.1.2; tidyverse 1.3.1; raster 3.5-15; reshape2 1.4.4; rgdal 1.5-28; MASS 7.3-55; descr_1.1.7; ENVI 4.5.

$$IVDN = (n - r) (n + r)^{-1} \quad (I)$$

$$IGHV = [(n+0.1)-(s+0.01)] [(n+0.1)+(s+0.01)]^{-1} \quad (II)$$



$$IVHE = [(n + b + 0.2) - (s + r + 0.01)] [(n + b + 0.2) + ((s + r + 0.01)(1.428))]^{-1} \quad (III)$$

Donde: b = banda 02, r = banda 04, n = banda 08, s = banda 11.

El preprocesamiento de la imagen Sentinel-2 consistió en una corrección atmosférica y una corrección topográfica. La corrección atmosférica se hizo por el método Dark Object Subtraction (DOS) (Wang et al., 2019; Wicaksono y Hafizt, 2018). Posteriormente se hizo un recorte de la escena sobre un polígono que se extiende desde los 742,340 y los 2,452,430 metros; y hasta los 753,200 y los 2,463,050 metros en la zona 13N de la proyección UTM con Datum WGS84. Por otro lado, la corrección C (Richter et al., 2009) es uno de los métodos de corrección topográfica típicamente usados para reducir el efecto de sombra que se presenta en superficies accidentadas. Se realizó la corrección C usando los datos del MED y la función Lightning Terrain incluida en el módulo SAGA de QGIS, y donde se ingresaron los datos de ángulo solar de la imagen y ajustando el número de píxeles de entrenamiento para cada banda: 21 píxeles para la banda 02; 26 píxeles para las bandas 03 y 04; 225 píxeles para la banda 08 y 25 píxeles para la banda 11. Después del preprocesamiento de imagen se generaron tres Índices de Espectrales (IE) utilizando la imagen Sentinel-2 corregida: el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (IVDN); el Índice Global de Humedad Vegetal (IGHV) (Sentinelhub, s.f.; Ceccato et al., 2002; Zhu et al., 2024) y otro índice que para fines de este estudio se denominó Índice de Vegetación y Humedad Escasos (IVHE).

Se hizo un filtrado de píxeles para remover aquellos donde el IVDN es menor o igual a cero, buscando así evitar incorporar datos que corresponden a cuerpos de agua presentes en la zona. Posteriormente, para seleccionar el mejor IE se compararon estos contra una medición que para

fines de este trabajo se denominó como Fracción de Cobertura Vegetal Ajustada (FCVA), la cual proponemos se defina como la relación entre el área de vegetación arbórea proyectada verticalmente, descompuesta en cobertura verde y seca, y la extensión de superficie total. Se construyeron modelos de regresión lineal para encontrar la mejor estimación de la FCVA a partir de los valores de cada IE. Para esto se utilizó un dron Hubsan Zino Pro-Plus, con el que se registraron imágenes RGB desde una altura de 450 m con respecto al punto de despegue con coordenadas 22.2111° de latitud norte y 102.5547° de longitud oeste. La fecha de vuelo fue 2021-05-22 a las 12:47 pm.

Con estas imágenes se construyó un mosaico que fue georreferenciado sobre una escena de Google Earth con 38 puntos de control y una resolución de píxel de 0.14 m, la superficie cubierta por el mosaico fue de 395,163 m². Los datos RGB del mosaico se transformaron en Componentes Principales (CP), obteniendo tres imágenes no correlacionadas que se clasificaron utilizando el algoritmo Kmeans con 50 iteraciones de donde se obtuvieron 11 clases iniciales para la identificación de zonas sin cobertura arbórea y zonas con cobertura arbórea seca. Paralelamente, sobre los datos RGB del mosaico, se clasificó la vegetación verde utilizando un Índice de Saturación de Verdor (ISV) a partir de la siguiente expresión:

$$ISV = (\text{red} - \text{green}) (\text{red} + \text{green} + 1)^{-1} \quad (IV)$$

Donde: green = banda G de la imagen RGB del mosaico, red = banda R de la imagen RGB del mosaico.

Posteriormente, por fotointerpretación del mosaico se digitalizaron las distintas Clases hasta



obtener tres Clases finales: 1) área sin cobertura arbórea, 2) área con cobertura arbórea sin verdor y 3) área con cobertura arbórea verde. Sobre el mosaico se generó una malla con cuadrantes de 30 x 30 m seleccionando aleatoriamente 218 cuadrantes en los que se calculó la *FCVA* usando la siguiente expresión:

$$FCVA_i = \frac{[(c_i + v_i) a^{-1}] + [(v_i) a^{-1}]}{[(c_i) a^{-1}] + 2} \cdot \frac{1}{V}$$

Donde: *FCVA_i* = Fracción de Cobertura Vegetal Ajustada en el cuadrante *i*, *c_i* = área con cobertura arbórea sin verdor en el cuadrante *i*, *v_i* = área con cobertura arbórea verde en el cuadrante *i*, *a* = área total del cuadrante.

Los datos para los modelos de regresión simple se obtuvieron de los cuadrantes de muestreo, dentro de los que se calcularon, por cuadrante, los valores promedio de cada *IE* y el valor de la *FCVA*; se seleccionó aquel *IE* que presentó el mejor ajuste con la *FCVA* por el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios (*MCO*); una vez seleccionado el *IE*, sobre éste se realizó una clasificación con el algoritmo Kmeans definiendo cinco clases: *v1*, *v2*, *v3*, *v4* y *v5*, las cuales expresan niveles de verdor vegetal, o en su caso, de vigor vegetal (verdor + humedad) en función de la respuesta observada en las bandas 8 y 11 de la imagen Sentinel-2. Posteriormente se construyó un raster de 14.85 m de resolución por pixel y con 4 capas de datos: orientación del terreno (*ASP*), porcentaje de pendiente (*SLP*), altitud (*ALT*) y clases de vegetación (Clase). La variable *ASP* se categorizó a su vez en cuatro clases: N (norte), S (sur), E (este), W (oeste) en intervalos de 90° partiendo de los 45° de azimut.

Se estimó la probabilidad de las clases de vegetación mediante un modelo de regresión logística ordinal con función logit acumulativa

(Agresti, 2010), siendo la variable respuesta la clase de vegetación y con las variables predictoras *SLP*, *ALT* y *ASP*. El modelo se hizo en R 4.1.2 (R Core Team, 2021) usando la función *polr* del paquete MASS (Venables y Ripley, 2002). La forma del modelo es la siguiente:

$$\Pr(Y_i \leq y_j | X_i) = 1 / (1 + \exp(-\alpha_j + \beta'_j X_i)) \quad (VI)$$

Donde: *Y*: es una variable respuesta con *i* observaciones con *j* categorías ordenadas, *X*: es un conjunto de variables predictoras con *i* observaciones, α y β' : son parámetros de un predictor lineal a ser estimados por el modelo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La mejor estimación lineal de la *FCVA* se obtuvo con el *IVHE* ($R^2 = 0.43$, $\square_0 = 0.17$, $\square_1 = 1.72$, E.E.Residual = 0.080, $p < 0.01$), observándose un efecto significativo en la proporción de varianza explicada por el modelo. En el modelo con el *IVDN* mostró $R^2 = 0.31$ y en el modelo con el *IGHV* se obtuvo $R^2 = 0.27$. En la **Tabla 1** se muestra el conteo de pixeles para cada clase de vegetación, generados en la clasificación del *IVHE*, y para cada categoría de orientación del terreno (*ASP*), así como también se muestra la media de las variables *SLP*, *ALT* y del *IVHE* para cada categoría.

Los coeficientes del modelo de regresión ordinal fueron significativos ($p < 0.01$) y con los siguientes valores exponenciales: 1.006 para el coeficiente *ALT*; 1.035 para el coeficiente *SLP*; 1.362 para el coeficiente *ASP-N*; 0.800 para el coeficiente *ASP-S* y 0.771 para el coeficiente *ASP-W*. La **Tabla 2** muestra la probabilidad esperada para cada clase de vegetación en distintos niveles de las variables topográficas.



Tabla I. Conteo de pixeles y valores *promedio* de SLP, ALT y del *IVHE* para cada Clase de vegetación y orientación del terreno.

<i>ASP/Clase</i>	<i>v1</i>	<i>v2</i>	<i>v3</i>	<i>v4</i>	<i>v5</i>	<i>SLP</i>	<i>ALT</i>	<i>IVHE</i>
E	27,959	48,303	50,911	36,807	16,226	19.7	2,608	0.084
N	8,679	18,225	22,272	21,115	12,530	28.5	2,591	0.095
S	26,604	43,974	41,171	28,281	11,459	21.3	2,605	0.080
W	10,815	33,093	31,568	21,144	7,486	27.6	2,612	0.085
SLP	12.89	19.65	24.76	29.61	30.65			
ALT	2,559	2,589	2,606	2,643	2,638			
IVHE	0.025	0.059	0.088	0.121	0.160			

ASP = orientación del terreno, E = orientación este, N = orientación norte, S = orientación sur, W = orientación oeste, SLP = pendiente (%), ALT = altitud, IVHE = Índice de Vegetación y Humedad Escasos.

Tabla 2. Probabilidad estimada para cada clase de vegetación de acuerdo al promedio de la pendiente (*SLP*) observada en cada orientación del terreno (*ASP*) y para tres niveles de altitud (*ALT*).

<i>ALT</i>	<i>ASP</i>	<i>SLP</i>	<i>v1</i>	<i>v2</i>	<i>v3</i>	<i>v4</i>	<i>v5</i>
2,400	E	19.74	0.3391	0.3680	0.1918	0.0783	0.0226
2,400	N	28.55	0.2305	0.3428	0.2502	0.1322	0.0439
2,400	S	21.32	0.3870	0.3568	0.1741	0.0700	0.0201
2,400	W	27.64	0.3417	0.3577	0.1934	0.0826	0.0244
2,600	E	19.74	0.1376	0.2997	0.3022	0.1904	0.0698
2,600	N	28.55	0.0862	0.2242	0.3003	0.2622	0.1269
2,600	S	21.32	0.1617	0.3164	0.2873	0.1721	0.0623
2,600	W	27.64	0.1421	0.2950	0.2944	0.1937	0.0746
2,900	E	19.74	0.0259	0.0934	0.2212	0.3641	0.2951
2,900	N	28.55	0.0155	0.0586	0.1574	0.3389	0.4293
2,900	S	21.32	0.0315	0.1095	0.2392	0.3530	0.2666
2,900	W	27.64	0.0273	0.0963	0.2194	0.3539	0.3029

E = orientación este, N = orientación norte, S = orientación sur, W = orientación oeste.



Para una altitud de 2,400 m y en sitios con poca pendiente, la probabilidad es mayor para las clases v1 y v2, decreciendo conforme aumenta la pendiente; la probabilidad de v3 crece con la pendiente, y disminuye a partir de los valores más altos de la misma; la probabilidad de v4 crece con la pendiente, mientras que v5 presenta probabilidades muy bajas, aunque crecen ligeramente en pendientes altas. En los 2,600 msnm la probabilidad de v1 se reduce notablemente; la probabilidad de v4 y v5 aumentó hacia valores altos de la pendiente; en los 2,900 msnm la probabilidad de v1 es casi nula, y se reduce también para las clases v2 y v3 y la probabilidad de v4 crece con la pendiente y decrece al alcanzar los valores más altos de la misma, donde aumenta la probabilidad para la Clase v5 y ligeramente más en orientación norte. En la **Figura I** se muestran las curvas de probabilidad con las tendencias aquí descritas.

Los sitios favorables para el establecimiento de masas arbóreas pueden propiciar mejores condiciones microclimáticas bajo la presencia de copas que interceptan la radiación solar y la lluvia (Pérez-Suárez, 2009). En las zonas menos favorables pueden presentarse sitios con poca sombra y humedad, que impiden la germinación de semillas (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, s.f.). Los resultados muestran una relación significativa entre la topografía y la distribución de las diferentes Clases de vegetación del área de estudio. Esto coincide con Martínez-Calderón et al. (2016) quienes mencionan que las características topográficas pueden influir en la distribución de comunidades vegetales. Las clases asociadas con una menor respuesta en el *IVHE* (v1 y v2) presentaron mayores probabilidades en altitudes bajas de poca pendiente, donde además hay una importante actividad de pastoreo, salvo en algunas laderas y cañadas; v3 presentó mayores probabilidades en altitudes bajas y medias, mientras que las clases relacionadas con mayor respuesta en el *IVHE* (v4 y v5) presentaron mayores probabilidades en zonas

de mayor altitud y pendiente y con orientación Norte, lo que coincide con Sosa-Ramírez et al. (2015) y Ramírez-Contreras y Rodríguez-Trejo (2004), quienes señalan que los sitios con mayor humedad y arbolado se localizan mayormente en orientación norte.

CONCLUSIONES

Las variables topográficas altitud, pendiente y orientación del terreno representan factores que influyen significativamente sobre la distribución de los niveles de vigor vegetal dentro del *ANPSF*. Los sitios de ladera con mayor altitud y con orientación norte representan sitios más favorables para la presencia de mayor cobertura forestal vigorosa expresada a través de valores altos del *IVHE*. Por otro lado, para la estimación de la *FCVA* se observó un buen ajuste con el *IVHE*, el cual presentó mejor capacidad para clasificar niveles de vigor vegetal en las condiciones semiáridas de la zona de estudio. Por último, estos resultados pueden ser útiles para futuros estudios en el *ANPSF*, principalmente para el monitoreo de la vegetación, la sequía y la degradación de tierras, así como para la selección optimizada de sitios destinados a la implementación de acciones de conservación y restauración.

AGRADECIMIENTOS

El primer autor agradece a la Coordinación Sectorial de Fortalecimiento Académico (COSFAC) por el apoyo brindado para realizar esta investigación. Agradecemos a la Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria y Ciencias del Mar (DGETAyCM) así como al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias Campo Experimental Pabellón, Laboratorio Nacional de Modelaje y Sensores Remotos, en Aguascalientes.

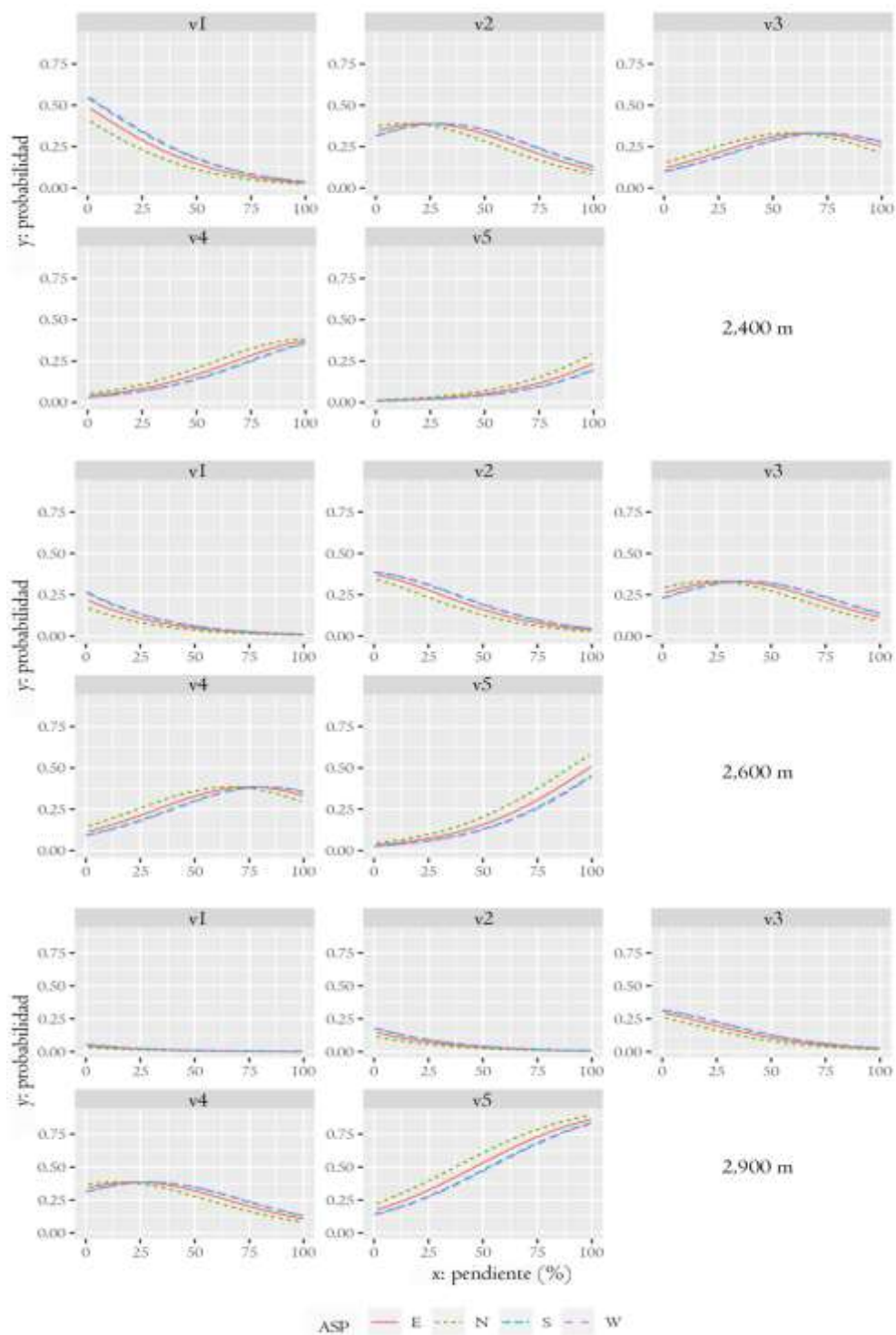


Figura I. Valor de probabilidad estimada (eje y) para cada clase de vegetación, haciendo variar el porcentaje de pendiente (eje x) para cada orientación del terreno (ASP) y a través de tres niveles de altitud.



REFERENCIAS

- Agresti, A. (2010). *Logistic regression models using cumulative logits*. En *Analysis of Ordinal Categorical Data*. Agresti, A. (Ed.). John Wiley & Sons, Inc., 44–87.
<https://doi.org/10.1002/9780470594001.ch3>
- Ceccato, P., Flasse, S. y Grégoire, J.M. (2002). Designing a spectral index to estimate vegetation water content from remote sensing data: Part 2. Validation and applications, *Remote Sensing of Environment*, 82(2–3), 198–207.
[https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(02\)00036-6](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(02)00036-6)
- Chen, J., Saunders, S.C., Crow, T.R., Naiman, R.J., Brosofske, K.D., Mroz, G.D., Brookshire, B.L. y Franklin, J. F. (1999). Microclimate in forest ecosystem and landscape ecology: variations in local climate can be used to monitor and compare the effects of different management regimes. *BioScience*, 49(4), 288–297.
<http://dx.doi.org/10.2307/1313612>
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). (s.f). *Quercus rugosa*.
http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/31-fagacI0m.pdf
- European Space Agency. (s.f). *Overview of Sentinel-2 Mission*. Recuperado el 15 de marzo de 2024 de <https://sentiwiki.copernicus.eu/web/s2-mission>
- Gómez, V. (2004). *Cubiertas forestales y respuesta microclimática*. Investigaciones agrarias. Fuera de serie: 84–100.
<http://revistas.inia.es/index.php/fs/article/view/857/854>
- INEGI. (s.f). *Continuo de Elevaciones Mexicano*. Recuperado el 05 de diciembre de 2023 de <https://www.inegi.org.mx/app/geo2/elevacionesmex/>
- Lozano-Román, L.F. (2010). *Programa para la conservación y manejo de un área silvestre estatal: Sierra Fría, Aguascalientes (México)*. Universidad Internacional de Andalucía. https://www.researchgate.net/publication/269708431_PROGRAMA_PARA_LA_CONSERVACION_Y_MANEJO_DE_UN_AREA_SILVESTRE_ESTATAL_SIERRA_FRIA_AGUASCALIENTES_MEXICO
- Martínez-Calderón, V.M., Siqueiros-Delgado, M.E. y Martínez-Ramírez, J. (2016). Especies del género *Quercus* (Fagaceae) presentes en el área natural protegida de Sierra Fría, Aguascalientes, México. *Investigación y Ciencia*, 25(71), 12–18.
- Motohka, T., Nasahara, K.N., Oguma, H. y Tsuchida, S. (2010). Applicability of Green-Red Vegetation Index for Remote Sensing of Vegetation Phenology. *Remote Sensing*, 2, 2369–2387.
<https://doi.org/10.3390/rs2102369>
- Pérez-Suárez, M. (2009). *Understanding the role of Pinus cembroides and Quercus potosina in water and nutrient dynamics in a semi arid forest ecosystem of central north-west Mexico applying the functional matrix approach*. Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica A.C.
- Promis, A., Caldentey, J. & Ibarra, M. (2010). Microclima en el interior de un bosque de *Nothofagus pumilio* y el efecto de una corta de regeneración. *Bosque* 31(2), 129–139.
<https://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002010000200006>
- R Core Team (2021). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>
- Ramírez-Contreras, A. y Rodríguez-Trejo, D.A. (2004). Efecto de calidad de planta, exposición y micrositio en una plantación de *Quercus*



- rugosa*. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 10, 5-11.
- Richter, R., Kellenberger, T. y Kaufmann, H. (2009). Comparison of Topographic Correction Methods. *Remote Sensing*, 1(3), 184-196.
<https://doi.org/10.3390/rs1030184>
- Sentinelhub. (s.f.). *Sentinel-2 RS indices*. Recuperado el 20 de abril de 2023 de <https://custom-scripts.sentinel-hub.com/custom-scripts/sentinel-2/indexdb/>
- Sosa-Ramírez, J., Moreno-Rico, O., Sánchez-Martínez, G., Siqueiros-Delgado, M.E. y Díaz-Núñez, V. (2011). Ecología y fitosanidad de los encinos (*Quercus* spp.) en la Sierra Fría, Aguascalientes, México. *Madera y bosques*, 17(3), 49-63.
<https://doi.org/10.21829/myb.2011.1731142>
- Sosa-Ramírez, J., Solís-Cámara, A.B., Jiménez-Sierra, C.L., Íñiguez-Dávalos, L.I. y Ortega-Rubio, A. (2014). Manejo del Área natural protegida Sierra Fría, Aguascalientes: situación actual y desafíos. *Investigación y Ciencia*, 60, 71-77.
- Sosa-Ramírez, J., Breceda-Solís Cámara, A.M., Jiménez-Sierra, C.L., Íñiguez-Dávalos, L.I. y Ortega-Rubio, A. (2015). *Los ecosistemas de la Sierra Fría en Aguascalientes y su conservación*. En A. Ortega. (Ed). *Las Áreas Naturales Protegidas y la Investigación Científica en México*. (pp. 447- 472). Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S. C., La Paz B. C. S., Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, Yucatán y Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, México. 572 pp.
- <http://cibnor.repositorioinstitucional.mx/jsp/ui/handle/1001/1129>
- Venables, W. N. y Ripley, B. D. (2002). *Modern Applied Statistics with S*. Fourth Edition. Springer, New York.
<https://doi.org/10.1007/978-0-387-21706-2>
- Von Arx, G., Graf, E., Thimonier, A. y Rebetz, M. (2013). Microclimate in forest varying leaf area index and soil moisture: potential implications for seedling establishment in a changing climate. *Journal of Ecology*, 101(5), 1201-1213. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.12121>
- Wang, Y., Wang, X., He, H. y Tian, G. (2019). *An Improved Dark Object Subtraction Method for Atmospheric Correction of Remote Sensing Images*. In: Wang, Y., Huang, Q., Peng, Y. (eds) *Image and Graphics Technologies and Applications. IGTA 2019. Communications in Computer and Information Science*, vol 1043. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-13-9917-6_41
- Wicaksono P. & Hafizt, M. (2018). Dark target effectiveness for dark-object subtraction atmospheric correction method on mangrove above-ground carbon stock mapping. *IET Image Processing*, 12(4).
<https://doi.org/10.1049/iet-ipr.2017.0295>
- Zhu X., Li Q. and Guo G. (2024). Evaluation of the monitoring capability of various vegetation indices and mainstream satellite band settings for grassland drought. *Ecological Informatics*, 82(1), 102717.
<https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2024.102717>



INFLUENCIA DE FACTORES DE SITIO Y MANEJO EN EL CARBONO ACUMULADO EN EL DESFRONDE ESTACIONAL

INFLUENCE OF SITE AND MANAGEMENT FACTORS ON THE CARBON ACCUMULATED IN SEASONAL LITTERFALL

Ashmir Ambrosio-Lazo^{1§}, Gerardo Rodríguez-Ortiz², Wenceslao Santiago-García³, Iván José Aguilar-Pinacho¹, Marcos Emilio Rodríguez-Vásquez², Salvador Lozano-Trejo²

^{1,2}Estudiante, investigador, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, División de Estudios de Posgrado e Investigación, Ex Hacienda de Nazareno, C.P. 71233, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, México. ³Universidad de la Sierra Juárez, Instituto de Estudios Ambientales, Cam. a la Universidad, C. P. 68725, Ixtlán de Juárez, Oaxaca, México. [§]Autor de correspondencia: (ashmir26@gmail.com).

RESUMEN

La acumulación del carbono (C) en el piso forestal del bosque depende de muchos factores como la cobertura vegetal, suelo, agua, manejo y factores de sitio. Determinar la relación de estos con el desfronde estacional es importante para entender mejor la dinámica del C. El objetivo de este estudio fue evaluar la influencia de las variables de sitio y de tratamientos silvícola (TS), sobre el carbono acumulado en el desfronde estacional en el bosque de pino encino de San Juan Lachao, Oaxaca. En 2022 se establecieron de forma selectiva 12 sitios (UM) en cuatro tratamientos, tres tratamientos silvícolas: 1er aclareo (IA), aclareo libre (AL), corta de regeneración (CR); y un área sin manejo (ASM). Se realizó inventario arbóreo, se obtuvieron factores de sitio, y se establecieron trampas de captura de desfronde estacional, para determinar su contenido de C. Se realizaron pruebas de bondad de ajuste de los contenidos de C en relación a las variables de sitio, con estacionalidad y TS. El C de desfronde es dependiente ($p \leq 0.01$) de factores como la densidad arbórea, área de copa de los árboles,

pendiente, altitud y exposición; la variación y frecuencia relativa del C en cada TS, depende de estos factores; y estudiarlos es importante para determinar las tasas de incorporación al piso y suelo forestal.

Palabras clave: densidad arbórea, piso forestal, San Juan Lachao, tratamientos silvícolas.

ABSTRACT

The accumulation of carbon (C) in the forest floor depends on many factors such as vegetation cover, soil, water, management and site factors; Determining the relationship between these and seasonal litterfall is important to better understand the dynamics of C. The objective of this study was to evaluate the influence of site variables and silvicultural treatments (TS) on the carbon accumulated in seasonal clearing in the pine oak forest of San Juan Lachao, Oaxaca. In 2022, 12 sites (UM) were selectively established in four treatments, three silvicultural treatments: 1st thinning (IA), free thinning (AL), regeneration cutting (CR); and a non-managed area (ASM). A tree inventory was carried out, site factors were



obtained, and seasonal litterfall capture traps were established to determine their C content. Goodness-of-fit tests of C contents were carried out in relation to site variables, with seasonality, and TS. The C of litterfall is dependent ($p \leq 0.01$) on factors such as tree density, tree crown area, slope, altitude and exposure; The variation and relative frequency of C in each TS depends on these factors; and studying them is important to determine the rates of incorporation into the forest floor and soil.

Index words: Tree density, forest floor, San Juan Lachao, silvicultural treatments.

INTRODUCCIÓN

La acumulación del carbono (C) y su variación en los bosques depende de muchos factores como la cobertura vegetal, suelo, agua, manejo y factores de sitio como la pendiente, altitud, densidad y composición de especies vegetales (Anaya et al., 2016; Madrigal-Reyes et al., 2019). Factores(); aunque poco se ha estudiado sobre la influencia de este tipo de factores sobre el C que se acumula en el material vegetal que se reincorpora al piso forestal (desfronde).

El desfronde del arbolado constituye la principal entrada de materia orgánica al suelo. La cantidad de desfronde, su descomposición y retorno de nutrientes al suelo, es de suma importancia ya que de esto depende la fertilidad del suelo y la calidad del sitio (González-Rodríguez et al., 2018; Bueis et al., 2017). Es de suma importancia conocer las tasas de desfronde y su descomposición en función de la densidad arbórea, ya que esto garantiza información viable para un manejo óptimo y sostenible (Lado-Monserrat et al., 2015). Por otro lado, la producción de desfronde disminuye a medida que se reduce el área basimétrica de las masas (Navarro et al., 2013).

La información sobre la influencia de los tratamientos silvícolas (TS) en los procesos de ciclado de nutrientes es aún limitado; al aplicar diversos TS a diferentes intensidades de corta sobre la cobertura vegetal, provoca una variación en el desfronde (Moura et al., 2016; Amorim et al., 2014); aunque para poder comprender mejor esta variación es importante realizar evaluaciones temporales o estacionales (Aryal et al., 2015); ya que la hojarasca en etapas tempranas de regeneración es más afectada por las variación climática, que la vegetación madura (Moura et al., 2016). El objetivo de este estudio fue evaluar la influencia de las variables de sitio y de tratamientos silvícolas, sobre el C acumulado en el desfronde estacional en el bosque de pino encino de San Juan Lachao, Oaxaca.

MATERIALES Y MÉTODOS

Establecimiento de los sitios de muestreo

El presente estudio se realizó en el bosque comunal de pino-encino bajo manejo de 3201 ha de San Juan Lachao, Juquila, Oaxaca, México, con coordenadas: 16° 12' 51.1" LN y 97° 06' 36.8" LO, con variaciones de altitud entre 900 m y 2600 m (**Figura 1**). En el año 2022 se establecieron 12 sitios circulares (UE) de 400 m² de manera dirigida, en rodales aprovechados durante el periodo 2013-2014, bajo la metodología usada por Chávez-Pascual et al. (2017). Se evaluaron cuatro tratamientos: aclareo libre (AL), el cual se basó en una corta del 20 % de manera deliberada; 1er aclareo (IA) con cortas de 25 % sobre árboles dañados y suprimidos; corta de regeneración bajo el método de árboles padres (CR) con cortas de 75 %; y área sin manejo (ASM). En todos los tratamientos se establecieron tres UE, los cuales contaban con valores similares de altitud y pendiente. Las UE se geoposicionaron con ayuda de GPS (Garmin eTrex 30, USA®) MAPS 6.

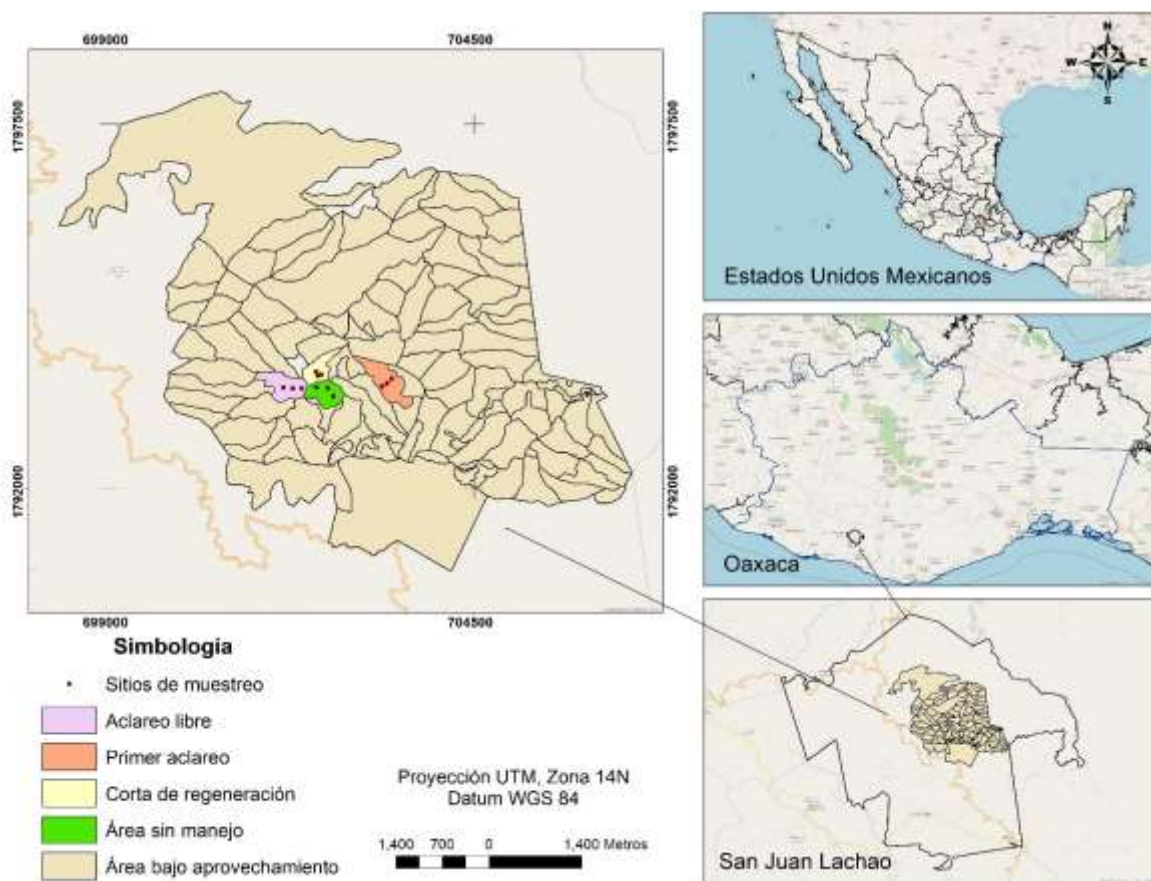


Figura I. Localización de sitios de muestreo en áreas bajo tratamiento silvícolas.

Inventario y muestreo

En cada *UE* se realizó inventario arbóreo para registrar: diámetro normal (*DN*, cm) con cinta diamétrica (Hartmann®, 283D), altura total (*AT*, m) con clinómetro (Haglöf®, EC II D-HSI15), y diámetro de copa (*DC*, m) con cinta métrica (Forestry Suppliers® 283d). También se registraron variables descriptivas del sitio: altitud (m), densidad (árboles ha⁻¹), exposición y pendiente (%).

Para evaluar la biomasa y C acumulado en el material vegetal que se incorpora al piso forestal, se realizó un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial de 4×4 (*Tratamientos* x estación del año). Se colocaron cuatro trampas de 0.413 m² en cada *UE*; las muestras se colectaron

y pesaron cada fin de estación con una báscula de precisión (Dhaus, CS 5000, 5000±2 g), para obtener su peso fresco (*PF*, g).

Análisis de muestras

Las muestras se trasladaron al laboratorio de Agroecosistemas del Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, para secarlas en estufa (Memmert®, 100-800) a 75°C, hasta alcanzar peso constante y determinar su peso seco (*PS*, g). Se estimó la biomasa de cada muestra utilizando un factor de conversión: $FC = PS/PF$.

Las muestras se molieron y mezclaron por separado y por tratamiento, hasta obtener una mezcla homogénea; posteriormente se obtuvo su % de C (*CC*), a través del contenido de materia



orgánica, bajo el método Walkey and Black basado en la NOM-021-RECNAT-2000 (SEMARNAT, 2000). El producto de la biomasa y CC generó los montos de C estacional ($t\ ha^{-1}$); se realizaron pruebas de independencia (χ^2 , 0.05) entre TS y factores de sitio sobre los montos de C incorporados al piso forestal por desfronde (estacional), usando el programa SAS (Statistical Analysis System) (Institute SAS, 2017).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el material vegetal que se incorpora al piso forestal (desfronde), el bosque de pino-encino de San Juan Lachao acumula en promedio anual $4.2\ t\ C\ ha^{-1}$, representando montos elevados a comparación de otros estudios (Hernández-Merino et al., 2023; Navarro et al., 2013). Los montos de C en desfronde están afectados ($p \leq 0.01$) por los TS aplicados, densidad y tamaño de copa arbóreo, así como por factores del sitio como pendiente, altitud y exposición. Las áreas con AL acumulan el 27.6 % de C en desfronde del área evaluada, siendo las únicas que presentan dos altitudes diferentes (≤ 1800 y > 1800). Por otro lado, en tratamientos con altitudes bajas, se concentra el 81.3 % de C de desfronde, entre los cuales el área con primer aclareo es la que acumula la mayor parte (27.1 %) (Tabla I).

En el bosque de San Juan Lachao se estimó una densidad promedio de $906\ árboles\ ha^{-1}$, donde las áreas con exposición SE , presentaron $1025\ árboles\ ha^{-1}$. Esto concuerda con Calleja-Peláez et al. (2024), quienes encontraron en un bosque de pino $810\ árboles\ ha^{-1}$, donde la exposición SE presentó $1040\ árboles\ ha^{-1}$. El factor predominante parece ser que en la exposición SE incide más radiación solar, que aumenta la temperatura del dosel y suelo disminuyendo la humedad, y causando un cambio en la dinámica de la caída de hojarasca (Lado-Monserrat et al., 2015)

Todos los rodales bajo TS acumulan en su baja densidad arbórea 70.8 % ($143.9\ t$) del C en desfronde, mientras que a densidades > 1000 árboles ha^{-1} sucede una menor acumulación de C en desfronde (Tabla I); esto puede deberse a que, en una densidad controlada, los árboles jóvenes están expuestos a condiciones climáticas directas (Moura et al., 2016). El área de copa es un factor muy importante para determinar la cantidad de desfronde estacional que incorpora un bosque al piso forestal, este varía de acuerdo a la especie, estacionalidad, densidad (competencia), así como a factores climáticos (Gómez-Guerrero et al., 2021; Pérez-Alavez et al., 2021). En este estudio, el área de copa intermedia ($30, 60\ m^2/árbol$] acumula el 72.3 % del C en desfronde (Tabla I); algo muy importante para determinar la caída de hojarasca es la interceptación de las precipitaciones en las copas de los árboles, observado mayormente en densidades medias (Bueis et al., 2017)

La exposición es un factor muy importante en cuanto a densidad y desfronde estacional, ya que de ésta depende el bloqueo o exposición a ciertos factores climáticos (Calleja-Peláez et al., 2024). Los rodales bajo estudio se caracterizan por acumular $175.2\ t\ C$ en desfronde (86.5 %) en exposiciones al sur (Tabla I). En las áreas con CR (con menos cobertura) la exposición es un factor contundente, ya que los factores climáticos influyen más directamente sobre la regeneración (Chávez-Pascual et al., 2017).

En relación con la pendiente, el área con AL fue la única que no presentó valores bajos ($\leq 20\%$), por lo tanto, no reflejó valores de acumulación de C en desfronde; a diferencia de esto, los demás tratamientos (IA , CR y ASM) en áreas con pendientes bajas presentaron el 38 % del C total acumulado (Tabla I). Los mayores montos de C en desfronde (70.6 %) se acumularon en áreas con pendientes medias (> 20 y ≤ 40] las cuales se encontraban en todos los tratamientos, esto podría deberse a que en áreas con pendientes medias y con



densidad óptima, los factores climáticos como el viento contribuyen a la mayor caída de hojarasca (Madrigal Reyes et al., 2019). Por otro lado, las áreas en que se aplicaron CR fueron las únicas que se encontraron en terrenos con pendientes altas (>40), y en donde se acumuló el 20.8 % de C en

desfronde (Tabla I), aunque el desfronde es mayormente debido a las condiciones climáticas, el suelo de estas áreas está propenso a degradarse, debido a su baja densidad arbórea (González-Rodríguez et al., 2018).

Tabla I. Carbono acumulado en el desfronde estacional en relación con los tratamientos silvícolas y las variables de sitio.

Variable	Tratamiento silvícola				Total
	Aclareo libre	Primer aclareo	Corta de regeneración	Área sin manejo	
Altitud (m)	GL = 6, $\chi^2 = 122.7^{**}$				
Baja (≤ 1800)	18.0 (8.9)	55.0 (27.1)	47.2 (23.2)	44.9 (22.1)	165.1 (81.3)
Alta (>1800)	38.0 (18.7)				38 (18.7)
Pendiente (%)	GL = 6, $\chi^2 = 101.3^{**}$				
Baja (≤ 20)		13.8 (6.8)	10.6 (5.2)	14.4 (7.1)	38.8 (19.1)
Media (>20 y ≤ 40)	56.7 (27.6)	41.2 (20.3)	15.7 (7.7)	30.5 (15.0)	144.1 (70.6)
Alta (>40)			20.8 (10.3)		20.8 (10.3)
Densidad $(^{-1})$	GL = 6, $\chi^2 = 179.0^{**}$				
Baja (≤ 1000)	20.5 (10.1)	31.3 (15.4)	47.2 (23.2)	44.9 (22.1)	143.9 (70.8)
Media (>1000 y ≤ 1500)	35.6 (17.5)				35.6 (17.5)
Alta (>1500)		23.7 (11.7)			23.7 (11.7)
Área de copa (m^2)	GL = 6, $\chi^2 = 140.6^{**}$				
Baja (≤ 30)	18.0 (8.9)		10.6 (5.2)		28.6 (14.1)
Media (>30 y ≤ 60)	38.0 (18.7)	55.0 (27.1)	36.5 (18.0)	17.2 (8.5)	146.7 (72.3)
Alta (>60)				27.8 (13.7)	27.8 (13.7)
Exposición	GL = 6, $\chi^2 = 207.4^{**}$				
Noreste				27.8 (13.7)	27.8 (13.7)
Sur	17.5 (8.6)	13.8 (6.8)	26.3 (13.0)		57.6 (28.4)
Sureste	38.5 (19.0)	17.4 (8.6)			55.9 (27.6)
Suroeste		23.7 (11.7)	20.8 (10.3)	17.2 (8.5)	61.7 (30.5)
Total	56 (27.6)	54.9 (27.0)	47.1 (23.2)	45 (22.2)	203 (100)

Prueba de bondad de ajuste (χ^2 , $\alpha = 0.05$). Los valores indican la frecuencia absoluta y (relativa, %) del carbono acumulado en el desfronde estacional (t C).



CONCLUSIONES

Los rodales bajo manejo forestal de San Juan Lachao incorporan anualmente 4.2 t C ha⁻¹ de desfronde al piso forestal, monto que puede variar por factores de manejo (tratamiento silvícola, densidad y tamaño de copas) y de sitio (altitud, pendiente y exposición). El área bajo estudio se caracteriza por acumular más del 70 % del carbono contenido en el desfronde en sitios con altitud mayor a 1800 m, pendientes entre 20 % y 40 % de exposición sur y densidad menor a 1000 árboles ha⁻¹. Conocer las tasas de incorporación de C al piso forestal es importante para determinar el tiempo que requieren estos rodales estudiados para recuperar su productividad.

REFERENCIAS

- Amorim, L. B., Salcedo, I. H., Pareyn, F. G. C., & Alvarez, I. A. (2014). Assessment of nutrient returns in a tropical dry forest after clear-cut without burning. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 100(3), 333–343. <https://doi.org/10.1007/s10705-014-9646-5>
- Anaya, C. A., Mendoza, M., Rivera, M., Páez, R., & Olivares Martínez, L. D. (2016). Contenido de carbono orgánico y retención de agua en suelos de un bosque de niebla en Michoacán, México. *Agrociencia*, 50, 251–269.
- Aryal, D. R., De Jong, B. H. J., Ochoa-Gaona, S., Mendoza-Vega, J., & Esparza-Olguin, L. (2015). Successional and seasonal variation in litterfall and associated nutrient transfer in semi-evergreen tropical forests of SE Mexico. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 103(1), 45–60. <https://doi.org/10.1007/s10705-015-9719-0>
- Bueis, T., Bravo, F., Pando, V., & Turrión, M. B. (2017). Influencia de la densidad del arbolado sobre el desfronde y su reciclado en pinares de repoblación del norte de España. *Bosque*, 38(2), 401–407. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002017000200017>
- Calleja-Peláez, B., López-López, B., Alanís-Rodríguez, E., Telles-Antonio, R., González-Tagle, M. A., & Cano-Abad, J. (2024). Tree structure in two exposures of a pine forest in Cochoapa El Grande, state of Guerrero. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 15(85), 48–69. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v15i85.1461>
- Chávez-Pascual, E. Y., Rodríguez-Ortiz, G., Enríquez-Del Valle, J. R., Velasco-Velasco, V. A., & Gómez-Cárdenas, M. (2017). Compartimentos de biomasa aérea en rodales de *Pinus oaxacana* bajo tratamientos silvícolas. *Madera Bosques*, 23(3), 147–161. <https://doi.org/10.21829/myb.2017.2331627>
- Gómez-Guerrero, A., Correa-Díaz, A., & Castruita-Esparza, L. U. (2021). Cambio climático y dinámica de los ecosistemas forestales. *Rev. Fitotec. Mex.*, 44(4), 673–682.
- González-Rodríguez, H., Ramírez-Lozano, R. G., Cantú-Silva, I., Gómez-Meza, M. V., Estrada-Castillón, E., & Arévalo, J. R. (2018). Deposition of litter and nutrients in leaves and twigs in different plant communities of northeastern Mexico. *Journal of Forestry Research*, 29(5), 1307–1314. <https://doi.org/10.1007/s11676-017-0553-x>
- Hernández-Merino, V., Manzanares-Miranda, N., Cantú-Silva, I., López-Hernández, J. M., & González-Rodríguez, H. (2023). Caída de hojarasca y depósito de nutrientes en tres ecosistemas forestales del noreste de México. *Ecucba*, 10(19), 97–104.
- Institute SAS. (2017). *Base SAS 9.4 procedures guide: statistical procedures*.
- Lado-Monserrat, L., Lidón, A., & Bautista, I. (2015). Litterfall, litter decomposition and associated nutrient fluxes in *Pinus halepensis*: influence of tree removal intensity in a Mediterranean forest. *European Journal of*



- Forest Research*, 134(5), 833–844.
<https://doi.org/10.1007/s10342-015-0893-z>
- Madrigal-Reyes, S., Cristóbal Acevedo, D., Hernández Acosta, E., & Romo Lozano, J. L. (2019). Influencia de la cobertura, pendiente y profundidad, sobre el carbono y nitrógeno del suelo. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 10(51), 201–223.
<https://doi.org/10.29298/rmcf.v10i51.113>
- Moura, P. M., Althoff, T. D., Oliveira, R. A., Souto, J. S., Souto, P. C., Menezes, R. S. C., & Sampaio, E. V. S. B. (2016). Carbon and nutrient fluxes through litterfall at four succession stages of Caatinga dry forest in Northeastern Brazil. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 105(1), 25–38.
<https://doi.org/10.1007/s10705-016-9771-4>
- Navarro, F. B., Romero-Freire, A., Del Castillo, T., Foronda, A., Jiménez, M. N., Ripoll, M. A., Sánchez-Miranda, A., Huntsinger, L., & Fernández-Ondoño, E. (2013). Effects of thinning on litterfall were found after years in a *Pinus halepensis* afforestation area at tree and stand levels. *Forest Ecology and Management*, 289(2), 354–362.
<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2012.09.026>
- NOM-021-R. (2000, September 30). *Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales*. <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Federal/wo69255.pdf>
- Pérez-Alavez, Y., Rodríguez-Ortiz, G., Santiago-García, W., Campos-Angeles, G. V., Enríquez-del Valle, J. R., & Martín, M. P. (2021). Effect of Thinning Intensity on Litterfall Biomass and Nutrient Deposition in a Naturally Regenerated *Pinus pseudostrobus* Lind. Forest in Oaxaca, Mexico. *Journal of Sustainable Forestry*, 42(1), 77–94.
<https://doi.org/10.1080/10549811.2021.1946410>



CINÉTICA DE IMBIBICIÓN EN SEMILLAS DE *Pinus greggii* DE DIFERENTES PROCEDENCIAS

IMBIBITION KINETICS IN *Pinus greggii* SEEDS FROM DIFFERENT PROVENANCES

Raúl Aarón Ramírez-García¹, Gisela Virginia Campos-Angeles^{2§}, Javier López-Upton³, Gerardo Rodríguez-Ortiz², José Cruz Carrillo-Rodríguez², Hermila Cruz-García²

^{1,2}Estudiante, investigador, Tecnológico Nacional de México, Campus Valle de Oaxaca (ITVO). División de Estudios de Posgrado e Investigación. Ex hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca, México. C.P. 71233.

³Colegio de Postgraduados, Postgrado en Ciencias Forestales. Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo. C. P. 56230. Texcoco, Estado de México, México. [§]Autor de correspondencia: (gisela.ca@voaxaca.tecnm.mx).

RESUMEN

Para evaluar el vigor y viabilidad en especies forestales, se realizan pruebas como la curva de imbibición. Por ello el objetivo de este trabajo fue analizar la cinética de imbibición de semillas de *Pinus greggii* de diferentes procedencias. El estudio se realizó en el Laboratorio de Ecofisiología Vegetal del Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca donde se utilizaron semillas de 17 procedencias. Las curvas de imbibición se realizaron registrando el aumento de peso de dos muestras de 30 semillas cada una. Se realizó el pesaje inicial para determinar el tiempo 0, posteriormente fueron colocadas en cajas Petri en agua destilada donde se monitoreó el peso cada 2 h hasta las 24 h. Se utilizó modelo de Weibull, el valor más bajo del parámetro β fue la procedencia Metepec ($\beta = 0.5466$) mientras que el valor más alto del parámetro α correspondió a la procedencia Cebada ($\alpha = 9.8199$) indicando una saturación tardía en la semilla. La procedencia Madroño obtuvo el mayor R^2 (0.9981), sugiere que el modelo describe de manera precisa la cinética de imbibición en esta procedencia. Los resultados resaltan la importancia de considerar las características de imbibición al seleccionar las semillas para la producción de plántulas.

Palabras clave: absorción de agua, modelo de Weibull, saturación.

ABSTRACT

Tests such as the imbibition curve are carried out to evaluate vigor and viability in forest species. Therefore, this work aimed to analyze the kinetics of imbibition of *Pinus greggii* seeds from different origins. The study was carried out in the Plant Ecophysiology Laboratory of the Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca where seeds from 17 provenances were used. The imbibition curves were carried out by recording the weight gain of two samples of 30 seeds each. The initial weighing was carried out to determine the time 0, then they were placed in Petri dishes in distilled water where the weight was monitored every 2 h until 24 h. The Weibull model was used, the lowest value of the parameter β was the Metepec provenance ($\beta = 0.5466$) while the highest value of the parameter α corresponded to the Barley provenance ($\alpha = 9.8199$) indicating a late saturation in the seed. The Madroño provenance obtained the highest R^2 (0.9981), suggesting that the model accurately describes the kinetics of imbibition in this provenance. The results highlight the importance of considering



imbibition characteristics when selecting seeds for seedling production.

INTRODUCCIÓN

Pinus greggii Engelm. ex Parl. es una especie endémica de México, que ocupa un nicho ecológico y económico fundamental (Alba-Landa et al., 2016; Martínez-Sifuentes et al., 2020). Se han identificado dos variedades: la región norte del área de distribución que abarca Coahuila y Nuevo León que se encuentra en elevaciones entre 2100 y 2600 m, donde la precipitación media anual es de 650 mm, sobre suelos neutros o ligeramente alcalinos está ocupada por la variedad *greggii*, mientras que la región sur que comprende San Luis Potosí, Querétaro, Hidalgo, Veracruz y Puebla, la especie se encuentra en altitudes de 1100 a 2400 m, con una precipitación media anual de 800 a 1600 mm sobre suelos predominantemente ácidos y está habitada por la variedad *australis*, ambas situadas aproximadamente a 300 km de distancia y caracterizadas por condiciones ambientales dispares (Donahue & López-Upton, 1999; Martínez et al., 2007). Esta especie muestra un notable potencial para prosperar en condiciones de escasez de humedad y nutrientes, estas propiedades lo convierten en una opción valiosa para iniciativas de reforestación destinadas a restaurar suelos degradados en diversas regiones de México, así como para proyectos de plantaciones comerciales en áreas marginales donde otras especies de pino tienen dificultades para establecerse (Burney et al., 2015; Ramírez-Herrera et al., 2005; Reyes-Esteves et al., 2022).

La imbibición es la absorción de agua por las semillas, impulsada por las diferencias de potencial hídrico entre la semilla y la solución circundante. El proceso se divide en tres etapas: (i) un aumento inicial de la absorción de agua; (ii) una fase de estabilización y movimiento de nutrientes; y (iii) la absorción de agua suele coincidir con el inicio de la germinación (Suárez & Melgarejo, 2010), representa un proceso físico y fisiológico esencial

Index words: water absorption, Weibull model, saturation.

en el que inicia una serie de reacciones bioquímicas cruciales para preparar la semilla para la germinación, este proceso activa el metabolismo celular y las enzimas hidrolíticas, garantizando así la activación de los mecanismos necesarios para el crecimiento (Pompelli et al., 2023), facilitando así la activación del aparato metabólico que interviene en el proceso de pregerminativo (Bewley et al., 2013).

Debido a las dificultades encontradas en la germinación entre especies forestales, en muchos laboratorios se están aplicando pruebas alternativas, como la curva de imbibición de agua y las pruebas de conductividad eléctrica en condiciones controladas, con el objetivo de definir el vigor y la viabilidad de las semillas (Matos et al., 2015). La rapidez en la obtención de resultados confiables es uno de los principales aspectos considerados en la evaluación de la calidad de las semillas, pues permite agilidad en la toma de decisiones, posibilita su utilización en escalas más amplias, disminuyendo los riesgos y costos en operaciones como cosecha, procesamiento, almacenamiento y comercialización (Oliveira et al., 2016). Por ello el objetivo de este trabajo es analizar la cinética de imbibición de semillas de *Pinus greggii* de diferentes procedencias.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo el 25 de julio de 2024 en el laboratorio de Ecofisiología Vegetal del Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, utilizando semillas provenientes de 17 procedencias (**Figura 1**) donadas por el Banco de Germoplasma Forestal del Colegio de Posgraduados Campus Montecillo. La curva de imbibición de la semilla se obtuvo monitoreando el aumento de peso utilizando 2 repeticiones de 30 semillas, se registró el peso inicial de cada procedencia para determinar el tiempo 0 y cada 2



h hasta las 24 h, posteriormente fueron colocadas en cajas Petri en agua destilada a temperatura ambiente, para quitar el exceso de agua se colocaba sobre una toalla “sanitas”, transcurridos las 12 h se cambió el agua destilada. El peso se cuantificó en una balanza analítica marca RADWAG AS 220/C/2 con precisión de 0.1 mg. donde el pesaje se efectuó en triplicado para asegurar la reproducibilidad de los resultados.

Modelo de ajuste

Se utilizó un modelo de Weibull (Domínguez-Domínguez et al., 2007; Saguy & Marabi, 2005; Weibull, 1951) modificado para este estudio para describir la cinética de imbibición. Este modelo fue elegido por su capacidad para representar procesos de absorción de agua en semillas, considerando parámetros como el peso inicial (W_i), el peso final (W_f) y el exponente de tiempo (t). El ajuste del

modelo se realizó en el programa RStudio utilizando el método de mínimos cuadrados no lineales (nlsLM) para optimizar los parámetros del modelo en función de los datos experimentales. Se calculó el coeficiente de determinación (R^2) para evaluar la calidad del ajuste del modelo.

En el contexto de la imbibición de semillas, el modelo de Weibull se adapta para describir la absorción de agua en función del tiempo:

$$W(t) = W_i + (W_f - W_i) \cdot (1 - e^{-(\frac{t}{\alpha})^\beta})$$

Donde: $W(t)$: es el peso de la semilla en el tiempo t (después de la imbibición), W_i : el peso inicial de la semilla, W_f : el peso final de la semilla, α : parámetro que controla la rapidez de la imbibición, β : parámetro que describe la forma de la curva de imbibición.

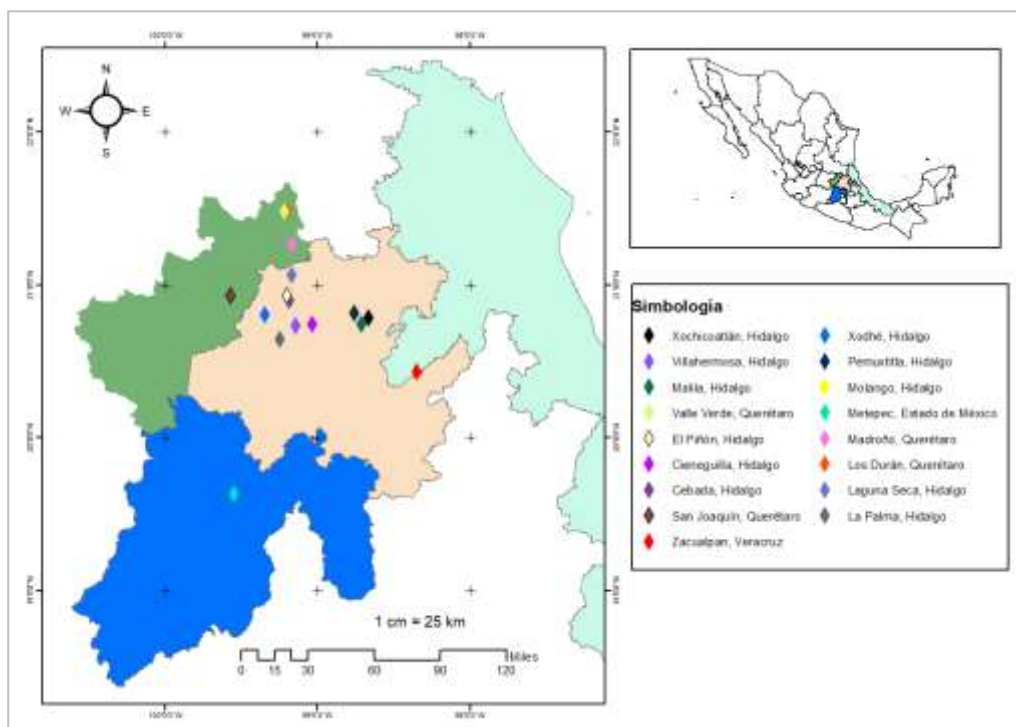


Figura I. Regiones de procedencia de las semillas de *Pinus greggii*.



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

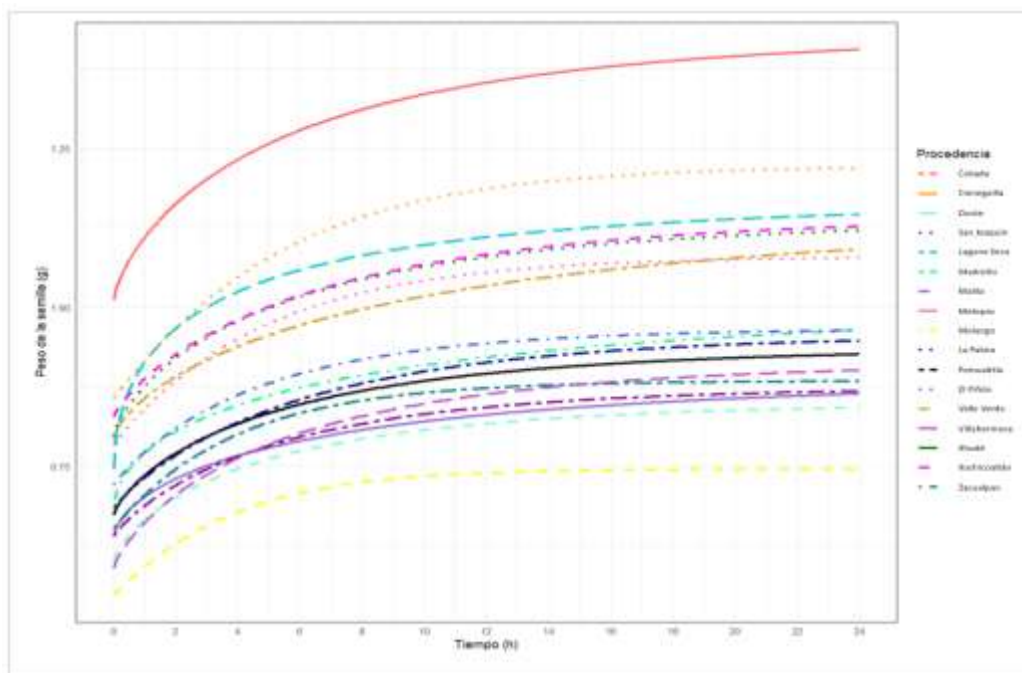


Figura 2. Curvas de imbibición de semillas de 17 procedencias de *Pinus greggii* utilizando agua como único medio de imbibición y modeladas mediante la distribución de Weibull.

Tabla I. Coeficientes α y β de la distribución de Weibull, R^2 y error estándar (EE) de la imbibición de 17 procedencias de *Pinus greggii*.

Procedencia	Coeficientes			
	α	β	R^2	Error Estándar
Zacualpan, Veracruz	4.7186	0.9223	0.9939	0.0066
La Palma, Hidalgo	5.3552	1.0462	0.9958	0.0085
Cebada, Hidalgo	9.8199	0.7036	0.9953	0.0069
Pemuxtitla, Hidalgo	5.3553	0.8716	0.9963	0.0048
Villahermosa, Hidalgo	5.8559	0.7466	0.9957	0.0087
Durán, Querétaro	5.4405	0.7768	0.995	0.0061
Xochicoatlán, Hidalgo	4.8129	0.7633	0.9942	0.0062
Xhodé, Hidalgo	5.5391	0.8093	0.9975	0.0053
Madroño, Querétaro	6.059	0.9038	0.9981	0.004
Cieneguilla, Hidalgo	6.8017	0.6552	0.9979	0.0034
San Joaquín, Querétaro	5.7519	0.7649	0.9971	0.0059
Valle Verde, Querétaro	6.565	0.835	0.9707	0.018
El Piñón, Hidalgo	4.8561	0.9973	0.978	0.0156
Laguna Seca, Hidalgo	3.9258	0.9892	0.9685	0.0145
Metepec, Estado de México	3.548	0.5466	0.9948	0.0092
Molango, Hidalgo	7.9092	0.5713	0.9905	0.009
Malila, Hidalgo	3.7136	1.0538	0.9862	0.0082



Al analizar las diferentes procedencias se notó que algunas, como Villahermosa y Palma, presentaron tasas de imbibición más altas en comparación con otras como Xochicoatlán y Pemuxtitla (**Figura 2**). El valor más bajo del parámetro β se obtuvo en la procedencia Metepec ($\beta = 0.5466$), seguida de Molango ($\beta = 0.9892$) y posteriormente Cieneguilla ($\beta = 0.7036$). Según (Domínguez-Domínguez et al., 2007), un valor de β más cercano a 1 indica una curva de imbibición más simétrica y uniforme como es el caso de la procedencia el Piñón ($\beta = 0.9973$), mientras que valores más altos sugieren una fase de imbibición inicial más lenta (Machado et al., 1999) como es el caso de Malila ($\beta = 1.0538$) y la Palma ($\beta = 1.0462$). Por otro lado, el valor más alto del parámetro α correspondió a la procedencia Cebada ($\alpha = 9.8199$), seguida de Molango ($\alpha = 7.9092$) y Cieneguilla ($\alpha = 6.8017$), según lo propuesto por (Saguy & Marabi, 2005), un mayor valor de α indica una saturación tardía en la semilla; de acuerdo con Landis (2000) un periodo de imbibición de 24 a 48 horas en agua es suficiente para promover la imbibición total de las semillas, sin embargo este periodo puede variar entre especies de coníferas y un remojo prolongado puede dañar las semillas de algunas especies, mientras que (Mápula-Larreta et al., 2008) mencionan que el tiempo adecuado de imbibición de la semilla se sitúa entre 17 y 24 h.

Siguiendo lo señalado por (Pompelli et al., 2023), se constató que la imbibición de agua está influenciada principalmente por la diferencia en el potencial osmótico entre las semillas y su entorno, en las procedencias analizadas se evidenció que aquellas con un mayor potencial de imbibición presentaron un incremento notable en su peso en las primeras horas, lo que sugiere una respuesta favorable al agua disponible. En cuanto a los coeficientes de determinación (R^2), la gran mayoría de las procedencias presentaron valores superiores al 99 %, indicando un excelente ajuste

del modelo de Weibull a los datos experimentales, destacando la procedencia Madroño, Querétaro con el mayor R^2 (99.81 %), lo que sugiere que el modelo describe de manera precisa la cinética de imbibición en esta procedencia. Finalmente, los errores estándar (EE) en general fueron muy bajos, siendo el de menor valor Madroño (0.004), lo que respalda la confiabilidad de las predicciones del modelo para esta procedencia (**Tabla I**).

CONCLUSIONES

Si bien existen variaciones entre las procedencias, los resultados obtenidos en este estudio resaltan la importancia de considerar las características de imbibición al momento de seleccionar las semillas de *Pinus greggii* para programas de reforestación y/o producción de plántulas. La identificación de procedencias con cinéticas de imbibición favorables puede contribuir a optimizar los procesos de germinación y establecimiento, mejorando así la eficiencia y el éxito de las actividades forestales.

REFERENCIAS

- Alba-Landa, J., Mendizábal-Hernández, L. D. C., Ramírez-García, E. O., Márquez-Ramírez, J. & Cruz-Jiménez, H. (2016). Establecimiento y evaluación temprana de una prueba de procedencias/progenie de *Pinus greggii* Engelm. en el Progreso, Perote, Veracruz, México. *Foresta Veracruzana*, 18, 45-54.
- Bewley, J. D., Bradford, K. J., Hilhorst, H. W. & Nonogaki, H. (2013). *Germination. Seeds: Physiology of Development, Germination and Dormancy*, 3rd Edition, 133-181.
- Burney, O., Aldrete, A., Alvarez-Reyes, R., Prieto-Ruiz, J. A., Sánchez-Velazquez, J. R. & Mexal, J. G. (2015). México Addressing challenges to reforestation. *Journal of Forestry*, 113(4), 404-413. <https://doi.org/10.5849/jof.14-007>
- Domínguez-Domínguez, S., Domínguez-López, A., González-Huerta, A. & Navarro-Galindo, S. (2007). Cinética de imbibición e isotermas



- de adsorción de humedad de la semilla de jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.). *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 6(3), 309-316.
- Donahue, J. K. & López-Upton, J. (1999). A new variety of *Pinus greggii* (Pinaceae) in Mexico. *SIDA, Contributions to Botany*, 18(4), 1083-1093.
- Landis, T. D. (2000). *Manual de viveros para la producción de especies forestales en contenedor*. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Servicio Forestal.
- Machado, M. F., Oliveira, F. A. R. & Cunha, L. M. (1999). Effect of milk fat and total solids concentration on the kinetics of moisture uptake by ready-to-eat breakfast cereal. *International Journal of Food Science & Technology*, 34(1), 47-57.
- Mápula-Larreta, M., López-Upton, J., Vargas-Hernández, J. & Hernández-Livera, A. (2008). Germinación y vigor de semillas en *Pseudotsuga menziesii* de México. *Ra Ximhai*, 4(1), 119-134.
- Martínez, J. H., Upton-López, J., Vargas-Hernández, J. J. & Jasso-Mata, J. (2007). Zonas semilleras de *Pinus greggii* var. *Australis* en Hidalgo, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 30(3), 241-249.
- Martínez-Sifuentes, A. R., Villanueva-Díaz, J., Manzanilla-Quinones, U., Becerra-Lopez, J. L., Hernández-Herrera, J. A., Estrada-Avalos, J. & Velazquez-Perez, A. H. (2020). Spatial modeling of the ecological niche of *Pinus greggii* Engelm. (Pinaceae): A species conservation proposal in Mexico under climatic change scenarios. *iForest-Biogeosciences and Forestry*, 13(5), 426.
- Matos, A. C. B., Borges, E. E. de L. & Silva, L. J. da. (2015). Physiology of seed germination of *Dalbergia nigra* (Vell.) Allemão ex Benth. Under different temperatures and exposure times. *Revista Árvore*, 39, 115-125.
- Oliveira, D. L., de Smiderle, O. J., Schuertz Paulino, P. P. & Graças Souza, A. das. (2016). Water absorption and method improvement concerning electrical conductivity testing of *Acacia mangium* (Fabaceae) seeds. *Revista de Biología Tropical*, 64(4), 1651-1660.
- Pompelli, M. F., Jarma-Orozco, A. & Rodríguez-Páez, L. A. (2023). Imbibition and germination of seeds with economic and ecological interest: Physical and biochemical factors involved. *Sustainability*, 15(6), 5394.
- Ramírez-Herrera, C., Vargas-Hernández, J. J. & López-Upton, J. (2005). Distribution and conservation of natural population of *Pinus greggii*. *Acta Botánica Mexicana*, 72, 1-16.
- Reyes-Esteves, G. I., López-Upton, J., Velasco-García, M. V. & Jiménez-Casas, M. (2022). Genetic parameters of a progeny trial of *Pinus greggii* Engelm. ex Parlatore var. *Australis* Donahue & López in the Mixteca Alta of Oaxaca, Mexico. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 28(1), 75-88.
<https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2020.10.067>
- Saguy, I. S. & Marabi, A. (2005). Rehydration of dried food particulates. *Encyclopedia of Agricultural, Food, and Biological Engineering*, 1, 1-9.
- Suárez, D. & Melgarejo, L. M. (2010). Biología y germinación de semillas. *Experimentos en fisiología vegetal*, 13-25.
- Tillman-Sutela, E. & Kauppi, A. (1995). The morphological background to imbibition in seeds of *Pinus sylvestris* L. of different provenances. *Trees*, 9, 123-133.
- Weibull, W. (1951). A statistical distribution function of wide applicability. *Journal of Applied Mechanics*.



GRAVEDAD ESPECÍFICA DE LA MADERA DE OYAMEL

SPECIFIC GRAVITY OF FIR WOOD

Isabel Esmeralda Bernardino-Pérez^{1§}, Gerardo Rodríguez-Ortiz², José Raymundo Enríquez-del-Valle²,
Ernesto Hernández-Santiago², Gisela Virginia Campos-Ángeles², Pablo Espinoza-Zuñiga³

^{1,2}Estudiante, investigador, Tecnológico Nacional de México, Campus Valle de Oaxaca (ITVO). División de Estudios de Posgrado e Investigación. Ex hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca, México. C.P. 71233.

³Universidad Autónoma Chapingo (UACH). División de Ciencias Económico Administrativas. Carretera México-Texcoco Km 38.5, Chapingo, Texcoco, Estado de México, C.P. 56230. [§]Autor de correspondencia: (bernardinop.esmeralda@gmail.com).

RESUMEN

La gravedad específica (GE) determina la calidad de la madera por ello, el objetivo fue analizar los factores que inciden en la GE de *Abies hickelii* de Oaxaca. En 2024 se seleccionaron fenotipos sobresalientes en la comunidad de Santa Catarina Ixtepeji (21 individuos) y en Santiago Nuevo Zoquiápam (13 individuos); se realizó el inventario de variables dasométricas y de sitio, de cada árbol se extrajeron virutas para calcular la edad (años), volumen de viruta (V, cm³) y peso seco (PS, g) de la misma, después de estufado a 102 °C hasta obtener peso constante. Se obtuvo $GE = PS/V$ para realizar pruebas de independencia con variables de inventario y de sitio (χ^2 , 0.05), al igual que comparaciones de medias entre localidades utilizando la prueba U-Mann-Whitney ($\alpha = 0.05$). La GE de la madera es dependiente ($p = 0.02$) del diámetro normal (DN) de los árboles, ya que el 47 % de la muestra tiene alta GE ($> 0.52 \text{ g cm}^{-3}$) que se concentra en $DN \geq 55 \text{ cm}$; los factores de sitio y densidad arbórea no influyen en la GE ($p > 0.2$) de oyamel. A pesar que los árboles de Nuevo Zoquiápam son más longevos y de mayor tamaño y densidad arbórea en competencia, la GE de la madera no se diferenció de los árboles procedentes de Santa Catarina Ixtepeji ($Z = -0.94^{ns}$).

Palabras clave: fenotipo, Santiago Nuevo Zoquiápam, Santa Catarina Ixtepeji, volumen maderable.

ABSTRACT

Specific gravity (SG) determines the quality of wood therefore, the objective was to analyze the factors that affect the GE of *Abies hickelii* from Oaxaca. In 2024, outstanding phenotypes were selected in the community of Santa Catarina Ixtepeji (21 individuals) and in Santiago Nuevo Zoquiápam (13 individuals); an inventory of dasometric and site variables was carried out, from each tree shavings were extracted to calculate age (years), chip volume (V, cm³) and dry weight (PS, g) of the same, after cooking at 102 °C until constant weight was obtained. $SG = PS/V$ was obtained to perform independence tests with inventory and site variables (χ^2 , 0.05), as well as comparisons of means between species using the U-Mann-Whitney test ($\alpha = 0.05$). The SG of wood is dependent ($p = 0.02$) on the normal diameter (DN) of the trees, since 47 % of the sample has high SG ($> 0.52 \text{ g cm}^{-3}$) which is concentrated in $DN \geq 55 \text{ cm}$; site and tree density factors do not influence the GE ($p > 0.2$) of oyamel. Although the trees of Nuevo Zoquiápam are longer lived and of greater size and density of



trees in competition, the SG of the wood did not differ from the trees from Santa Catarina Ixtepeji ($Z = -0.94^{ns}$).

Index words: phenotype, Santiago Nuevo Zoquiápam, Santa Catarina Ixtepeji, wood volume.

INTRODUCCIÓN

Para potenciar el uso de la madera se deben tener en cuenta las propiedades físicas y mecánicas de la misma (Rodríguez-Anda et al., 2015); por consiguiente, la gravedad específica (GE) o densidad de la madera, que se refiere a la relación entre la masa y la unidad de volumen, es una herramienta útil para determinar la cantidad de sustancia presente en una pieza de madera (Williamson & Wiemann, 2010). La GE es una propiedad relacionada con el peso y dureza (Al-Sagheer & Prasad, 2010), de igual manera es un componente para determinar la calidad y dureza de la madera, ya que depende del tipo y la cantidad de elementos celulares que componen cada especie (Pinilla et al., 2021); a su vez esta característica se asocia con las condiciones climáticas de crecimiento (Rodríguez-Anda et al., 2015). Los factores fenotípicos y genotípicos causan una alta variabilidad en las propiedades físico-mecánicas de la madera, no sólo entre poblaciones de la misma especie sino también en árboles individuales, de igual forma la variación de tensiones a lo largo del tallo influyen en la estructura interna y las propiedades mecánicas de la madera (González-Rodrigo et al., 2013). Por otra lado, el producto volumen maderable y GE genera estimaciones confiables de biomasa, útil en proyectos de secuestro de carbono (C) (Longuetaud et al., 2017).

Los bosques de oyamel (*Abies hickelii* Flous & Gaussen) en la Sierra Norte de Oaxaca se distribuyen en áreas discontinuas, limitadas a regiones montañosas y templadas (Martínez-Méndez et al., 2016) en condiciones físicas y

geográficas difíciles, entre cañones profundos, con pendientes del 46-75 %, principalmente en exposición norte, con nieblas constantes y pocos días soleados, en altitudes elevadas entre 2700 y 3600 m (Pineda-López et al., 2015); sin embargo, está incluida en la NOM-059 (SEMARNAT, 2010 (DOF, 2019) en la categoría: peligro de extinción. Por ello, la venta de bonos de C podrían generar recursos para la conservación de estos rodales (Toro-Vanegas & Roldán-Rojas, 2018). Por lo cual, el objetivo de este estudio fue analizar los factores que inciden en la gravedad específica de la madera de *Abies hickelii*, procedente de dos comunidades de la Sierra Norte de Oaxaca.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio se llevó a cabo en el paraje La Cumbre, Santa Catarina Ixtepeji (SCI), Oaxaca, ubicado en 17° 16' LN y 96° 34' LO y altitud de 2700 m y en el paraje Mano de León, Santiago Nuevo Zoquiápam (SNZ), Oaxaca localizado a 17°10' LN y 96°35' LO y altitud de 2600 m.

En julio de 2024 se seleccionaron fenotipos sobresalientes de *Abies hickelii* ocupando el método de comparación o testigo de Muñoz-Flores et al. (2013); el total de árboles seleccionados fue de 21 y 13 para SCI y SNZ. Se realizó el inventario de los árboles sobresalientes de oyamel y se extrajeron virutas con taladro de Pressler (Haglof JIM-GEM 14"). Las virutas se procesaron en el laboratorio del Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca que consistió en contabilizar el número de anillos de crecimiento y en medir longitudes (mm) y diámetros (mm) con vernier electrónico (Atverce modelo VC I) para posteriormente obtener volumen fresco (VV, cm³) mediante la ecuación de Newton, , determinó la edad y peso seco (g) de la viruta, después de secado a 102 °C hasta peso constante en estufa Memmert® modelo UFP800DW. Con la expresión $GE = PS/VV$ se calculó la gravedad específica. El volumen de árboles (VA, m³) se



estimó mediante modelo propuesto por García-Cuevas et al. (2017): $VA = 0.000245 \times dt^{2.2772}$, donde dt = diámetro de tocón (cm).

Se realizaron análisis de independencia (Ji-cuadrada, 0.05) entre la GE de la madera y variables de inventario, así como pruebas de medias no paramétricas (UMann-Whitney, 0.05) para contrastar árboles de las localidades.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La GE es dependiente ($p = 0.02$) del diámetro normal (DN), ya que el 47 % de la muestra posee alta GE ($> 0.52 \text{ g cm}^{-3}$), la cual se concentra en $DN \geq 55 \text{ cm}$; estos resultados son inferiores a los reportados por Aquino-Ramírez et al. (2015), quienes reportaron GE bajas para *Alchornea latifolia* ($0.201\text{-}0.40 \text{ g cm}^{-3}$). Aguilar-Rodríguez et al. (2001) demostraron que existe correlación significativa entre el DN y GE, por consiguiente, los árboles con DN entre 55 y 60 cm tienen una mayor GE, la cual tiende a disminuir cuando el diámetro es menor o mayor.

Por otro lado, la densidad arbórea no tiene efecto alguno en la GE ($\chi^2 = 5.52^{ns}$), sin embargo,

el 47 % de los individuos tienen una GE alta (> 0.52) con una densidad baja y media entre 500 y 1000 árboles ha^{-1} (Tabla I). García-Aguilar et al. (2017) señalan que en plantaciones densas se ha observado que la GE puede verse afectada generalmente, en condiciones de alta densidad, los árboles compiten más intensamente por recursos como luz, agua y nutrientes, lo que puede resultar en un crecimiento más lento y una mayor GE. De igual manera, la GE es independiente de la edad ($\chi^2 = 3.51^{ns}$); estos resultados se contraponen a los encontrados por López-Locía & Valencia-Manzo (2001), quienes observaron que la GE se relaciona de manera positiva con la edad ($r = 0.43^*$); en cambio, Meza-Juárez et al. (2005) señalan que *Pinus patula* presenta un patrón radial de aumento gradual en la GE en los primeros 15 a 20 años de edad, por lo que es común encontrar diferencias amplias en edades juveniles, por lo que a medida que los árboles envejecen tienden a desarrollar una menor GE y los individuos jóvenes dicho valor se eleva, ya que aunque no se establece una relación directa con la edad, los datos indican un patrón de aumento en la GE.

Tabla I. Asociación entre la gravedad específica de la madera y variables de inventario de árboles sobresalientes.

Variable	Gravedad específica (g cm^{-3})			Total
	Baja (≤ 0.32)	Media (0.42, 0.52]	Alta (> 0.52)	
Densidad (árboles ha^{-1})	$\chi^2 = 5.52^{ns}$, grados de libertad = 4			
Baja (≤ 500)	9 (0.26)	1 (0.02)	1 (0.02)	11 (0.32)
Media (500, 1000]	5 (0.14)		2 (0.05)	7 (0.20)
Alta (> 1000)	14 (0.41)			16 (0.47)
Edad (años)	$\chi^2 = 3.51^{ns}$, grados de libertad = 4			
Joven (≤ 58)	3 (0.08)	5 (0.14)	3 (0.08)	11 (0.32)
Maduro (92, 126]	3 (0.08)	2 (0.05)	2 (0.05)	7 (0.20)
Longevo (> 126)	10 (0.29)	4 (0.11)	2 (0.05)	16 (0.47)
Total	16 (0.47)	11 (0.32)	7 (0.08)	34 (0.1)

Se incluye frecuencia absoluta (frecuencia relativa). No significativo ($p > 0.05$).



Tabla 2. Indicadores morfológicos y de sitio de *Abies hickelii*.

Variables	Santa Catarina Ixtepeji	Santiago Nuevo Zoquiápam	Valor Z
Altura (m)	20.80 (36.4)	12.15 (33.5)	-2.46**
Diámetro normal (cm)	13.57 (64.4)	23.84 (82.8)	2.90**
Longitud de fuste limpio (m)	19.83 (15.5)	13.73 (13.2)	-1.73 ^{ns}
Edad (años)	12.66 (85)	25.30 (124)	3.58**
Volumen (m ³)	13.83 (4.15)	23.42 (6.67)	2.71**
Gravedad específica (g cm ⁻³)	18.78 (0.50)	15.42 (0.46)	-0.94 ^{ns}
Densidad (árboles ha ⁻¹)	14.28 (213)	21.75 (1067)	2.11*

Rango medio prueba de Wilcoxon (media real); **= Alta significancia ($p \leq 0.01$); *= significativo ($p \leq 0.05$); ^{ns}= no significativo ($p > 0.05$).

Los fenotipos sobresalientes se diferenciaron entre ambas comunidades en todas las variables evaluadas, excepto en la longitud de fuste limpio y GE; en general, los fenotipos sobresalientes de SNZ son de mayores dimensiones en altura, DN y volumen ($p \leq 0.01$), son también 45.9 % más longevos y se asocian a una mayor densidad (1067 árboles ha⁻¹) ($p \leq 0.05$), no obstante, la GE específica es la misma entre ambas localidades (0.48 g cm⁻³) (Tabla 2).

CONCLUSIONES

La gravedad específica de la madera (GE) de *Abies hickelii* de las localidades de Santa Catarina Ixtepeji y Santiago Nuevo Zoquiápam (SNZ), Oaxaca es de 0.48 g cm⁻³, catalogada como de media a alta densidad y dependiente del diámetro de los fenotipos; los factores de densidad arbórea asociada y edad de los árboles no ejercen efecto alguno en la GE. Los fenotipos sobresalientes de SNZ son de mayores dimensiones, casi 50 % más longevos y asociados a rodales de mayor densidad, sin embargo, la GE es la misma entre ambos sitios evaluados. El conocimiento de la GE de oyamel permitirá estimaciones confiables de la biomasa arbórea, concepto útil en proyectos de secuestro de carbono para estos rodales.

REFERENCIAS

- Aguilar-Rodríguez, S., Abundiz-Bonilla, L. y Barajas-Morales, J. (2001). Comparación de la gravedad específica y características anatómicas de la madera de dos comunidades vegetales en México. *Anales del Instituto de Biología. Serie Botánica*, 72(2), 171-185.
- Al-Sagheer, N. A. & Prasad, A. D. (2010). Variation in wood specific gravity, density and moisture content of *Dipterocarpus indicus* (Bedd). among different populations in western ghats of Karnataka, India. *International Journal of Applied Agricultural Research*, 5(5), 583-599.
- Aquino-Ramírez, M., Velázquez-Martínez, A., Castellanos-Bolaños, J. F., los Santos-Posadas, H. & Etchevers-Barra, J. D. (2015). Partición de la biomasa aérea en tres especies arbóreas tropicales. *Agrociencia*, 49(3), 299-314.
- García-Aguilar, J. Á., Velasco-Velasco, V. A., Rodríguez-Ortiz, G. & Enríquez-del-Valle, J. R. (2017). Influencia de la calidad de sitio sobre el crecimiento de una plantación de *Pinus patula* Schltdl. Et Cham. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 8(44), 132-154.
- García-Cuevas, X., Hernández-Ramos, J., García-Magaña, J. J., Hernández-Ramos, A., Herrera-Ávila, V., González-Peralta, A. & Garfias-Mota, E. J. (2017). Predicción de diámetro normal, altura y volumen de *Abies religiosa* a partir del diámetro del tocón. *Madera y Bosques*, 23(3), 61-70. <https://doi.org/10.21829/myb.2017.2331528>.



- González-Rodrigo, B., Esteban, L. G., de Palacios, P., García-Fernández, F. & Guindeo, A. (2013). Variation throughout the tree stem in the physical-mechanical properties of the wood of *Abies alba* Mill. from the Spanish Pyrenees. *Madera y Bosques*, 19(2), 87-107.
- Longuetaud, F., Mothe, F., Santenoise, P., Diop, N., Dlouha, J., Fournier, M. & Deleuze, C. (2017). Patterns of within-stem variations in wood specific gravity and water content for five temperate tree species. *Annals of Forest Science*, 74(64) 1-19.
- López-Locía, M. & Valencia-Manzo, S. (2001). Variación de la densidad relativa de la madera de *Pinus gregii* Engelm. del norte de México. *Madera y Bosques*, 7(1), 37-46.
- Martínez-Méndez, N., Aguirre-Planter, E., Eguiarte, L. E. & Jaramillo-Correa, J. P. (2016). Modelado de nicho ecológico de las especies del género *Abies* (Pinaceae) en México: Algunas implicaciones taxonómicas y para la conservación. *Botanical Sciences*, 94(1), 5-24. <https://doi.org/doi:10.17129/botsci.508>
- Meza-Juárez, D. J., Vargas-Hernández, J. J., López-Upton, J., Vaquera-Huerta, H. & Borja de la Rosa, A. (2005). Determinación de la edad de transición de madera juvenil a madura en *Pinus patula* Schl. et Cham. *Revista Ra Ximhai*, 1(2), 305-324.
- Muñoz-Flores, H. J., Prieto-Ruiz, J. A., Flores-García, A., Alarcón-Bustamante, M. & Sáenz-Reyes, T. (2013). *Selección de árboles superiores del género Pinus*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
- Pineda-López, M. del R., Sánchez-Velásquez, L. R. & Noa-Carrazana, J. C. (2015). *Ecología, biotecnología y conservación del género Abies en México. Estudios de Abies en México*. Editorial Académica Española.
- Pinilla, J. C., Navarrete, F., Vergara, K. L., Campos, J. G., Navarrete, T. M. & Acevedo, J. (2021). Aplicación de la Metodología seis sigmas para mejorar la calidad de la estimación de densidad básica de la madera en *Acacia mearnsii*. *Ciencia & Investigación Forestal*, 27(1), 19-42. <https://doi.org/10.52904/0718-4646.2021.470>
- Rodríguez-Anda, R., Ramírez-Arango, A. M., Palacios-Juárez, H., Fuentes-Talavera, F. J., Silva-Guzmán, J. A. & Saucedo-Corona, A. R. (2015). Características anatómicas, físico-mecánicas y de maquinado de la madera de mezquite (*Prosopis velutina* Wooton). *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 6(28), 156-173. <https://doi.org/doi:10.29298/rmcf.v6i28.257>
- SEMARNAT. (2010). *Informe de la Situación del Medio Ambiente en México*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 14 de noviembre del 2019.
- Toro-Vanegas, E. & Roldán-Rojas, I. C. (2018). Estado del arte, propagación y conservación de *Juglans neotropica* Diels., en zonas andinas. *Madera y Bosques*, 24(1) e2411560. <https://doi.org/doi:10.21829/myb.2018.2411560>
- Williamson, G. B. & Wiemann, M. C. (2010). Measuring wood specific gravity... correctly. *American Journal of Botany*, 97(3), 519-524.



EVALUACIÓN DE REGENERACIÓN NATURAL EN ÁREAS BAJO MANEJO FORESTAL EN SAN PEDRO EL ALTO, ZIMATLÁN

EVALUATION OF NATURAL REGENERATION IN AREAS UNDER FOREST MANAGEMENT IN SAN PEDRO EL ALTO, ZIMATLÁN.

María del Carmen Zárate-Salinas ^{1§}, José Daniel García-García ¹, Héctor M. De los Santos-Posadas ³, José
Cristóbal Leyva-López ², Moisés Raúl Hernández-Cortez ⁴

^{1,2}Estudiante, Investigador, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. Ex Hacienda de Nazareno, Santa Cruz Xoxocotlán, CP 71233, Oaxaca. ³Colegio de Postgraduados. Km 36.5 Carretera México-Texcoco, C.P. 56230, Montecillo, Texcoco, Edo de México. ⁴Dirección Técnica de San Pedro el Alto, Zimatlán, Oaxaca. [§]Autor de correspondencia: (118920158@voaxaca.tecnm.mx).

RESUMEN

La regeneración natural es importante para asegurar la continuidad y sustentabilidad de los bosques en áreas que han sido objeto de cortas de aprovechamiento. El presente trabajo tuvo como objetivo analizar la regeneración natural en áreas bajo manejo forestal con cortas de regeneración en San Pedro el Alto, Zimatlán, Oaxaca. Se establecieron sitios circulares de 100 m² (radio de 5.68 m), a través de un diseño sistemático, en rodales con cortas de regeneración, midiendo la altura, diámetro y registrando el género de la regeneración establecida mayor de 10 cm y menor a 7.5 cm de diámetro; el área evaluada fue de 675.74 hectáreas, en donde se levantaron 347 sitios de muestreo, aplicando una intensidad de muestreo de 0.5 %. La regeneración natural evaluada, presentó las siguientes condiciones por rodal: recomendable en un 45 %; suficiente 17 %; excesiva en un 31 % y 7 % todavía no suficiente. El 93 % de los rodales evaluados poseen una regeneración que es aceptable y que tiende a aumentar a medida que aumenta el tiempo de apertura del rodal. La regeneración tiende a conformar una distribución espacial aglomerada (28 %), dispersa (59 %), regular (3 %) y por repoblar (10 %). Los géneros con mayor presencia son *Pinus* y *Quercus*.

Palabras clave: composición, cortas de regeneración, densidad, distribución espacial, monitoreo.

ABSTRACT

Natural regeneration is important to ensure the continuity and sustainability of forests in areas that have been subject to logging. The objective of this work was to analyze natural regeneration in areas under forest management with regeneration logging in San Pedro el Alto, Zimatlán, Oaxaca. Circular sites of 100 m² (radius of 5.68 m) were established through a systematic design, in stands with regeneration cuts, measuring the height, diameter and recording the type of regeneration established greater than 10 cm and less than 7.5 cm. in diameter; The area evaluated was 675.74 hectares, where 347 sampling sites were surveyed, applying a sampling intensity of 0.5 %. The natural regeneration evaluated presented the following conditions per stand: 45 % recommended; sufficient 17 %; excessive by 31 % and 7 % still not sufficient. 93 % of the stands evaluated have a regeneration that is acceptable and that tends to increase as the stand opening time increases. Regeneration tends to form an agglomerated (28 %), dispersed (59 %), regular (3 %) and repopulated (10 %) spatial distribution. The genera with the greatest presence are *Pinus* and *Quercus*.



Index words: composition, regeneration cuts, density, spatial distribution, monitoring.

INTRODUCCIÓN

Chauchard et al. (2002) mencionan que el éxito del manejo forestal no sólo implica lograr el desarrollo económico de los usuarios del mismo, sino también preservar la normalidad de los procesos ecológicos de los ecosistemas. Para ello obtener una adecuada renovación de las especies es un objetivo supremo. Durante el ciclo de crecimiento de una masa arbórea tiene lugar la sustitución de los árboles que son eliminados bien por muerte natural, enfermedades o por corta para su aprovechamiento, por otros nacidos de las semillas que diseminan a lo largo de su vida (Buesa, 2003). Serrada (2003) plantea que la regeneración natural se refiere al proceso por el que en un espacio se produce la aparición de nuevos árboles de distintas especies forestales sin la intervención humana y que procede del arbolado vinculado al área regenerada.

La regeneración natural es importante para asegurar la continuidad y sustentabilidad de los bosques en áreas que han sido objeto de cortas de aprovechamiento, el repoblado puede ser deficiente o excesivo (Moreno et al., 2007). Leyva-López et al. (2010) mencionan que cuando el silvicultor aplica un tratamiento silvícola debe evaluar la capacidad del área para establecer la regeneración natural, ya que dependiendo de su resultado se analiza el éxito o fracaso de las cortas de regeneración. El presente trabajo tuvo como objetivo analizar a través del monitoreo silvícola la densidad y composición de especies de la regeneración natural establecida en rodales tratados con cortas de regeneración (*CR*) de árboles padre.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en San Pedro el Alto, Zimatlán, Oaxaca, ubicado en la Sierra Sur del estado de Oaxaca. La comunidad se distingue por ser una de las más grandes del estado, ya que su

territorio abarca 29,682.11 ha, cubiertas casi totalmente de bosques (Rosas-Baños y Lara-Rodríguez, 2013).

Evaluación de la regeneración natural establecida (*RNE*): Se revisó el Programa de Manejo Forestal (*PMF*) vigente de San Pedro el Alto para determinar la ubicación de los rodales que fueron intervenidos con *CR* de la primera a la cuarta anualidad, ya que en el *PMF* se estipuló que en caso de que la regeneración natural principalmente de pino no se establezca en las *CR* en cantidad, calidad y homogéneamente distribuidas después de un periodo de 3 años se llevará a cabo una reforestación con especies nativas de la zona (Dirección Técnica Forestal, 2016).

Se establecieron sitios circulares de 100 m² (radio de 5.68 m), a través de un diseño sistemático en los rodales con *CR*; el área evaluada fue de 675.74 ha, en donde se levantaron 347 sitios de muestreo, con una intensidad de muestreo de 0.5 %. Se contabilizaron el número de pinos, encinos, madroños y hojosas mayores de 10 cm; posteriormente, se registró el género y especie de los cinco árboles más cercanos al centro del sitio, midiendo la altura y diámetro normal (1.30 m). Para el caso de la *RNE* que aún no alcanzó los 1.30 m, solo se le efectuó la medición de la altura la distancia del centro del sitio al árbol más cercano, siguiendo la metodología de la parcela cero. Para la estimación de los parámetros, se construyó una base de datos en Excel® 2016 con los valores tomados en campo.

Clase de densidad: se utilizó el número total de árboles encontrados en el sitio y se extrapolo por hectárea, para poder clasificar la densidad de acuerdo a Moreno-González et al. (2007). Distribución de la *RNE*: siguiendo la metodología de Moreno- González et al. (2007), con los datos del número total de árboles por sitio, se obtuvo la densidad por metro cuadrado en cada sitio, esto se



multiplicó por la superficie de la “parcela cero” del mismo sitio (área circular que toma como radio la distancia del centro del sitio al árbol más cercano), y el resultado corresponde a un rango de indicador del diseño que se está evaluando, este valor permite ubicarlo en una clase de distribución espacial, para este estudio se consideraron los valores en forma natural de Moreno-González et al. (2007). Diámetro normal y altura: Se obtuvo el diámetro y altura promedio por sitio y posteriormente por rodal; para la composición de especies esta se obtuvo tanto a nivel especie como a nivel género.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De los 46 rodales comprendidos en el *PMF* para la aplicación de *CR* de la primera a la cuarta anualidad, se encontró que, 17 rodales no fueron intervenidos, 5 de ellos cuentan con reforestación, por lo que 29 de los rodales cuentan con *RNE*. Densidad de la regeneración: Teniendo como base una regeneración meta, se tiene que la regeneración natural evaluada, presentó las siguientes condiciones por rodal: 13 cuentan con densidad recomendable, 5 suficiente, 9 excesiva y 2 una densidad todavía no suficiente. La **Tabla I** muestra la clase de densidad presente en los rodales, respecto al número total de árboles (pino, encino, madroño y otras hojosas). Flores Rodríguez et al. (2021) encontraron que en el Bosque La Primavera en la categoría de 0.31 a 1 m de altura, la regeneración no fue tan abundante tendiendo una densidad promedio máxima de 167 individuos por ha^{-1} en un área sin incendio, seguido de 67 individuos ha^{-1} para la de Tapalpa; para la categoría de 1.1 m a 3.0 m la regeneración de pino fue la más escasa, con un máximo de 17 individuos ha^{-1} , únicamente registrada para el área sin incendio; mientras que en la categoría de 0 a 0.30 no se registró ningún individuo. Para el caso de San Pedro el Alto se pueden encontrar densidades de hasta 2655 individuos ha^{-1} solo para *Pinus* como es el caso del rodal 536, sin embargo, se encontraron también densidades que todavía no

son suficientes, como es el caso del rodal 27 y 515 considerando que son rodales de la tercera y cuarta anualidad respectivamente, las cuales son los más recientes a diferencia de la primera y segunda que tienen mayor tiempo de apertura (aplicación de la *CR*) del rodal, se espera que con el paso del tiempo el número de individuos aumente.

En la **Tabla 2** se puede apreciar que en la primera anualidad se tiene un mayor número de árboles que en el resto de las anualidades, por lo que, a mayor tiempo de haberse realizado las cortas de regeneración, mayor será la *RNE* que puede ser encontrada. Castelán-Lorenzo y Arteaga-Martínez (2009) observaron que no todos los árboles encontrados en las áreas evaluadas corresponden al mismo año de establecimiento, habiendo incorporación, ya que en todos los años hay producción de semilla, tanto de los árboles padres dejados en pie, como de los árboles de áreas aledañas, los cuales son eliminados en los preaclareos que se realizan como una labor complementaria; situación que se encontró también en los rodales de San Pedro el Alto, donde se encontraron plántulas desde 10 cm en las cuatro anualidades.

Tipos de distribución de la regeneración: La **Tabla I** muestra los tipos de distribución presentes, por lo que se encontró que 17 rodales cuentan con un tipo de distribución dispersa, 8 con distribución aglomerada, 1 con distribución regular y 3 con distribución por repoblar; los tipos de distribución presentes en la regeneración natural también fueron hallados por Moreno-González et al. (2007), los cuales en su trabajo mencionan, de acuerdo, con Upton y Fingleton (1985) la dispersión heterogénea de la regeneración natural ha sido señalada como la tendencia que tiene el renuevo a ser denso en algunas zonas y ausente o escaso en otras. Por su parte, Méndez (1998) reconoció que el renuevo se dispone en una forma combinada entre dispersa y aglomerada.



Tabla 1. Clase de densidad y tipo de distribución presente en los rodales de acuerdo con el número total de individuos de la regeneración y rango indicador.

Anualidad	Rodal	NAP ha ⁻¹	NAE ha ⁻¹	NAM ha ⁻¹	NAH ha ⁻¹	NAT ha ⁻¹	Clase de densidad	Indicador	Tipo de distribución
Primera	534	2388	1167	54	129	3742	Excesiva	1.727	Dispersa
	536	2655	445	73	1400	4573	Excesiva	4.605	Por repoblar
	537	700	140	20	0	860	Suficiente	1.311	Dispersa
	1318	880	880	200	820	2780	Recomendable	2.077	Dispersa
	1641	817	1017	667	1017	3517	Excesiva	2.668	Dispersa
Segunda	15	529	171	57	43	800	Suficiente	1.559	Dispersa
	139	1000	1675	175	150	3000	Excesiva	1.986	Dispersa
	207	500	1540	120	760	2920	Excesiva	1.881	Dispersa
	211	833	867	333	133	2167	Recomendable	3.092	Por repoblar
	261	1150	1650	0	300	3100	Excesiva	1.306	Dispersa
	275	950	1250	83	250	2533	Recomendable	1.308	Dispersa
	290	950	1290	170	0	2410	Recomendable	1.156	Regular
	296	400	2500	67	67	3033	Excesiva	1.618	Dispersa
	358	550	150	25	0	725	Suficiente	0.678	Aglomerada
	365	1067	300	0	0	1367	Recomendable	2.054	Dispersa
	10	133	1800	400	33	2367	Recomendable	1.249	Dispersa
	18	1350	425	175	0	1950	Recomendable	0.495	Aglomerada
	25	900	1500	0	0	2400	Recomendable	4.871	Por repoblar
Tercera	27	75	500	75	50	700	Todavía no suficiente	0.214	Aglomerada
	28	200	1300	0	0	1500	Recomendable	0.679	Aglomerada
	263	433	1367	0	467	2267	Recomendable	2.569	Dispersa
	266	700	2100	100	525	3425	Excesiva	0.643	Aglomerada
	372	550	1500	92	67	2208	Recomendable	1.637	Dispersa
	386	433	400	433	0	1267	Suficiente	0.483	Aglomerada
	269	929	386	129	100	1543	Recomendable	0.741	Aglomerada
	282	1018	355	145	255	1773	Recomendable	2.504	Dispersa
Cuarta	515	233	67	0	0	300	Todavía no suficiente	0.434	Aglomerada
	529	2650	450	25	50	3175	Excesiva	1.965	Dispersa
	530	1000	200	57	0	1257	Suficiente	1.541	Dispersa

NAP ha⁻¹= número de individuos de pino; NAE ha⁻¹= número de individuos de encino; NAM ha⁻¹ = número de individuos de madroño; NAH ha⁻¹ = número de individuos de hojosas; NAT ha⁻¹ = número total de individuos de la regeneración.

Tabla 2. Número de individuos de la regeneración por anualidad.

Anualidad	NAP ha ⁻¹	NAE ha ⁻¹	NAM ha ⁻¹	NAH ha ⁻¹	NAT ha ⁻¹
Primera	1947.059	864.706	141.176	562.745	3517.647
Segunda	782.979	1082.979	110.638	157.447	2134.043
Tercera	558.333	1252.778	138.889	127.778	2077.778
Cuarta	1276.667	333.333	100.000	123.333	1840.000

NAP ha⁻¹ = número de individuos de pino; NAE ha⁻¹= número de individuos de encino; NAM ha⁻¹ = número de individuos de madroño; NAH ha⁻¹ = número de individuos de hojosas; NAT ha⁻¹ = número total de individuos de la regeneración.



Composición de especies: En la **Figura I**, se muestra la composición de las especies agrupadas por anualidad, teniendo mayor presencia el género *Pinus* y *Quercus*; también se presenta el diámetro normal y la altura promedio; los valores obtenidos para la primera anualidad son mayores al resto en cuanto diámetro y altura, al ser estas las primeras en establecerse. Luna-Robles (2020) encontró en bosques de la Sierra Madre Occidental 5 especies de regeneración natural, pertenecientes a 3 géneros y 3 familias. Para el caso de este estudio se

encontraron 3 géneros, teniendo el género de *Pinus* siete especies (*Pinus douglasiana*, *P. montezumae*, *P. oaxacana*, *P. patula*, *P. pringlei*, *P. pseudostrobus*, *P. teocote*). Hernández et al. (2019) mencionan que la presencia de especies de pino y encino en la regeneración natural, se debe a su capacidad de responder favorablemente a la luz solar, así como al tipo de reproducción que tienen (pino: producción y dispersión por semilla; encino: reproducción vegetativa), siendo estos los que tienen mayor presencia en los rodales.

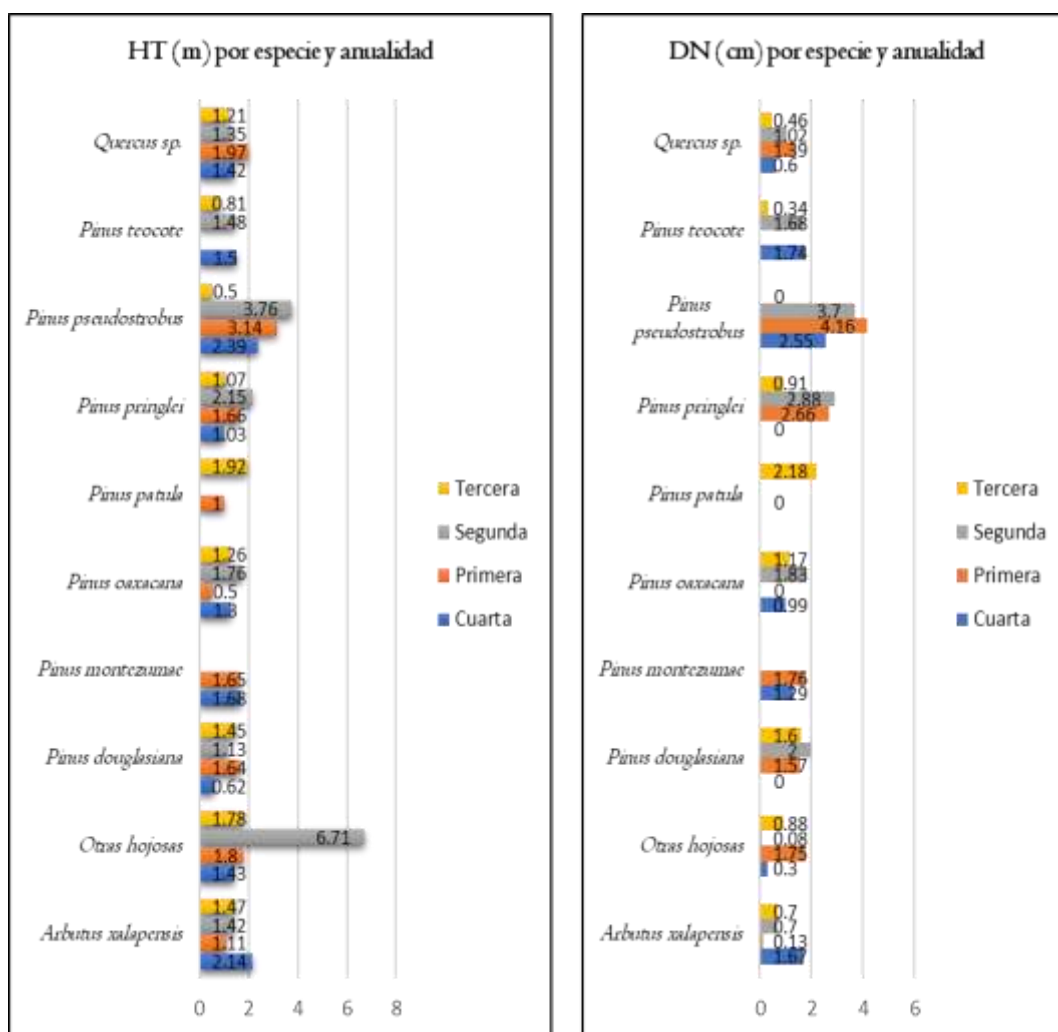


Figura 3. Composición de especies, diámetro promedio y altura promedio de la regeneración en los rodales con cortas de regeneración (CR).



Con respecto al diámetro y altura, Castelán-Lorenzo y Arteaga-Martínez (2009) mencionan que áreas intervenidas presentan un crecimiento en altura y diámetro uniforme conforme pasan los años de intervención en las áreas. Asimismo, se observa que durante los dos primeros años después del aprovechamiento, las plántulas crecen muy poco, debido a cualquiera de los factores que afectan la regeneración, principalmente la vegetación competidora.

CONCLUSIONES

La regeneración natural establecida mayor a 10 cm, presenta en los rodales las siguientes densidades: recomendable en 45 % de los rodales; suficiente en 17 %; excesiva en un 31 % y todavía no suficiente en un 7 % de los rodales evaluados. En general el 93 % de los rodales poseen una regeneración que es aceptable y que tiende a aumentar a medida que aumenta el tiempo de apertura del rodal. La regeneración tiende a conformar una distribución espacial aglomerada (28 %), dispersa (59 %), regular (3 %) y por repoblar (10 %) en los rodales. En cuanto a la composición de especies los géneros con mayor presencia son *Pinus* y *Quercus*. La regeneración natural de encino en las primeras cuatro anualidades presenta diferente composición de especies, densidades y patrones de distribución espacial, otro aspecto a considerar es que esta regeneración se establece dependiendo de los años semilleros, por lo que se espera que en aquellos lugares donde no es suficiente mejore esa condición y en el último de los casos, se deberán realizar labores de reforestación y de tratamientos que conduzca a una composición y distribución adecuada de la regeneración.

REFERENCIAS

Buesa, V. A. (2003). Regeneración de pino radiata después de un incendio en el monte de UP

Núm. 147 "Posadero". *Montes. Revista de Ámbito Forestal*, 3(73), 46-48.

Castelán-Lorenzo, M. y Arteaga-Martínez, B. (2009). Establecimiento de regeneración de *Pinus Patula* Schl. et Cham., en cortas bajo el método de árboles padres. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 15(1), 49-57.

Chauchard, L. M., Maresca, L., y González Peñalba, M. (2002). Método para evaluar el estado regenerativo de un rodal y su aplicación al manejo del bosque mixto de *Nothofagus. Quebracho* - *Revista de Ciencias Forestales*, 9, 29-42.

Dirección Técnica Forestal. (2016). *Programa de Manejo forestal para el aprovechamiento de recursos forestales maderables, San Pedro el Alto, Zimatlán, Oaxaca. México.*

Flores-Rodríguez, A. G., Flores-Garnica J. G., González-Eguarte, D. R., Gallegos-Rodríguez, A. Z., Zarazúa-Villaseñor, P., Mena-Munguía, S., Lomeli-Zavala, M. E. y Ruíz-Guzmán, E. (2021). Regeneración natural de pino y encino bajo diferentes niveles de perturbación por incendios forestales. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 12(65), 3-25. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v12i65.776>.

Hernández, F.J., Deras-Ávila A.G., Deras-Ávila, N.I. y Colín, J. G (2019). Influencia del método de árboles padres en la diversidad de la regeneración de bosques mixtos de Durango, México. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 25(2), 219-234. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2018.09.066>

Leyva-López, J. C., Velázquez-Martínez A., y Ángeles-Pérez G. (2010). Patrones de diversidad de la regeneración natural en rodales mezclados de pinos. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 16(2), 227-239. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2010.06.038>.



- Luna-Robles, E. O., Cantú-Silva I. y Yáñez-Díaz, M. I. (2020). Efectos del manejo forestal en la composición y diversidad de la regeneración natural arbórea en bosques de la Sierra Madre Occidental. *Polibotánica*, 50, 19-30.
- Méndez, H. J. (1998). *Evaluación de patrones de regeneración de Pinus patula Schl et Cham. en la región de Zacualtipán, Hidalgo*. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco. Edo. de Mex. Mexico.65 p.
- Moreno-González, D. A., Flores-Garnica, J. G. y Benavides-Solorio, J. D. (2007). *Matrices para evaluar la reforestación en el Bosque La Primavera. Propuesta de aplicación. In: I foro de investigación y conservación del bosque la primavera*. Zapopan, Jalisco. p. 331-339.
- Rosas-Baños, M. y Lara-Rodríguez, R. (2013). Desarrollo endógeno local sustentable y propiedad común: San Pedro El Alto, México. *Cuadernos de Desarrollo Rural*, 10 (71), 59-80.
- Serrada, R. (2003). Regeneración natural: Situaciones concepto, factores y evaluación. *Cuaderno Sociedad Española de Ciencias Forestales*, 15, 11-15.
- Upton, G. J. G y Fingleton, B. (1985). *Spatial data analysis by example*. In: Point pattern and quantitative data. Wiley series in probability and statistics. John Wiley & Sons. New York, NY: USA .410 p.



CRECIMIENTO INICIAL DE *Pinus patula* var. *longipedunculata* Y *Pinus pseudostrobus* var. *apulcensis* EN VIVERO

INITIAL GROWTH OF *Pinus patula* var. *longipedunculata* AND *Pinus pseudostrobus* var. *apulcensis* IN NURSERY

María Mercedes Cervantes-Machuca^{1§}, Gerardo Rodríguez-Ortiz¹, Salvador Lozano-Trejo, Marcos Emilio Rodríguez-Vásquez¹, Daniel Martínez-Santiago², Ernesto Hernández-Santiago¹

¹Tecnológico Nacional de México (TecNM), Campus Valle de Oaxaca (ITVO). Ex hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca, México. C.P. 71233. ²TecNM/Instituto Tecnológico Superior de San Miguel el Grande, Tlaxiaco, Oaxaca, México. [§]Autor de correspondencia: (mariacervantesmachuca96@gmail.com).

RESUMEN

La calidad de plántula en vivero es de gran importancia para el éxito en la supervivencia en campo. El objetivo fue evaluar características morfológicas del crecimiento inicial de dos especies de pino en vivero. En 2022 se sembraron semillas de *Pinus pseudostrobus* var. *apulcensis* (Lindl.) Shaw y *P. patula* var. *longipedunculata* Loock ex Martínez, se realizó el trasplante de 240 plántulas en bolsas de polietileno y tubete para establecer un diseño experimental completamente aleatorizado con arreglo factorial 2×6×2 (especie, dosis de fertilización, envase). El fertirriego se realizó a nivel de sustrato (150 mL por planta) con la solución universal de Steiner al 20, 40, 60 80 y 100 %. En plántulas se midió altura (cm), diámetro basal del tallo (mm) y longitud de la raíz (cm). Se realizaron análisis de varianza y pruebas de medias (Tukey, 0.05). Todas las variables morfológicas presentaron diferencias significativas ($p \leq 0.001$); *P. patula* presentó la mayor altura (16.77 cm) con respecto a *P. pseudostrobus* (13.76 cm), pero un menor crecimiento de raíces (25.98 cm). La siembra en bolsa presentó mayor crecimiento en diámetro (3.56 mm), altura (19.87 cm) y longitud de raíz (37.60 cm). El tamaño del envasado y la fertilización a edades tempranas de

plántulas beneficia su crecimiento en diámetro, altura y desarrollo de raíces.

Palabras clave: calidad de planta, contenedores, producción de plantas, vivero.

ABSTRACT

Seedling quality in the nursery is of great importance for successful survival in the field. The objective was to evaluate morphological characteristics of the initial growth of two pine species in the nursery. In 2022, seeds of *Pinus pseudostrobus* var. *apulcensis* (Lindl.) Shaw and *P. patula* var. *longipedunculata* Loock ex Martínez were sown, 240 seedlings were transplanted in polyethylene bags and tubes to establish a completely randomized experimental design with a $2 \times 6 \times 2$ factorial arrangement (species, fertilization dose, container). Fertigation was carried out at the substrate level (150 mL per plant) with Steiner's universal solution at 20, 40, 60, 80 and 100%. In seedlings, height (cm), basal stem diameter (mm) and root length (cm) were measured. Analysis of variance and mean tests (Tukey, 0.05) were performed. All morphological variables showed significant differences ($p \leq 0.001$); *P. patula* had the highest height (16.77 cm) compared to *P. pseudostrobus* (13.76 cm), but a



lower root growth (25.98 cm). Sowing in bags showed greater growth in diameter (3.56 mm), height (19.87 cm) and root length (37.60 cm). The size of the packaging and fertilization at early ages of seedlings benefit their growth in diameter, height and root development.

Index words: plant quality, containers, plant production, nursery.

INTRODUCCIÓN

Los factores que han limitado el éxito de las plantaciones incluyen los antrópicos y los naturales (Prieto-Ruiz et al., 2018); además, la supervivencia se estima en 37.8 %, debido principalmente a la mala calidad de planta (Robles-Villanueva et al., 2017), la cual puede definirse como las características morfo-fisiológicas que permiten la supervivencia, crecimiento y desarrollo de las plantas en campo (Escobar-Alonso y Rodríguez-Trejo, 2019). Las actividades que evidencian la calidad en plantas son la mala o nula preparación del terreno, la falta de seguimiento, de protección y en gran parte la tecnología de propagación; por otra parte, evaluar la calidad de planta (altura, diámetro al cuello, longitud de raíz,) permite conocer su capacidad de desarrollo y adaptación a las condiciones del sitio de plantación (Rodríguez-Ortiz et al., 2020).

Un aspecto importante para garantizar esta calidad en plantas, es la fertilización en vivero, donde se puede asegurar una mayor probabilidad de sobrevivir y desarrollarse a partir de su establecimiento en el lugar definitivo, pues está determinada por los caracteres genéticos, fisiológicos y morfológicos que actúan de forma conjunta con el medio ambiente (Vicente-Arbona et al., 2020). El objetivo fue evaluar características morfológicas del crecimiento inicial de dos especies de pino en vivero, sometidas a diferentes dosis de fertilización y envase.

MATERIALES Y MÉTODOS

Obtención de plántula

El estudio se realizó con semillas de árboles superiores de *Pinus patula* var. *longipedunculata* y *P. pseudostrobus* var. *apulcensis* procedentes de localidades de la Sierra Norte y Sur de Oaxaca, México. En el vivero del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, las semillas fueron sembradas en el mes de junio del 2022 en charolas de 49 cavidades de 143 cm³ previamente desinfectadas, con una mezcla de tierra de monte, vermiculita®, agrolita® y turba a una proporción 4:1:1:2; previamente la semilla se desinfectó con fungicida captan (3 g L⁻¹) en inmersión de 5 minutos,

Un mes después de la siembra, se realizó el trasplante de 240 plántulas equitativamente en bolsas de polietileno (25 cm × 35 cm) y tubete (50 cm³). A dos meses de edad se inició el fertirriego mediante dosis de 150 mL/planta con la solución universal de Steiner con disoluciones del: 20, 40, 60 80 y 100 %, y se ajustó el pH a 5.5; el fertirriego fue de forma manual y se realizó cada tercer día por las mañanas durante 5 meses, el deshierbe cada 30 días. Se aplicó fungicida captan® como preventivo para el ataque de algún hongo. A la edad de 7 meses, a las plántulas se les realizó la medición de altura (AP, cm), diámetro de cuello (DC, mm) y longitud de raíz (cm), medidos con vernier digital (± 0.1 mm).

Diseño experimental y análisis de datos

Se utilizó diseño completamente aleatorizado (DCA) con arreglo factorial 2×6×2 (especie S, dosis de fertilización F, envase E), usando como unidad experimental 20 plántulas con 20



repeticiones; factor especie incluyó *P. patula* y *P. pseudostrobus*, se incluyeron 5 dosis de fertirriego (20, 40, 60, 80 y 100%) y un testigo, y en el factor contenedor: bolsa y tubete. Los análisis estadísticos se llevaron a cabo en el paquete SAS 9.4 (SAS Institute Inc. 2022), verificando los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas mediante las pruebas de Shapiro-Wilk y Bartlett ($\alpha = 0.05$), respectivamente; algunas variables se transformaron a $\ln(\cos x + 1)$. Se realizó el análisis de varianza, prueba de medias (Tukey, 0.05).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La AP se diferenció en todos los factores evaluados ($p \leq 0.001$); el DC mostró la misma diferenciación excepto en F y la interacción $S \times E$; y por su parte la longitud de raíz fue distinta entre especies, envases y en la interacción $S \times E$ (Tabla 1), esto se atribuye al espacio disponible para el desarrollo radicular. La longitud de raíz se ve influenciada por la especie, tipo de envasado y su interacción, aspectos similares a los reportados por Madrid-Aispuro et al. (2021) quienes encontraron diferencias significativas en AP y DC en plántulas de *Pinus cembroides* Zucc hasta los 18 meses de edad.

El desarrollo inicial de plántulas de *P. patula* en vivero presentó una AP de 16.8 cm y 13.8 cm para *P. pseudostrobus* (Tabla 2), lo cual se atribuye al rápido crecimiento de la especie (Pedro-Cruz et al., 2022). Los valores obtenidos se pueden comparar con los de Romero-Arenas et al. (2019), quienes obtuvieron AP de 14.1 cm. Por otro lado, se encontraron AP superiores a las reportadas por Castellanos-Acuña et al. (2013), quienes reportaron valores de 8.8 cm a tres meses de edad para *P. pseudostrobus* en una variación altitudinal

entre especies. De acuerdo con Sáenz-Reyes et al. (2014), la AP es un buen predictor de la altura futura en campo, además de influir en la competencia contra los arbustos y herbáceas.

En relación al DC, *P. pseudostrobus* presentó tallos de 2.9 mm; por otro lado, se encontró un crecimiento de 16.8 cm, pero un menor crecimiento de raíces (26.0 cm) para *P. patula* (Tabla 2). El DC es uno de los mejores rasgos que permiten predecir el desempeño de la plántula en campo, ya que estudios realizados en diferentes especies del género *Pinus* han demostrado que esta variable medida al cuello influye en la supervivencia de la planta (Romero-Arenas et al., 2019); esto principalmente en los primeros meses de establecimiento en campo, ya que ésta define la robustez del tallo y se asocia con la supervivencia y vigor de la planta (Prieto-Ruiz et al., 2009). De acuerdo con Rodríguez-Trejo (2008), las plantas con diámetros mayores tienen tallos más lignificados, con reservas de carbohidratos y con mayor número de yemas para brotes.

Se observó que el tipo de contenedor afecta el crecimiento de las plántulas, ya que cuando se desarrollan en bolsa incrementan entre 85.9 % y 100 % su crecimiento en las variables estudiadas (Tabla 2). La fertilización al 20 % y 40 % presentó el mejor crecimiento en DC, superando en 38.6 % a las plántulas sin fertilizar. De igual manera, las plantas bajo fertilización (16.5 cm) incrementaron 34.0 % su crecimiento en AP en relación al testigo (12.3 cm); sin embargo, el factor fertilización no afectó la longitud de raíz. Bernaola-Paucar et al. (2015) señalaron que utilizar contenedores que propicien mayor desarrollo radical en las plantas les confiere mayor probabilidad de supervivencia en la plantación, debido a que disminuye el riesgo de estrés por sequía.



Tabla 1. Valores de significancia para crecimiento en variables morfológicas de plántulas de *Pinus patula* y *P. pseudostrobus* producidas en vivero.

Fuente de variación	Grados de Libertad	Diámetro de cuello (mm)	Altura de planta (cm)	Longitud de raíz ^s (cm)
Especie (S)	1	15.92 ^{**}	763.24 ^{**}	814.68 [*]
Dosis de fertilización (F)	5	5.22 ^{ns}	155.47 ^{**}	258.43 ^{ns}
Envasado (E)	1	260.42 ^{**}	7080.76 ^{**}	17528.07 ^{**}
S × F	5	7.30 [*]	160.11 ^{**}	167.79 ^{ns}
S × E	1	0.10 ^{ns}	702.14 ^{**}	2007.90 ^{**}
F × E	5	10.23 ^{**}	111.39 ^{**}	200.74 ^{ns}
S × F × E	5	7.87 [*]	140.05 ^{**}	240.67 ^{ns}
Error	24	0.18	0.02	205.62
Total	47			

^{*}Significativo ($p < 0.05$); ^{**} altamente significativo ($p < 0.01$); ^{ns}no significativo ($p > 0.05$). ^sDatos transformados a $\ln(\cos x + 1)$.

Tabla 2. Comportamiento inicial en vivero de variables morfológicas de plántulas de *Pinus pseudostrobus* y *P. patula*.

	Diámetro de cuello (mm)	Altura de planta (cm)	Longitud de raíz (cm)
Especie			
<i>P. pseudostrobus</i>	2.9±0.09 ^a	13.8±0.4 ^b	30.1±2.0 ^a
<i>P. patula</i>	2.5±0.1 ^b	16.8±0.7 ^a	26.0±1.5 ^b
Envasado			
Bolsa	3.6±0.1 ^a	19.9±0.7 ^a	37.6±2.1 ^a
Tubete	1.8±0.08 ^b	10.7±0.1 ^b	18.5±0.3 ^b
Dosis de fertilización (%)			
Testigo	2.2±0.1 ^b	12.3±0.6 ^b	26.8±3.2 ^a
20	3.1±0.4 ^a	16.0±1.0 ^a	32.1±3.4 ^a
40	3.0±0.2 ^a	17.0±1.1 ^a	30.9±3.3 ^a
60	2.5±0.1 ^{ab}	16.1±1.2 ^a	27.6±2.6 ^a
80	2.7±0.1 ^{ab}	15.7±1.0 ^a	25.9±2.6 ^a
100	2.7±0.2 ^{ab}	17.6±1.2 ^a	25.0±3.2 ^a

Medias con letras distintas en columnas y por factor presentan diferencias estadísticas significativas (Duncan, 0.05). Media ± error estándar (n = 20).

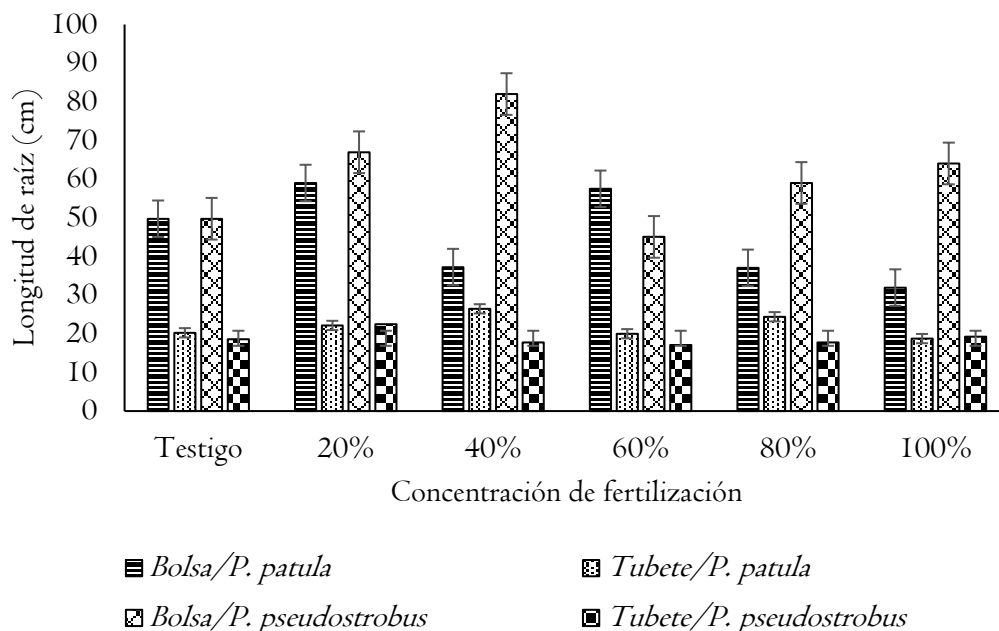


Figura I. Crecimiento de la raíz por especie (*Pinus*) con respecto a la dosis de fertilización y el tipo de envasado.

El análisis de las interacciones muestra que *P. pseudostrobus* con dosis de fertilización al 40 % presentó mayor longitud de raíz (82 cm) cuando se utilizan bolsas, es importante notar que, en todos los casos al combinarse ambas especies, con dosis de fertilización, pero crecidas en tubetes, su longitud de raíz tiende a ser menor (Figura I). En *P. patula* y *P. oaxacana* se han registrado longitud de raíces entre 9.6 y 10 cm en plántulas de nueve meses de edad y fertilizadas con la aplicación del soluble Foresta® en tres dosis (baja, media y alta) (Paz-Paz et al., 2023), resultados por debajo a los encontrados en este estudio; González-Ávalos et al. (2017) mencionan que el crecimiento y desarrollo de la raíz está restringida por el tipo y tamaño de envasado.

La fertilización al 20 % y 60 % en plántulas de *P. patula* establecidas en bolsa mostraron mayor longitud de raíz (59.0 cm y 57.5 cm); muy por arriba de la fertilización al 40 % y 80 % en

plántulas establecidas en tubetes, quienes presentaron raíces de 26.5 cm y 24.4 cm respectivamente (Figura I). El crecimiento y desarrollo de la raíz es considerada de importancia para la supervivencia de las plantas, ya que de esta depende la absorción de agua y nutrientes esenciales para las plántulas (Rodríguez-Ortiz et al., 2020).

CONCLUSIONES

El tipo de contenedor y la dosis de fertilización mediante la solución Steiner influyen en el crecimiento inicial de *Pinus patula* y *P. pseudostrobus* en vivero, ya que la altura de planta (AP), diámetro de cuello (DC) y longitud de raíz presentaron mayor aumento en el contenedor bolsa (25×35 cm). Por otro lado, para mejorar el crecimiento en AP se deben utilizar dosis de fertilización de 20, 40 y 100 % (16.0, 17.0 y 17.6 cm), ya que éstas superaron al testigo (12.3 cm). Para el DC y longitud de raíz, la mejor dosis de



fertilización sucedió entre 20 % y 40 % con 3.1 mm y 3.0 mm respectivamente. Plántulas crecidas en tubete no se diferenciaron en AP, DC y longitud de raíz aun agregando fertilización a diferentes concentraciones; por lo anterior, el uso de tubete (50 cm³) produce retraso en el crecimiento de la planta. Con el uso del contenedor bolsa y fertilización al 20 % y 40 % con solución Steiner se obtiene plantas con mayores alturas y longitudes de raíz.

REFERENCIAS

- Aguilera-Rodríguez, M., Aldrete, A., Trejo-Téllez, L. I. y Ordaz-Chaparro, V. M. (2021). Sustratos con aserrín de coníferas y latifoliadas para producir planta de *Pinus patula* Schiede ex Schltdl. et Cham. *Agrociencia*, 55(8), 719-732. <https://doi.org/10.47163/agrociencia.v55i8.2664>
- Aguilera-Rodríguez, M., Aldrete, A., Martínez-Trinidad, T. y Ordaz-Chaparro, V. M. (2016). Producción de *Pinus montezumae* Lamb. con diferentes sustratos y fertilizantes de liberación controlada. *Agrociencia*, 50(1), 107-118.
- Castellanos-Acuña, D., Sáenz-Romero, C., Linding-Cisneros, R. A., Sánchez-Vargas, N. M., Lobbit, P. y Montero-Castro, J. C. (2013). Variación altitudinal entre especies y procedencias de *Pinus pseudostrobus*, *P. devoniana* y *P.* Ensayo de vivero. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 19, 399-411. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2013.01.002>
- Escobar-Alonso, S. y Rodríguez-Trejo, D. A. (2019). Estado del arte en la investigación sobre calidad de planta del género *Pinus* en México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 10(55), 4-38. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v10i55.558>
- González-Ávalos, J., Peralta-Cruz, A., Hernández-Lazcano, A., González-Ávalos, R., Salgado-Mora, M. G. y Hernández-León, S. (2017). Efecto del tamaño de envase y familia en el crecimiento y calidad de brinzales de *Pinus patula* schlechtendal & chamisso var. *patula* en vivero. *Agrofaz*, 17(1), 89-100.
- Madrid-Aispuro, R. E., Prieto-Ruíz, J. Á., Hernández-Díaz, J. C., Aldrete, A., Wehenkel, C. y Chávez-Simental, J. A. (2021). Crecimiento de *Pinus cembroides* Zucc. en vivero y campo producido en diferente tipo de contenedor. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 44(3), 435-442.
- Bernaola-Paucar, R. M., Pimienta-Barrios, E., Gutiérrez-González, P., Ordaz-Chaparro, V. M., Alejo-Santiago, G. y Salcedo-Pérez, E. (2015). Efecto del volumen del contenedor en la calidad y supervivencia de *Pinus hartwegii* Lindl. en sistema doble-trasplante. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 6(28), 174-187. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v6i28.275>
- Paz-Paz, M., Rodríguez-Trejo, D. A., Villanueva-Morales, A. y Borja-De la Rosa, M. A. M. (2023). Fertilización, calidad de planta y supervivencia en campo de *Pinus* spp. en Ixtlán de Juárez, Oaxaca. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 14(76), 71-92. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v14i76.1324>
- Pedro-Cruz, A., Galán-Larrea, R., De los Santos-Posadas, H. M., Valera-Venegas, G., Rivera-Nava, J. L. y Sandoval-García, C. (2022). Crecimiento de *Pinus patula* var. *longepedunculata* Loock en plantaciones de la Sierra Sur de Oaxaca. *Madera y Bosques* 28(1), e2811438. <https://doi.org/10.21829/myb.2022.2811438>
- Prieto-Ruíz, J. Á., Duarte-Santos, A., Goche-Téllez, J. R., González-Orozco, M. M. y Pulgarín-Gámiz, M. Á. (2018). Supervivencia



- y crecimiento de dos especies forestales, con base en la morfología inicial al plantarse. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 9(47), 151-168.
<https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i47.182>
- Prieto-Ruíz, J. Á., García-Rodríguez, J. L., Mejía-Bojórquez, J. M., Huchín-Alarcón, S. y Aguilar-Vitela, J. L. (2009). *Producción de planta del género Pinus en vivero en clima templado frío*. Campo Experimental Valle del Guadiana INIFAP-SAGARPA. Durango, Dgo., México. Publicación Especial Núm. 28. 48 p.
- Robles-Villanueva, F. A., Rodríguez-Trejo, D. A. y Villanueva-Morales, A. (2017). Calidad de planta y supervivencia en reforestación de *Pinus montezumae* Lamb. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 8(42), 55-76.
<https://doi.org/10.29298/rmcf.v8i42.19>
- Rodríguez-Ortiz, G., Aragón-Peralta, R. D., Enríquez-del Valle, J. R., Hernández-Hernández, A., Santiago-García, W. y Campos-Angeles, G. V. (2020). Calidad de plántula de progenies selectas de *Pinus pseudostrobus* Lindl. var. *oaxacana* del sur de México. *Interciencia*, 45(2), 96-101.
- Rodríguez-Trejo, D. A. (2008). *Indicadores de calidad de planta forestal*. Mundiprensa México S.A. de C.V. Madrid (España). 156 p
- Romero-Arenas, O., Flores-Flores, A. del P., Rivera-Tapia, J. A., Hernández-Aldana, F., Parraguirre-Lezama, J. F. C., Villa-Ruano, N. y Landeta-Cortés, G. (2019). Producción de plántulas de *Pinus pseudostrobus* en composta a base de residuos de Shiitake en vivero. *Madera y Bosques* 25(1), e2511675
<https://doi.org/10.21829/myb.2019.2511675>
- Sáenz-Reyes, J. T., Muñoz-Flores, H. J., Pérez-D, C. M. Á., Rueda-Sánchez, A. y Hernández-Ramos, J. (2014). Calidad de planta de tres especies de pino en el vivero "Morelia", estado de Michoacán. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 5(26), 98-111.
<https://doi.org/10.29298/rmcf.v5i26.293>
- SAS Institute. (2022). The SAS system for Windows user's guide. Release 9.4 SAS Institute. Cary, NC. USA. Disponible en <https://support.sas.com/en/documentation/install-center/94/installation-guide-for-windows.html>
- Vicente-Arbona, J. C., Carrasco-Hernández, V., Rodríguez-Trejo, D. A. y Villanueva-Morales, A. (2020). Calidad de planta de *Pinus greggii* producida en sustratos a base de aserrín. *Madera y Bosques* 25(2), e2521784.
<https://doi.org/10.21829/myb.2019.2521784>



REMEDIACIÓN DE PARCELAS PERMANENTES EN SAN PEDRO EL ALTO, ZIMATLÁN, OAXACA

RE-MEASUREMENT OF PERMANENT PLOTS IN SAN PEDRO EL ALTO, ZIMATLÁN, OAXACA

María del Carmen Zárate-Salinas^{1§}, José Daniel García-García ¹, Héctor M. De los Santos-Posadas ², José
Cristóbal Leyva-López ¹, Moisés Raúl Hernández-Cortez ³

¹Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. Ex Hacienda de Nazareno, Santa Cruz Xoxocotlán, CP 71232, Oaxaca. ²Colegio de Postgraduados. Km 36.5 Carretera México-Texcoco, C.P. 56230, Montecillo, Texcoco, Edo de México. ³Dirección Técnica de San Pedro el Alto, Zimatlán, Oaxaca. [§]Autor de correspondencia: (118920158@voaxaca.tecnm.mx).

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo analizar el incremento volumétrico en masas mezcladas de pino en San Pedro el Alto, Zimatlán, Oaxaca. Con base en la información contenida en el programa de manejo y archivos de la Dirección Técnica Forestal, se ubicaron las parcelas permanentes de 1000 m² del inventario estratégico, establecidas en el 2014 y remedidas en 2022. De un total de 110 parcelas que fueron establecidas, fue posible remedir 57 parcelas, de los cuales 13 fueron cosechadas, 40 no fueron cosechadas y 4 en áreas incendiadas. En ambas mediciones se registró especie, diámetro normal y altura total de los árboles etiquetados, con los cuales posteriormente se calculó el volumen y área basal. Uno de los resultados relevantes, es que la proporción de volumen del periodo entre parcelas cosechadas y no cosechadas es muy similar (crecimiento relativo al volumen). Usando estimadores de proporción (razón) entre volúmenes 2014 y 2022 se tiene que, en las parcelas cosechadas, la proporción es de 1.32 mientras que en no cosechadas es de 1.37. Aunque hay ligeras diferencias, se aprecia una tasa base similar a pesar de que son masas forestales diversas en cuanto a edad, existencias reales, intensidades de corta y productividad.

Palabras clave: área basal, incremento, manejo forestal, monitoreo, volumen.

ABSTRACT

The objective of this work was to analyze the volumetric increase in mixed pine stands in San Pedro el Alto, Zimatlán, Oaxaca. Based on the information contained in the management program and files of the Dirección Técnica forestal, the permanent 1000 m² plots of the strategic inventory, established in 2014 and remeasured in 2022, were located. Out of a total of 110 plots that were established, it was possible to remeasure 57 plots, of which 13 were harvested, 40 were not harvested, and 4 were in burned areas. In both measurements, species, normal diameter, and total height of the tagged trees were recorded, with which the volume and basal area were subsequently calculated. One of the relevant results is that the volume ratio between harvested and non-harvested plots during the period is very similar (growth relative to volumen). Using proportion estimators (ratios) between volumes from 2014 and 2022, it is found that in the harvested plots, the ratio is 1.32, while in the non-harvested plots it is 1.37. Although there are slight differences, a similar base rate is observed despite the fact that the forest stands are diverse in terms



of age, actual stocks, cutting intensities, and productivity.

Index words: basal area, increment, forest management, monitoring, volumen.

INTRODUCCIÓN

Un programa de monitoreo a través del establecimiento de parcelas permanentes o también llamados sitios permanentes, permite a los manejadores e investigadores forestales observar diversas variables silvícolas, económicas, ecológicas, sociales y culturales relevantes. Esta información permite conocer el grado de cumplimiento de los objetivos planteados en los programas de manejo forestal (Corral-Rivas et al., 2013).

De acuerdo con Pinelo (2000) una parcela permanente de muestreo (*PPM*) es una superficie de terreno debidamente delimitada y ubicada geográficamente, en donde se registran datos ecológicos y dasométricos con la finalidad de obtener resultados sobre incremento, mortalidad, reclutamiento (ingresos), o de otro tipo de información previamente determinada. Por otro lado, Gómez (2010) la define, como una herramienta para el manejo e investigación de la dinámica de los bosques naturales (en su estado natural y bajo intervención).

Las parcelas permanentes permiten, a los forestales e investigadores forestales, observar diversas variables económicas y ecológicas. Dicha información es por lo general usada para construir, mejorar o actualizar modelos o procesos estadísticos, los cuales son empleados para entender mejor y predecir el desarrollo del bosque o rodal. Los resultados son útiles en la identificación de indicadores para el manejo sostenible del bosque (Kleinn y Morales, 2002). Corral-Rivas et al. (2013) plantean que estos constituyen el mejor soporte de datos para el desarrollo de los modelos de crecimiento y

producción forestal. Forman parte importante e integral del manejo sostenible del bosque. Proveen datos (cuantitativos y cualitativos) sobre los cambios de la vegetación arbórea, junto a otras fuentes de información (inventarios forestales, ensayos silviculturales, estudios ecológicos y fenológicos) permitiendo construir modelos de estructura del bosque, para definir tipos e intensidades de aprovechamiento y tratamientos silviculturales (Leaño y Saravia, 1998).

Corral-Rivas et al. (2013) expresan que con el fin de que los sitios proporcionen información útil para el desarrollo de simuladores de crecimiento y sobre el efecto que causan los tratamientos silvícolas sobre la estructura espacial de las unidades de manejo, es necesario realizar por lo menos tres mediciones sucesivas. El presente trabajo tuvo como objetivo analizar a través del monitoreo silvícola el incremento volumétrico a través de la remediación de parcelas permanentes en masas mezcladas de pino en San Pedro el Alto, Zimatlán, Oaxaca.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en San Pedro el Alto, la cual es una comunidad zapoteca ubicada en la Sierra Sur del estado de Oaxaca. Administrativamente forma parte del municipio de Zimatlán de Álvarez. La comunidad se distingue por ser una de las más grandes del estado, ya que su territorio abarca 29,682.11 ha, cubiertas casi totalmente de bosques (Rosas-Baños y Lara-Rodríguez, 2013). Esta comunidad de la Sierra Sur de Oaxaca fue una de las primeras en obtener su certificación en manejo forestal comunitario bajo los lineamientos del Forest Stewardship Council (FSC), en el año 2001 y desde entonces siguen certificados (Dirección Técnica Forestal, 2016).

Con base en la información del programa de manejo y archivos de la Dirección Técnica Forestal se ubicaron las parcelas permanentes de inventario de 1000 m² (parcelas circulares) establecidas en el



inventario estratégico en 2014 y remediadas en 2022 (8 años). De un total de 110 parcelas establecidas, fue posible remedir 57 de los cuales 13 fueron cosechadas (Cortas de regeneración y aclareo normal), 40 no fueron cosechadas y 4 se encontraron en áreas incendiadas recientemente. Se procedió a la ubicación de cada una de las parcelas para su remediación; dentro de las variables evaluadas fueron el número identificador de cada árbol, especie, diámetro normal a 1.30 m sobre el nivel del suelo y sobre las líneas que fueron marcadas en el árbol durante la primera medición, con la ayuda de una cinta diamétrica marca Forestry®, Suppliers de 5 m; para la medición de la altura se realizó con ayuda de un distanciómetro de marca Laser Technology®, TruPulse 200; y finalmente se volvieron a corroborar las características del lugar de cada parcela de muestreo.

Para la estimación del volumen y otros parámetros como diámetro normal, altura y área basal, se construyó una base de datos en Excel 2016 con los valores tomados en campo. Para el análisis del diámetro normal y altura se comparó la información obtenida en la primera medición con la información de la remediación de las parcelas para determinar cuántos centímetros o metros (altura) ha crecido esta variable dasométrica, obteniendo el diámetro y altura promedio por parcela en ambas mediciones. Para la variable de área basal se obtuvo la sumatoria de área basal por parcela y posteriormente se extrapoló a la hectárea, esto se realizó tanto para los datos de la primera medición como para la remediación. Para determinar el área basal por árbol se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Área basal} = \left(\frac{\pi}{40000}\right) Dn^2$$

Donde: área basal = m², Dn = diámetro normal (cm), $\pi = 3.141592$

Para estimar el volumen tanto para la primera medición como para la remediación se utilizaron los

modelos contenidos en el programa de manejo de acuerdo a las especies que se encontraron en cada una de las parcelas. Se obtuvo el incremento en volumen por parcela y posteriormente se extrapoló a la hectárea. Para determinar el número de árboles vivos se consideró el número de árboles encontrados en la parcela tanto para la primera medición como para la segunda medición y se extrapoló a la hectárea; finalmente se analizó la situación en la que se encontró cada parcela y se comparó con el plan de cortas del programa de manejo, para determinar si fueron intervenidos durante los últimos ocho años.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Diámetro normal y altura

Para la variable de diámetro normal y altura, se consideró únicamente árboles vivos; tanto en las parcelas cosechadas como en las no cosechadas se obtuvo un incremento en las variables de diámetro normal y altura como se muestra en la **Figura IA,B,C,D**. Ferrere (2015) evaluó el crecimiento del *Pinus radiata* sometido a diferentes tratamientos de raleo y poda en donde encontró que existe efecto del raleo y la poda sobre el crecimiento en diámetro medio cuadrático, al igual que como se muestra en las parcelas del presente estudio que fueron intervenidas con algún tratamiento silvicultural específicamente los intervenidos con aclareo. Hernández-Ramos et al. (2015) encontraron que para la especie de *P. teocote* en el oriente del estado de Hidalgo la altura máxima es de 30 m, para el caso de San Pedro el Alto, la altura máxima para esta especie es de 32 m, para especies como *P. pseudostrobus* y *P. montezumae* la altura máxima oscila entre 50 a 55 m, de manera conjunta la altura máxima encontrada es de 37.12 m correspondiente a la parcela 760, considerando que en las parcelas se encuentra una mezcla de especies de *Pinus* (12 especies registradas para San Pedro el Alto), *Quercus* y otras hojosas.

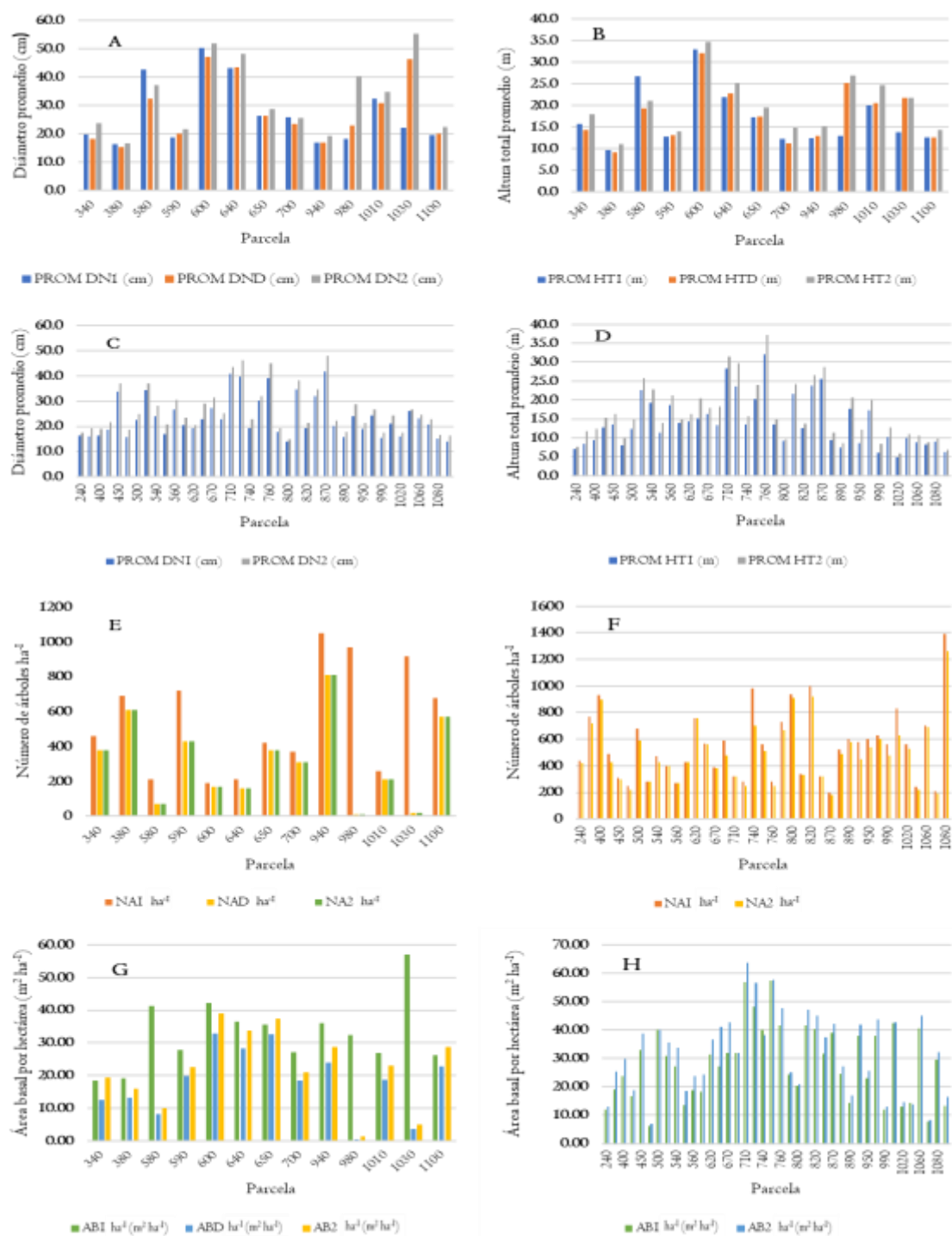


Figura 4. Diámetro normal y altura promedio, número de árboles por hectárea y área basal de parcelas permanentes cosechadas y no cosechadas.



A) diámetro normal (cm) promedio inicial, posterior a la cosecha y actual en parcelas cosechadas ; B) altura total (m) promedio inicial, posterior a la cosecha y actual en parcelas cosechadas; C) diámetro normal (cm) promedio inicial y actual en parcelas no cosechadas; D) altura total (m) promedio inicial y actual en parcelas no cosechadas; E) número de árboles ha^{-1} inicial, posterior a la cosecha y actual en parcelas cosechadas; F) número de árboles ha^{-1} inicial y actual en parcelas no cosechadas; G) área basal por hectárea ($\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$) inicial, posterior a la cosecha y actual en parcelas cosechadas; H) área basal por hectáreas ($\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$) inicial y actual en parcelas no cosechadas. PROM DNI = diámetro normal promedio inicial; PROM DND = diámetro normal promedio posterior a la cosecha; PROM DN2 = diámetro normal promedio actual; PROM HT1 = altura total promedio inicial; PROM HTD = altura total promedio posterior a la cosecha; PROM HT2 = altura total promedio actual; NAI ha^{-1} = número de árboles por hectárea inicial; NAD ha^{-1} = número de árboles por hectárea posterior a la cosecha; NA2 ha^{-1} = número de árboles por hectárea actual; ABI ha^{-1} = área basal por hectárea inicial; ABD ha^{-1} = área basal por hectárea posterior a la cosecha; AB2 ha^{-1} = área basal por hectárea actual.

Número de árboles

En la **Figura IE,F** se muestra el número de árboles vivos por parcela y por hectárea, en las parcelas que fueron cosechadas se puede visualizar que las parcelas 580, 980, 1030 presentan menor número de árboles, esto se debe a que fueron parcelas intervenidas con cortas de regeneración, mientras que el resto por aclareo normal. Para el caso de parcelas no cosechadas, la pérdida de árboles se atribuye a la mortalidad natural. Zepeda y Acosta (2000) encontraron que la proporción de mortalidad promedio es acelerada en las poblaciones de *P. montezumae*, por sus rendimientos y velocidades de saturación de los espacios de crecimiento disponibles, también aceleradas, una vez que los árboles superan el estado "cespitoso", comparando lo anterior, aquellas parcelas que presentaron mortalidad natural se atribuye esta causa al ser masas maduras y tener una densidad alta.

Área basal

Para esta variable tanto las parcelas cosechadas como no cosechadas tuvieron un incremento como se observa en la **Figura IG,H**, para el caso de las parcelas 690, 740 y 1050 que fueron negativos se debe a la pérdida de árboles ocasionada por mortalidad natural. Cruz-Leyva et al. (2010) a través del inventario obtuvieron un valor promedio de área basal (AB) de $19.96 \text{ m}^2 \text{ha}^{-1}$ bajo muestreo simple aleatorio (MSA) y de $22.54 \text{ m}^2 \text{ha}^{-1}$ bajo muestreo aleatorio estratificado (MEA) en bosques manejados de *P. patula* y *P. teocote* en el ejido Atopixco, Hidalgo, los cuales son también valores obtenidos en algunos de las parcelas permanentes de San Pedro el Alto, como la parcela 710 con $63.75 \text{ m}^2 \text{ha}^{-1}$, siendo este el valor máximo de área basal encontrado.

Tabla 2. Incremento medio anual (IMA) en parcelas cosechadas y no cosechadas.

Tratamiento	Incremento promedio en volumen ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$)	Incremento medio anual ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$) de los últimos 8 años en volumen
Parcelas cosechadas		
Aclareo normal	77.536	9.692
Corta de regeneración	34.026	4.253
Parcelas no cosechadas		
Sin tratamiento	77.445	9.681



Tabla 2. Incremento corriente anual del 2014-2022 con el estimador de proporción y asumiendo cero cosecha en el periodo.

	RTA medio 2014 ($\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$)	RTA medio 2022 ($\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$)	Cambio medio RTA (m^3 ha^{-1}) en 8 años	ICA 2014-2022 (m^3 $\text{ha}^{-1}/\text{año}$)
Cosechados y no cosechados		384.4	111.4	13.9
No cosechados	273.0	375.0	102.0	12.7
Cosechados		376.7	103.7	13.0

RTA = rollo total árbol; ICA = incremento corriente anual

Volumen

Cruz-Leyva et al. (2010) encontraron que volumen de madera promedio obtenido fue de $118.89 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (MSA) y de $140.69 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ para el caso de *P. patula* y *P. teocote* en el ejido Atopixco, Hidalgo, para el caso de San Pedro el Alto, la parcela 710 cuenta con $1057.984 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, siendo este el valor máximo de volumen encontrado. En la **Tabla I** se muestra el incremento promedio en volumen y el incremento medio anual (IMA) en las parcelas que fueron cosechadas con tratamientos de aclareo normal, con lo que se tuvo un incremento promedio por parcela de $77.536 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ y un incremento medio anual de $9.692 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}/\text{año}$. Para las parcelas que fueron cosechadas con cortas de regeneración se obtuvo un incremento promedio por parcela de $34.026 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ y un incremento medio anual de $4.253 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}/\text{año}$, considerando que el volumen residual en cortas de regeneración es bajo, aun así, se obtuvo un incremento considerable. Para las parcelas no cosechadas se tuvo un incremento promedio por parcela de $77.445 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ y un incremento medio anual de $9.681 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}/\text{año}$. A través de una regresión lineal de volumen por hectárea tanto de las parcelas que fueron cosechadas como de las no cosechadas, se puede decir que el volumen aumentó en un 19 % del volumen residual.

Uno de los resultados relevantes sugiere que la proporción de volumen del periodo entre parcelas cosechadas y no cosechadas es muy similar (crecimiento relativo al volumen). Usando

estimadores de proporción (razón) entre volúmenes 2014 y 2022 se tiene que en parcelas cosechadas esta proporción es de 1.32 mientras que en no cosechadas es de 1.37.

De las variables medidas (diámetro, altura, número de árboles y área basal) que se ven reflejadas en el volumen y en consecuencia en el incremento, presentan en promedio valores similares en parcelas cosechadas y no cosechadas, y aunque aparentemente no se aprecian grandes diferencias, se tiene que considerar que son masas forestales que presentan marcadas diferencias en cuanto a edad, existencias reales y sobre todo productividad, además, de lo anterior se tiene que considerar las diferentes intensidades de corta y la aplicación; en algunos parcelas con cortas de regeneración de árboles padres, aun cuando el objetivo es la renovación de la masa, se presentan incrementos a considerar en los árboles padres dejados en pie, por lo que se hace necesario analizar en forma particular lo que sucede en cada parcela.

CONCLUSIONES

Las masas mezcladas de San Pedro el Alto, tanto cosechadas como no cosechadas están incrementando en volumen a un promedio del 19 % del volumen residual (cosechados 21 % y no cosechados 19 %). Es interesante ver como aun ante fuertes cambios de densidad el crecimiento relativo se mantiene constante. Utilizando los datos del inventario estratégico como base de comparación para estimar la cosecha potencial de



San Pedro el Alto se tiene que de haberse usado los datos de crecimiento la posibilidad estimada RTA hubiera rondado los 316,000 m³/año comparado con la estimada mediante métodos tradicionales de virutas de incremento que fue de 137,000 m³/año. Sin duda es de interés para el manejo forestal en México que se pueda contar con datos de sitios de remediación operativos que permitan estimar el crecimiento total de manera precisa para estimar de manera confiable la potencialidad de cosecha de los bosques bajo manejo.

REFERENCIAS

- Cruz-Leyva, I.A., Valdez-Lazalde, J.R., Ángeles-Pérez, G.A. y De los Santos-Posadas, H.M. (2010). Modelación espacial de área basal y volumen de madera en bosques manejados de *Pinus patula* y *P. teocote* en el ejido Atopixco, Hidalgo. *Madera y Bosques*, 16(3), 75-97. <https://doi.org/10.21829/myb.2010.1631168>
- Corral-Rivas, J., Vargas-Larreta, B.L., Wehenkel, C., Aguirre-Calderón, O. A. y Crecente-Campo, F. (2013). *Guía para el Establecimiento, Seguimiento y Evaluación de Sitios Permanentes de Monitoreo en paisaje productivos forestales*. CONACYT. Durango. 3-65.
- Dirección Técnica Forestal. (2016). *Programa de Manejo forestal para el aprovechamiento de recursos forestales maderables San Pedro el Alto, Zimatlán, Oax. México*. p. 601.
- Ferrere, P., Lupi, A.M. y Boca, T. (2015). Crecimiento del *Pinus radiata* sometido a diferentes tratamientos de raleo y poda en el sudeste de la provincia de Buenos Aires. *Argentina Bosque*, 36(3), 423-434. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002015000300009>
- Gómez, C. C. (2010). *Instalación de parcelas permanentes de muestreo, ppm, en los bosques tropicales del Darién en Panamá* [Comarca Embera-Wounaan]. ITTO. Panamá. p. 2.
- Hernández-Ramos, J., García-Magaña, J.J., García-Cuevas, X., Hernández-Ramos, A., Muñoz-Flores, H.J. y Samperio-Jiménez, M. (2015). Índice de sitio para bosques naturales de *Pinus teocote* Schlecht. & Cham. en el oriente del estado de Hidalgo. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 6(27), 24-37. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v6i27.278>
- Kleinn, C. y Morales, D. (2002). Consideraciones metodológicas al establecer parcelas permanentes de observación en bosque natural o plantaciones forestales. *Revista Forestal Centroamericana*, 39-40, 6-12. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/5953466732>
- Leaño, C. y Saravia, P. (1998). *Monitoreo de Parcelas Permanentes de Medición en el Bosque Chimanes*. BOLFOR. Bolivia. p.II-1.
- Pinelo, M. (2000). *Manual para el establecimiento de parcelas permanentes de muestreo en la Reserva de la Biósfera Maya, Petén, Guatemala*. Manual Técnico No. 40. Colección Manejo Forestal en la Reserva de la Biósfera Maya Petén, Guatemala. CATIE. Cartago, Costa Rica. Publicación Núm. 10. 2-3. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/3006>
- Rosas-Baños, M. y Lara-Rodríguez, R. (2013). Desarrollo endógeno local sustentable y propiedad común: San Pedro El Alto, México. *Cuadernos de Desarrollo Rural*, 10(71), 59-80.
- Zepeda-Bautista, E.M y Acosta-Mireles, M. E. (2000). Incremento y rendimiento maderable de *Pinus montezumae* Lamb., en San Juan Tetla, Puebla. *Madera y Bosques*, 6(1), 15-27. <https://doi.org/10.21829/myb.2000.611332>



ESTIMACIÓN DE CARBONO ARBÓREO AÉREO MEDIANTE MUESTREO SIMPLE Y ESTRATIFICADO

ESTIMATION OF ABOVEGROUND TREE CARBON USING SIMPLE AND STRATIFIED SAMPLING

Yazmin Pérez-Alavez^{1§}, Gerardo Rodríguez-Ortiz¹, Wenceslao Santiago-García², Iván José Aguilar-Pinacho¹, Salvador Lozano-Trejo¹, Marcos Emilio Rodríguez-Vásquez¹

¹Tecnológico Nacional de México, Campus Valle de Oaxaca (ITVO). Ex hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca, México. C.P. 71233. ²Universidad de la Sierra Juárez, División de Estudios de Postgrado-Instituto de Estudios Ambientales, Oaxaca. [§]Autor de correspondencia: (d12920272@voaxaca.tecnm.mx).

RESUMEN

Los métodos de muestreo aplicados a inventarios forestales son útiles para estimar de manera confiable los montos de carbono (C) en ecosistemas forestales, lo cual se mejora al incluir esquemas de estratificación. El objetivo fue estimar los montos de C aéreo arbóreo en bosques de pino-encino, mediante muestreo simple (MSA) y muestreo estratificado-aleatorio (MEA). El predio bajo estudio (49 ha) se dividió con base a la superficie bajo tratamientos silvícolas (estratos), en 2023 se establecieron de manera aleatoria 60 sitios (UM) de 400 m²; se realizó inventario del arbolado y se estimó volumen maderable (V) y C contenido en la biomasa (CB) arbórea aérea. Los indicadores estadísticos de ambos muestreos se obtuvieron para las variables V, B y C utilizando PROC SURVEYMEANS del Sistema de Análisis Estadístico; los montos se infirieron por hectárea y total poblacional y por estrato para determinar los errores de muestreo (B). La variable recomendable para la estimación de los montos de C aéreo es el volumen utilizando MEA, ya que reduce en 16.3 % el error de muestreo en relación al MSA. El volumen maderable es una de las variables principales y de fácil obtención en los inventarios forestales, lo cual hace que los inventarios de C sean confiables y de menor costo.

Palabras clave: error de muestreo, estrato, muestreo aleatorio, precisión.

ABSTRACT

Sampling methods applied to forest inventories are useful to reliably estimate the amounts of carbon (C) in forest ecosystems, which is improved by including stratification schemes. The objective was to estimate the amounts of arboreal aerial C in pine-oak forests, using simple sampling (MSA) and stratified-random sampling (MEA). The property under study (49 ha) was divided based on the surface under silvicultural treatments (strata) and in 2023, 60 sites (UM) of 400 m² were randomly established; An inventory of the trees was carried out and timber volume (V) and C content in the aerial tree biomass (CB) were estimated. The statistical indicators of both samples were obtained for variables V, B and C using PROC SURVEYMEANS of the Statistical Analysis System; the amounts were inferred per hectare and total population and per stratum to determine sampling errors (B). The recommended variable for estimating the amounts of aerial C is the volume using MEA, since it reduces the sampling error in relation to the MSA by 16.3 %. Timber volume is one of the main and easily obtained variables in forest inventories, which makes C inventories reliable and lower cost.



Index words: sampling error, stratum, random sampling, precision.

INTRODUCCIÓN

Los bosques bajo manejo forestal adecuado brindan diferentes tipos de beneficios, sociales, económicos, regulación del clima y sobre todo tienen la capacidad de capturar de dióxido de carbono (CO_2) (Guzmán-Santiago et al., 2024); este se absorbe en la biomasa vegetal aérea y en la materia orgánica, ayudando con la mitigación de los gases de efecto invernadero (*GEI*). La biomasa obtenida a través del volumen maderable permite cuantificar el carbono (C) almacenado que existe en un área determinada y es un indicador de la productividad del ecosistema (Wu y Xu, 2023; Cuevas-Cruz y Aquino-Ramírez, 2020).

Los bosques templados son considerados como los ecosistemas con mayor acumulación de C por unidad de superficie, incluyendo la biomasa aérea y el suelo (Leyva-Pablo et al., 2021). En un bosque con manejo forestal la acumulación de C y la disponibilidad de nutrientes dependerán del tipo de manejo que se realice; con un manejo forestal adecuado el impacto puede no ser negativo en el C del ecosistema y mejora su secuestro (Ronquillo-Gorgúa et al., 2022). Existen diferentes métodos de manejo forestal en México, como el método mexicano de ordenación de bosques irregulares (*MMOBI*), que indica que las cortas deben ser menos intensivas en comparación con otras alternativas, se basa en selección en grupo y remueve menos árboles generando un menor impacto en el bosque; esto ayuda a tener una mayor heterogeneidad edades y tamaños de los árboles (Cortés-Pérez et al., 2021). Por otro lado, el método de desarrollo silvícola (*MDS*) se considera de alta intensidad y se refiere a tala intensiva de la cobertura del dosel casi por completo, propiciando bosques con características homogéneas en especie, edad, altura, densidad y estructura (Gorgonio-Ramírez et al., 2017).

El muestreo consiste en seleccionar cierta cantidad de sitios y la estratificación disminuye la variación en el estrato, aunque ésta se incrementa entre estratos, lo cual mejora la calidad de los estadísticos, así como la reducción del error de muestreo poblacional (Fierros-Mateo et al., 2018; Fattorini et al., 2015). En este sentido, el objetivo de este trabajo fue estimar los montos de C aéreo arbóreo en bosques de pino-encino, mediante muestreo simple-aleatorio (*MSA*) y muestreo estratificado-aleatorio (*MEA*).

MATERIALES Y MÉTODOS

Muestreo simple aleatorio (*MSA*) y muestreo estratificado aleatorio (*MEA*)

El predio denominado “El Encino” se ubica en San José del Pacífico, Miahuatlán Oaxaca, cuenta con una superficie de 120 ha; se dividió con base a la superficie bajo tratamientos silvícolas (estratos) y en 2023 se establecieron de manera aleatoria 60 sitios (*UM*) de 400 m²; se realizó inventario del arbolado y se estimó volumen maderable (*V*) y C contenido en la biomasa (*CB*) arbórea aérea. Los indicadores estadísticos de ambos muestreos se obtuvieron para las variables *V*, *B* y *C* utilizando PROC SURVEYMEANS del Sistema de Análisis Estadístico; los montos se infirieron por hectárea y total poblacional y por estrato para determinar los errores de muestreo (*B*).

El *MSA* se realizó bajo las metodologías de Scheaffer et al. (1986) y Rodríguez-Franco (1998) para obtener los estimadores estadísticos: media ($\bar{y}$), error estándar de la media $EE = \sqrt{\frac{s^2}{n} \left(1 - \frac{n}{N}\right)}$, precisión $D = \sqrt{\frac{s^2 \times (N-n)}{n \times (N-1)}}$, intervalos de confianza (95 %) $IC = \bar{y} \pm \left(EE \times Z_{\alpha/2}\right)$ y error de muestreo $B = \left(\frac{EE}{\bar{y}}\right) \times 100$. Donde: s^2 = varianza, n = número de sitios



establecidos (60), N = tamaño poblacional (1197 UM).

Para aplicar *MEA* se usaron como estratos los tratamientos silvícolas (aclareos I, 2 y 3, cortas de regeneración-CR) y un área bajo conservación, con tamaños de muestras proporcionales al tamaño. En este muestreo se obtuvo (Scheaffer et al., 1986):

media estratificada $\bar{y}_{st} = \frac{\sum_{i=1}^k \bar{y}_i \times N_i}{\sum_{i=1}^k N_i}$, donde $\bar{y}_i$ =

media del tratamiento silvícola, N_i = tamaño del estrato; error estándar de la media estratificada

$S\bar{y}_{st} = \sqrt{\frac{1}{N^2} \sum_{i=1}^k \left[\frac{N_i^2 \times S_i^2}{n_i} \left(1 - \frac{n_i}{N_i} \right) \right]}$, donde N

= unidades de muestreo de todo el predio, S_i^2 = varianza en cada estrato, n_i = tamaño de muestra de cada estrato, N_i = tamaño de estrato; precisión

$D = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k N_i \times S_i^2 (N_i - n_i)}{n_i (N_i^2)}}$, intervalos de

confianza (95 %) $IC = \bar{y}_{st} \pm (S\bar{y}_{st} \times Z_{\alpha/2})$;

y error de muestreo $B = \left(\frac{\bar{y}_{st}}{S\bar{y}_{st}} \right) \times 100$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Utilizando *MSA* se obtuvo una media de 173.7 t C ha⁻¹, la cual puede tener una variación de 8.5 t C ha⁻¹ (D), sin embargo, el error de muestreo se maximiza (B = 5.0 %) al utilizar en el cálculo los montos de C aéreo arbóreo; si se utilizara bajo esta misma estrategia de muestreo, las variables de volumen y biomasa el error de muestreo podría

Tabla I. Indicadores estadísticos de muestreo simple aleatorio (*MSA*) (Scheaffer et al., 1986).

Variable	$\bar{Y}$ (t ha ⁻¹)	EE (t ha ⁻¹)	ICI (95 %)	ICS (95 %)	s^2 (t ha ⁻¹)	D (t ha ⁻¹)	B (%)
Carbono (t ha ⁻¹)	173.7	8.7	156.758	190.711	4593.1	8.5	5.0
Biomasa (t ha ⁻¹)	418.4	19.5	380.238	456.470	23154.6	19.2	4.6
Volumen (m ³ ha ⁻¹)	819.9	38.6	744.359	895.514	91032.4	38.0	4.7

$\bar{y}$ = media, EE = error estándar s^2 = varianza, D = precisión, B = error de muestreo.

reducirse entre 0.3 % y 0.4 % respectivamente (**Tabla I**). Por otra parte, al realizar la estratificación de acuerdo a la superficie de cada tratamiento silvícola, la variable que más redujo el B (4.3 %) fue el volumen, contrario a lo que sucede cuando se utiliza biomasa y carbono en el cálculo de los estadísticos del muestreo. El *MEA* genera una media estratificada de 174.642 t C ha⁻¹, ponderada de acuerdo al tamaño del estrato (**Tabla 2**).

Para que la información de los inventarios forestales maderables sea confiable se utiliza la variable volumen por su facilidad de obtenerse en campo, en comparación a la biomasa y carbono; debido a que está estrechamente relacionada con los montos de C aéreo arbóreo se sugiere utilizar para el cálculo de los estimadores de muestreo en proyectos de secuestro de C, ya que se busca un enfoque que optimice recursos y diseñe estrategias de muestreo, tomando las decisiones necesarias sobre el aprovechamiento adecuado del bosque (Köhl y Magnussen, 2016; CATIE, 2002).

El *MSA* debe aplicarse sobre masas forestales homogéneas, situación difícil de encontrar en los ecosistemas arbóreos de México; por ello, Tamarit-Urias et al. (2021) opinan que el *MEA* tiene mayor ganancia en precisión y error de muestreo, por ello es recomendable su uso en inventarios de C; esto concuerda con lo encontrado en este estudio.



Tabla 2. Indicadores por estrato (tratamiento silvícola) con muestreo estratificado aleatorio (MEA).

Variables	Tratamiento silvícola				
	IA	2A	3A	CR	Testigo
n_i	11	17	11	11	10
Superficie (ha)	8.438	14.871	7.208	10.228	7.132
N_i (UM)	211	372	180	256	178
t-Student	2.201	2.11	2.201	2.201	2.228
Carbono ($t\ ha^{-1}$)					
$S\bar{y}_i$	12.902	13.608	18.342	31.103	23.678
$\bar{y}_i$	185.740	174.737	150.171	181.536	176.160
ICI (95 %)	157.344	146.027	109.801	113.079	123.402
ICS (95 %)	214.138	203.448	190.541	249.992	228.918
$\bar{y}_{st}$	174.642				
D	8.867				
B (%)	5.2				
Biomasa ($t\ ha^{-1}$)					
$S\bar{y}_i$	40.271	31.374	46.304	60.822	48.013
$\bar{y}_i$	470.115	397.297	370.269	443.876	422.032
ICI (95 %)	381.479	331.104	268.354	310.007	315.052
ICS (95 %)	558.752	463.490	472.184	577.744	529.012
$\bar{y}_{st}$	419.697				
D	19.500				
B (%)	4.7				
Volumen ($m^3\ ha^{-1}$)					
$S\bar{y}_i$	73.224	61.288	90.197	126.274	98.742
$\bar{y}_i$	910.392	788.267	723.633	865.648	829.927
ICI (95 %)	749.228	658.959	525.110	587.721	609.916
ICS (95 %)	1071.556	917.574	922.154	1143.575	1049.937
$\bar{y}_{st}$	822.796				
D	38.922				
B (%)	4.3				

n_i = tamaño de muestra por estrato, $\bar{y}_i$ = media de estrato, $S\bar{y}_i$ = error estándar del estrato, ICI = intervalo de confianza inferior, ICS = intervalo de confianza superior, N_i = tamaño del estrato, $\bar{y}_{st}$ = media estratificada, D = precisión, EM = error de muestreo, UM = unidad de muestreo).



De las tres variables evaluadas, el V es más fácil de obtener en campo, lo cual hace altamente eficiente el muestreo independiente del diseño utilizado (Adichwal et al., 2019). En MEA se obtuvo una precisión $D = 8.87 \text{ t C ha}^{-1}$, usando en el inventario sitios de 400 m^2 ; esto concuerda a lo reportado por Tadeo-Noble et al. (2014), quienes encontraron un valor de B entre 7.1 t C ha^{-1} y 10.1 t C ha^{-1} . Tamarit-Urias et al. (2021) y Roldán et al. (2014) utilizaron muestreo estratificado con el cual encontraron menor error y mayor precisión. Por otro lado, los planes de manejo forestal maderable (PMF) en México deben realizarse con base en la Norma Oficial Mexicana NOM-152-SEMARNAT-2023, que exige en inventarios una confiabilidad mínima de 95 % ($\alpha = 0.05$) y un error de muestreo máximo de 10 % a nivel predio (poblacional) (SEMARNAT, 2023). Este requerimiento se cumple bajo un diseño simple o en estratos, pero el error B se minimiza al utilizar MEA y usar la variable volumen para determinar los indicadores estadísticos del muestreo.

CONCLUSIONES

La mejor estrategia en la selección de un diseño de muestreo para la realización de inventarios de carbono (C) aéreo arbóreo sucede utilizando la variable volumen maderable para calcular los indicadores estadísticos del muestreo elegido. El muestreo estratificado con selección aleatoria de unidades muestrales (MEA) reduce 16.3 % el error de muestreo en comparación al muestreo simple aleatorio, utilizando en las estimaciones el volumen maderable. Se recomienda usar el volumen maderable y MEA para proyectos de C en ecosistemas forestales de México, ya que el error de muestreo se minimiza y los costos de muestreo del inventario tienden a reducirse.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Humanidades Ciencias y Tecnologías través de la beca número 677125 del Programa Nacional de Posgrados de Calidad (PNPC), con el tema de investigación “Potencial de secuestro de carbono en rodales con aprovechamiento maderable del sur de Oaxaca”.

REFERENCIAS

- Adichwal, N. K., Sharma, P., Singh, Y. R. and Singh, R. (2019). A class of estimators for population mean utilizing information on auxiliary variables using two phase sampling schemes in the presence of non-response when study variable is an attribute. *Pakistan Journal of Statistics*, 35(3), 187-196. <http://www.pakjs.com/wp-content/uploads/2019/10/35301>
- Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). (2002). *Inventarios forestales para bosques latifoliados en América Central*. Cartago, Costa Rica. Serie: Manual Técnico Núm. 50. 264 p.
- Cortés-Pérez, M., León-González, F., Paz-Pellat, F., Leyva-Pablo, T., Santiago-García, W., Ponce-Mendoza, A. y Fuentes-Ponce, M. (2021). Almacenamiento de carbono aéreo en un bosque templado de Oaxaca: manejo de alta y baja intensidad. *Madera y Bosques*, 27(spe), e2742440. <https://doi.org/10.21829/myb.2021.2742440>
- Cuevas-Cruz, J.C. y Aquino-Ramírez, M. (2020). Ecuaciones de aditividad para la estimación de biomasa aérea de *Pinus cembroides* Zucc. *Madera y Bosques*, 26(1), e2611821. <https://doi.org/10.21829/myb.2020.2611821>
- Fattorini, L., Corona, P., Chirici, G. & Pagliarella, M. C. (2015). Design-based strategies for sampling spatial units from regular grids with applications to forest



- surveys, land use, and land cover estimation. *Environmetrics*, 26(3), 216-228. [doi:10.1002/env.2332](https://doi.org/10.1002/env.2332)
- Fierros-Mateo, R., Los Santos-Posadas, H. M., Fierros-González, A. M., Cruz-Cobos, F., Martínez-Ángel, L., Velasco-Bautista, E., y Quiñonez-Barraza, G. (2018). «Estimadores De Muestreo Para Inventario De Plantaciones De *Pinus Chiapensis* Martínez) Andresen». *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 9(47), México, ME:131-50. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i47.155>
- Gorgonio-Ramírez, M., Clark-Tapia, R., Campos, J. E., Mon-salvo-Reyes, A., y Alfonso Corrado, C. (2017). Diversidad y estructura genética de *Quercus crassifolia* en sitios de manejo forestal y uso local en Sierra Juárez, Oaxaca. *Madera y Bosques*, 23(2), 85-98. [doi: 10.21829/myb.2017.2321122](https://doi.org/10.21829/myb.2017.2321122)
- Guzmán-Santiago, J.C., De los Santos-Posadas, H.M., Vargas-Larreta, B., Gómez-Cárdenas, M., y Marroquín-Morales, P. (2024). Estimación de biomasa y carbono aéreo en bosques templados del sur de México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 11(2), e3934. [doi: 10.19136/era.v11n2.3934](https://doi.org/10.19136/era.v11n2.3934)
- Köhl, M. and S. Magnussen. (2016). *Sampling in forest inventories*. In: Pancel, L. and Köhl M. (eds). *Tropical Forestry Handbook*. Heidelberg, Germany. 777-837.
- Leyva-Pablo, T., León-González, F., Etchevers-Barra, J. D., Cortés-Pérez, M., Santiago-García, W., Ponce-Mendoza, A., y Fuentes-Ponce, M. H. (2021). Almacenamiento de carbono en bosques con manejo forestal comunitario. *Madera y Bosques*, 27(spe), e2742421. <https://doi.org/10.21829/myb.2021.2742421>
- Ronquillo-Gorgúa, N., Razo-Zárate, R., Rodríguez-Laguna, R., Acevedo-Sandoval, O. A., Hernández-Ortiz, J., y Manzur-Chávez, N. (2022). Almacenamiento de carbono en etapas de crecimiento de *Pinus patula* Schiede ex Schltdl. & Cham. en la Sierra Alta Hidalguense. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 28(3), 483-497. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2022.02.009>
- Grafström, A., Saarela, S., & Ene, L. T. (2014). Efficient sampling strategies for forest inventories by spreading the sample in auxiliary space. *Canadian Journal of Forest Research*, 44(10), 1156-1164. [doi: 10.1139/cjfr-2014-0202](https://doi.org/10.1139/cjfr-2014-0202)
- Roldán, C. M. A., De los Santos-Posada, H. M., Ramírez M. H., Valdez, L. J. R., Ángeles P. G. y Velázquez, M. A. (2014). Estimadores de muestreo para inventario de plantaciones forestales comerciales de eucalipto en el sureste mexicano. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 5(26), 38-56. [doi:10.29298/rmcf.v5i26.289](https://doi.org/10.29298/rmcf.v5i26.289)
- Scheaffer, R., De Mendenhall, W., y Ott, L. (1986). *Muestreo aleatorio simple*. Editorial Iberoamericana, elementos de muestreo. Instituto Autónoma de México .79-101.
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2023). Norma Oficial Mexicana NOM-152-SEMARNAT-2006, Que establece los lineamientos, criterios y especificaciones de los contenidos de los programas de manejo forestal para el aprovechamiento de recursos forestales maderables en bosques, selvas y vegetación de zonas áridas. Diario Oficial de la Federación. Secretaría de Gobernación. México, D. F., México. http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5064731&fecha=17/10/2008
- Tadeo-Noble, A. E., De Los Santos-Posadas, H. M., Ángeles-Pérez, G, y Torres-Pérez, J. A. (2014). Muestreo por conglomerados para manejo forestal en el Ejido Noh Bec, Quintana Roo. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 5(25), 64-83.



Tamarit- Urias, J. C., De los Santos-Posadas, H. M., Aldrete, A., Valdez-Lazalde, J. R., Ramirez-Maldonado, H., y Guerra-De la Cruz, V. (2021). Estrategia de muestreo óptima para la planeación del inventario maderable en plantaciones comerciales de *Tectona grandis* L.f. *Revista Mexicana De Ciencias Forestales* 12 (68), 58-80.

<https://doi.org/10.29298/rmcf.v12i68.1074>

Wu, H. & Xu, H.A. (2023). Review of sampling and modeling techniques for forest biomass inventory. *Agricultural & Rural Studies*, 1(10002), 2-12.
<https://doi.org/10.59978/ar01010002>



DIVERSIDAD DE MESOFAUNA Y MACROFAUNA EDÁFICA EN PASTIZAL Y CAFETAL
DIVERSITY OF MESOFAUNA AND EDAPHIC MACROFAUNA IN GRASSLANDS AND
COFFEE PLANTATIONS

Luis Gerardo Vázquez-Guevara¹, Andrés Adrián Urías-Salazar², Alejandro García-Ramírez³, Leandro Charão Schwertner⁴, Luis Eduardo Tamayo-Ruiz^{2§}

¹Universidad Autónoma de Tamaulipas, Facultad de Ingeniería y Ciencias, Centro Universitario, CP.87120, Cd. Victoria, Tamaulipas, México. ²Universidad del Valle de México, Centro de Investigación, Innovación y Desarrollo Tecnológico, Blvd. Los Castillos Fracc 275, Montes Azules C.P.29056 Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. ³Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) - Campo Experimental Uruapan, Av. Latinoamericana 1101, Uruapan, Michoacán México, C.P. 60150. ⁴Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT) Av. Perimetral Rogério Silva, 4930, Jardim Flamboyant, Alta Floresta, MT. C.P. 78850-000. §Autor de correspondencia: (luis_tamayor@my.uvm.edu.mx).

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue comparar la diversidad de la mesofauna y macrofauna del suelo en dos sistemas contrastantes de manejo. Las muestras se recolectaron en el municipio de Villacorzo, Chiapas en dos sitios, cafetal y pastizal. Los organismos se extrajeron a través de monolitos obtenidos al insertar un tubo de PVC en puntos muestreo a 20 cm de profundidad en tres transectos con una distancia de 20 m entre transectos y 2 m lineales entre puntos. Los organismos se identificaron a nivel familia y se determinó la diversidad por el índice de Shannon, el cual indicó que la diversidad es moderada en el cafetal con diferencias entre transectos con el índice más alto de 1.29, en el sistema fue predominante la familia Formicidae, asociado al sistema agroforestal propio de los cafetales. El pastizal presentó índices de Shannon más bajos, y diferentes entre transectos, con valores entre 1.11 a 0.32 en su valor más bajo, el cual puede verse afectado por la presión ambiental, sin embargo, predomina la familia Formicidae, la cual tiene la facultad de colonizar con facilidad distintos tipos de hábitats. El cafetal tiene una comunidad de organismos más equilibrado, por lo que la

conservación de la meso y macrofauna del suelo es esencial para prevenir y fomentar la degradación de materia orgánica.

Palabras clave: agricultura regenerativa, biodiversidad, *Coffea arabica*, *Cynodon dactylon*.

ABSTRACT

The objective of this research was to compare the diversity of soil mesofauna in two contrasting management systems. Samples were collected in the municipality of Villacorzo, Chiapas in two sites, coffee plantation and pasture. The organisms were extracted through monoliths obtained by inserting a PVC tube in sampling points at 20 cm depth in three transects with 20 m between transects and 2 linear meters between points. Organisms were identified at the family level and diversity was determined by the Shannon index, which indicated that diversity is moderate in the coffee plantation with differences between transects with the highest index of 1.29. The Formicidae family was predominant in the system, associated with the agroforestry system of the coffee plantations. The grassland presented lower Shannon indexes, and different between transects,



with values between 1.11 and 0.32 in its lowest value, which can be affected by environmental pressure, however, the Formicidae family predominates, which can easily colonize different types of habitats. The coffee plantation has a more balanced community of organisms, so the conservation of the soil meso and macrofauna is essential to prevent and promote the degradation of organic matter.

Index words: regenerative agriculture, biodiversity, biodiversity, *Coffea arabica*, *Cynodon dactylon*.

INTRODUCCIÓN

La agricultura regenerativa (AR) ha surgido como un enfoque con miras a abordar los desafíos por la agricultura convencional, la cual se basa en el mantenimiento de la salud y mantenimiento del ecosistema suelo (LaCanne y Lundgren, 2018). En ese sentido la AR considera el papel vital de la macrofauna del suelo con el fin de lograr la sostenibilidad de los agroecosistemas (Fontaine et al., 2023; Gazdag et al., 2019). La mesofauna del suelo implica una serie de organismos entre gusanos, artrópodos y una larga lista de organismos son componentes esenciales del ecosistema, los cuales contribuyen al ciclo de nutrientes, otorgan estructura y salud del suelo (LaCanne y Lundgren, 2018).

La macrofauna es un componente principal que integra a otros componentes del ecosistema, lo que da lugar a los distintos procesos biológicos que son críticos para el crecimiento y desarrollo de las plantas (Stork y Eggleton, 1992). Cada organismo puede tener varias funciones específicas, como las lombrices de tierra, pueden mover físicamente partículas de suelo, generan madrigueras y canales que permiten la aireación y la infiltración del agua, así como la formación de suelos agregados y

previenen la erosión. Esto trae consigo mayor disponibilidad de oxígeno y agua para las raíces de las plantas, lo que promueve condiciones óptimas para la toma de nutrientes y salud de la planta y comunidades microbianas (Sharma, 2024; Pelaez-Sanchez et al., 2024). Las hormigas a través de la modificación de la estructura del suelo contribuyen a la disponibilidad de nutrientes, principalmente por su capacidad de mineralización (Zuo et al., 2021). Otros organismos como lo son los escarabajos contribuyen a la descomposición de la materia orgánica y con ello la reincorporación de los nutrientes al suelo, además suelen ser indicadores de la salud del suelo (Slade et al., 2016; Elmquist et al., 2023). Las termitas por su parte añaden estructura al suelo a través de sus redes de túneles y cámaras (Jouquet et al., 2011).

Por lo anterior la diversidad y abundancia de estos organismos son cruciales para mantener la salud y productividad del ecosistema del suelo a través de los distintos servicios ecosistémicos y que permitan la sostenibilidad de los sistemas de producción a través de prácticas de agricultura de conservación, adición de coberturas, lo que permita el mantenimiento de la macrofauna del suelo (Bedano et al., 2019). El objetivo de esta investigación es comparar la diversidad de la macrofauna y mesofauna del suelo en dos sistemas contrastantes de manejo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las muestras se colectaron en el municipio de Villa Corzo, Chiapas. El estudio se llevó a cabo durante el periodo de febrero a abril. La región VI Frailesca presenta climas cálidos y semicálidos, predominando el clima cálido subhúmedo con lluvias en verano. La temperatura media anual es de 24°C, con máximas de 36 °C y mínimas de 15 °C (Figura 1).

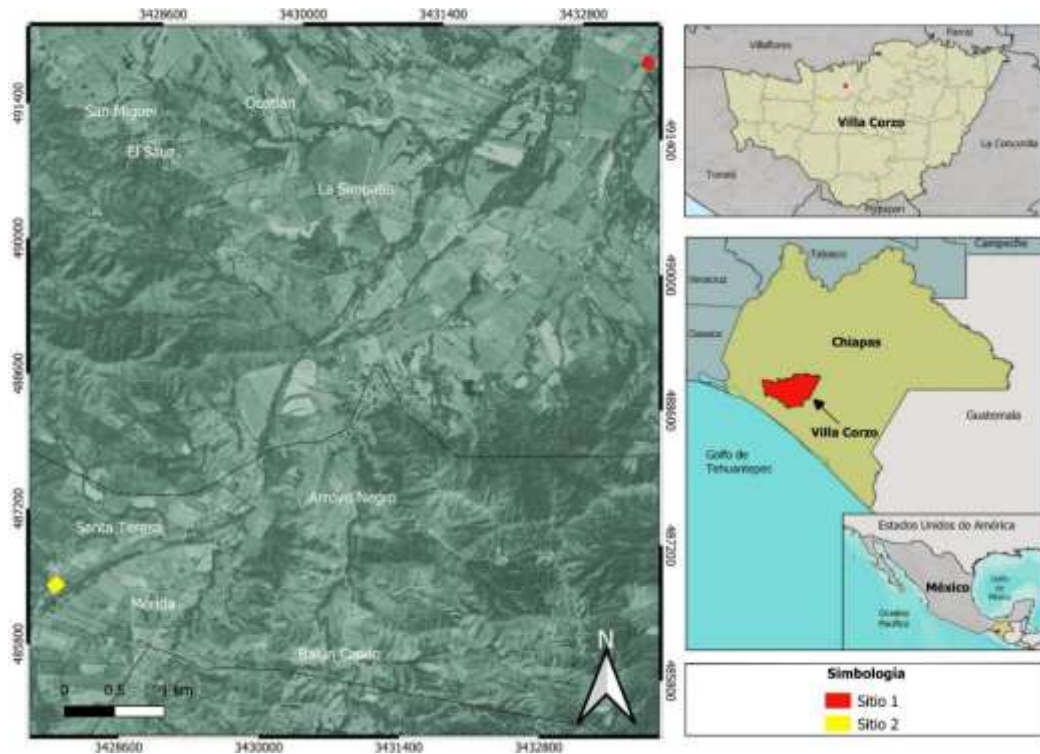


Figura 1. Sitios de muestreo y extracción de mesofauna y macrofauna. Elaboración de: Luis Gerardo Vázquez-Guevara.

El primer sitio de muestreo, el Rancho San Antonio del municipio de Villa Corzo, Chiapas el cual es un cafetal donde se cultiva *Coffea arabica*, acompañado de varias especies de árboles y plantas. Este cafetal se encuentra en las coordenadas 16°09'30"N 93°17'23"W. Entre las especies de árboles presentes se encuentran el roble (*Quercus robur* L.), utilizado como árbol maderable, y diversos frutales como el mango (*Mangifera indica* L.), limón real (*Citrus limonum* Risso), caspirol (*Inga laurina*), guanábana (*Annona muricata*) y pacaya (*Chamaedorea tepejilote*). Además de otras especies como el guamúchil (*Pithecellobium dulce*), el ixcanal (*Acacia hindsii*) y hierbas comestibles; chipilín (*Crotalaria longirostrata*) y hierbamora (*Solanum tuberosum*).

El segundo sitio de muestreo es un pastizal del ejido Monterrey, Villa Corzo, Chiapas, ubicado en las coordenadas 16°06'34"N 93°20'42"W. En

este sitio se encuentran Zacate estrella (*Cynodon dactylon*) y zacate cubano (*Pennisetum purpureum*). En la periferia se encuentran árboles maderables como el caulote (*Guazuma ulmifolia*) y amate (*Ficus cotinifolia*), así piñón (*Jatropha curcas*) y limón mandarina (*Citrus aurantifolia*). Este sitio de muestreo está a un costado del río "El Pando" (200 m), que presenta estiaje para las fechas de colecta de monolitos.

Para la extracción de los insectos en los monolitos, se establecieron tres transectos de 20 metros de longitud, con una separación de 20 m entre cada transecto. Los transectos fueron seleccionados basándose en la representatividad de las áreas de estudio, asegurando la diversidad de microhábitats presentes. Se tomaron muestras cada 2 m en cada transecto. Para el muestreo se utilizó un tubo de PVC de 6 pulgadas de diámetro y 20 cm de longitud y se insertó en el suelo (**Figura 2 a**).



Figura 2. Momentos de ejecución del estudio. a) inserción del tubo en el suelo, b) extracción del monolito, identificación y cuantificación en cafetal, c) extracción del monolito, identificación y cuantificación en pastizal, d) panorámica del sitio del pastizal.

El monolito se aisló en el área de muestreo y el contenido se descargó sobre un plástico (**Figura 2 b**). La cuantificación e identificación de los invertebrados a nivel familia se realizó en el sitio (**Figura 2 b, c, d**), posteriormente se retornó la muestra del sitio extraído. Se registró el número de la muestra por transecto y la cuantificación de los invertebrados en una libreta de campo y se calculó el índice de Shannon a nivel familia con el programa Excel Versión 2013®.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Sitio I: cafetal

El índice de Shannon mostró una diversidad moderada en el cafetal, con valores que varían de 1.13 a 1.29 entre los tres transectos. El transecto uno (T1) presentó el valor más alto (1.29), lo que indica una mayor diversidad de especies en comparación con el transecto 2 (T2) y transecto

tres (T3). En casos donde la diversidad es cercana a 3 en sistemas agroforestales cafetaleros está relacionado a un estatus de servicios ecosistémicos eficientes en el ciclado de nutrientes, lo que es vital para la salud del cultivo (Nesper et al., 2019), así también contribuyen a la resiliencia climática, es decir que adquieren tolerancia a estresores ambientales comparados con los monocultivos (Valérie et al., 2024). En particular, la familia Formicidae es la más dominante con un 59 % de la población en T1, y aunque su proporción disminuye en los T2 y T3, sigue siendo significativa en todos ellos. Esta alta abundancia de Formicidae podría estar relacionada con las características del suelo y la vegetación, que favorecen la actividad de las hormigas. Las hormigas cortadoras de hojas, *Atta cephalotes*, son un ejemplo de mejoradores del suelo a través de la bioturbación, para mejorar la infiltración de agua lo que trae consigo la alteración de parámetros fisicoquímicos y con ello aumento del contenido de azufre de los suelos donde anidan (García-



Cárdenas et al., 2022). Al considerar el sistema agroforestal donde se ubican los cafetos, la sombra proporcionada por otros árboles influye en la actividad de la familia Formicidae. En plantaciones con sombra, la actividad de las hormigas tiende a ser menor. Sin embargo, en plantaciones de café sin sombra, la actividad de las hormigas aumenta, lo que también incrementa su interacción con las prácticas agrícolas (Tabla I).

La familia Isoptera también exhibe una presencia importante en T3, alcanzó el 29 % de la

abundancia total. Estos organismos son esenciales a nivel ecológico, ya que su función principal es la descomposición de materia orgánica y contribuye al retorno de nutrientes al suelo (Engel et al., 2009). Otras familias como Chilopoda y Pyrgomorphidae tienen una escasa representación en los transectos, con valores de abundancia cercanos al 2 %. Esto sugiere que la estructura del hábitat favorece principalmente a ciertas especies detritívoras y depredadoras como las hormigas y termitas.

Tabla I. Índice de diversidad de Shannon (H') calculado para las principales familias de invertebrados en dos sitios (cafetal y pastizal) a través de tres transectos de muestreo (T1, T2, T3). Los valores de P_i corresponden a la proporción de individuos por especie, y $P_i \ln(P_i)$ representa la contribución de cada especie a la diversidad total.

Familia	Sitio	T1	P_i	$P_i \times \ln P_i$	T2	P_i	$P_i \times \ln P_i$	T3	P_i	$P_i \times \ln P_i$
Formicidae	Cafetal	68	0.59	-0.31	27.00	0.23	-0.34	39.00	0.34	-0.37
Coleoptera	Cafetal	5	0.04	-0.14	1.00	0.01	-0.04	9.00	0.08	-0.20
Araneae	Cafetal	4	0.03	-0.12	7.00	0.06	-0.17	8.00	0.07	-0.18
Isoptera	Cafetal	29	0.25	-0.35	11.00	0.09	-0.22	34.00	0.29	-0.36
Chilopoda	Cafetal	2	0.02	-0.07	0.00	0.00	0.00	2.00	0.02	-0.07
Lumbricidae	Cafetal	8	0.07	-0.18	23.00	0.20	-0.32	0.00	0.00	0.00
Dermaptera	Cafetal	0	0.00	0.00	1.00	0.01	-0.04	1.00	0.01	-0.04
Pyrgomorphidae	Cafetal	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	0.02	-0.07
Total	Cafetal	116			70			95		
Índice Shannon	Cafetal			1.17			1.13			1.29
Araneae	Pastizal	17	0.09	-0.22	4.00	0.02	-0.08	1.00	0.01	-0.03
Formicidae	Pastizal	125	0.68	-0.26	37.00	0.20	-0.32	9.00	0.05	-0.15
Dermaptera	Pastizal	5	0.03	-0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Chilopoda	Pastizal	21	0.11	-0.25	1.00	0.01	-0.03	1.00	0.01	-0.03
Coleoptera	Pastizal	15	0.08	-0.20	9.00	0.05	-0.15	3.00	0.02	-0.07
Helix	Pastizal	12	0.06	-0.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Curculionidae	Pastizal	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.01	-0.03
Lumbricidae	Pastizal	7	0.04	-0.12	11.00	0.06	-0.17	0.00	0.00	0.00
Pyrgomorphidae	Pastizal	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	0.01	-0.05
Total	Pastizal	185			58.00			16.00		
Índice Shannon	Pastizal			1.11			0.66			0.32



Sitio 2: pastizal

En el pastizal, los índices de Shannon son considerablemente más bajos en comparación con el cafetal, con un máximo de 1.11 en T1, con disminución a 0.66 en T2 y a 0.32 en T3 (Tabla I). Este descenso en la diversidad podría estar relacionado a factores climáticos (Bai et al., 2024). La no presencia de lluvias permite la resistencia a la invasión de los pastizales, particularmente por sus condiciones ambientales extremas y al mismo tiempo están mejor equipados a los cambios ambientales (Cheng et al., 2024). En el T1, Formicidae dominó con un 68%, lo que indica que esta familia de insectos coloniza eficientemente los hábitats.

Sin embargo, la diversidad del pastizal decrece de manera notable en los T2 y T3, donde la presencia de especies es limitada, especialmente en T3, donde solo tres familias (Formicidae, Chilopoda y Coleoptera) están presentes. Esto sugiere una reducción en la disponibilidad de recursos, lo que podría restringir la colonización y permanencia de otras especies. La disminución de la diversidad puede deberse a la estructura del suelo y bajo contenido de materia orgánica (Jouquet et al., 2011).

CONCLUSIONES

La familia Formicidae es dominante en ambos sitios. Sin embargo, la mayor presencia de especies como Isoptera en el cafetal indica una comunidad más equilibrada. En el contexto de la agricultura regenerativa, la macro y mesofauna del suelo es esencial para prevenir la degradación y fomentar la producción de materia orgánica. El patrón de aumento colectivo en densidad, riqueza y diversidad de invertebrados refleja una interacción positiva entre especies, contribuyendo a la sostenibilidad de los ecosistemas.

AGRADECIMIENTOS

Al Centro de Investigación, Innovación y Desarrollo Tecnológico de la Universidad del Valle de México.

REFERENCIAS

- Bai, J., Long, C., Quan, X., Liao, C., Zhai, D., Bao Y., Men X. Zhang D. & Cheng, X. (2024). Reverse diversity–biomass patterns in grasslands are constrained by climates and stoichiometry along an elevational gradient. *Science of The Total Environment*, 917, 170416. [10.1016/j.scitotenv.2024.170416](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.170416)
- Bedano, J. C., Vaquero, F., Domínguez, A., Rodríguez, M. P., Wall, L., & Lavelle, P. (2019). Earthworms contribute to ecosystem process in no-till systems with high crop rotation intensity in Argentina. *Acta O ecológica*, 98, 14-24.
- Cheng, C., Liu, Z., Song, W., Chen, X., Zhang, Z., Li, B., Van Kleunen M. & Wu, J. (2024). Biodiversity increases resistance of grasslands against plant invasions under multiple environmental changes. *Nature Communications*, 15(1), 4506. doi: 10.1038/s41467-024-48876-z [10.1038/s41467-024-48876-z](https://doi.org/10.1038/s41467-024-48876-z)
- Elmqvist D. C., Kahl K. B., Johnson-Maynard J. L. & Eigenbrode S. D. (2023). Linking agricultural diversification practices, soil arthropod communities and soil health. *Journal of Applied Ecology*, 60, 1952-1963. [10.1111/1365-2664.14453](https://doi.org/10.1111/1365-2664.14453)
- Engel, M. S., Grimaldi, D. A., & Krishna, K. (2009). Termites (Isoptera): their phylogeny, classification, and rise to ecological dominance. *American Museum Novitates*, 2009(3650), 1-27. <https://doi.org/10.1206/651.1>
- Fontaine, S., Abbadie, L., Aubert, M., Barot, S., Bloor, J., Derrien, D., Duchêne, O., Gross, N., Henneron, L., Roux, X L., Loeuille, N., Michel, J., Recous, S., Wipf, D., & Alvarez, G.



- (2023) Plant–soil synchrony in nutrient cycles: Learning from ecosystems to design sustainable agrosystems. *Global Change Biology*, 30(1), e17034.
<https://doi.org/10.1111/gcb.17034>
- García-Cárdenas, D. R., Armbrrecht, I., Torres, W., Baena, M. L., & Montoya-Lerma, J. (2022). Functional significance of the leaf-cutting ant *Atta cephalotes* (Formicidae) in coffee plantations: An enemy or an ally?. *Pedobiologia*, 93, 150825.
<https://doi.org/10.1016/j.pedobi.2022.150825>
- Gazdag, O., Kovács, R., Parádi, I., Füzy, A., Ködöböcz, L., Mucsi, M., Szili-Kovács, T., Inubushi, K., & Takács, T. (2019). Density and Diversity of Microbial Symbionts under Organic and Conventional Agricultural Management. *Japanese Society of Microbial Ecology*, 34(3), 234-243.
<https://doi.org/10.1264/jsme2.me18138>
- Jouquet, P., Thu, T. D., Henry-Des-Tureaux, T., Orange, D., Janeau, J. L., & Duc, T. T. (2012). Recovery of soil macrofauna diversity through organic fertility patches: consequences for soil erosion in the uplands of northern Vietnam. In *The 3rd International Conference* (p. 236).
https://www.researchgate.net/publication/280638478_Recovery_of_soil_macrofauna_diversity_through_organic_fertility_patches_consequences_for_soil_erosion_in_the_uplands_of_northern_Vietnam
- Jouquet, P., Traoré, S., Choosai, C., Hartmann, C., & Bignell, D. (2011). Influence of termites on ecosystem functioning. Ecosystem services provided by termites. *European Journal of Soil Biology*, 47(4), 215-222.
- LaCanne, C. E., & Lundgren, J. G. (2018). Regenerative agriculture: merging farming and natural resource conservation profitably. *PeerJ Inc.*, 6, e4428-e4428.
<https://doi.org/10.7717/peerj.4428>
- Nesper, M., Kueffer, C., Krishnan, S., Kushalappa, C. G., & Ghazoul, J. (2019). Simplification of shade tree diversity reduces nutrient cycling resilience in coffee agroforestry. *Journal of Applied Ecology*, 56(1), 119-131.
<https://doi.org/10.1016/j.jecobi.2011.05.005>
- Pelaez-Sanchez, S., Schmidt, O., Frouz, J., Čápková, K., & Courtney, R. (2024). Effects of earthworms on microbial community structure, functionality and soil properties in soil cover treatments for mine tailings rehabilitation. *European Journal of Soil Biology*, 120, 103603.
<https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2024.103603>
- Sharma, K. (2024). Earthworms in sustainable agriculture: A comprehensive review. *African Journal of Biological Sciences*, 6(5), 5657-5686.
<https://doi.org/10.48047/AFJBS.6.5.2024.5657-5686>
- Slade E. M., Roslin T. Santalahti, M. & Bell T. (2016). Disentangling the 'brown world' faecal-detritus interaction web: dung beetle effects on soil microbial properties. *Oikos*, 125(5), 629-635. [10.5061/dryad.4q230](https://doi.org/10.5061/dryad.4q230)
- Stork, N. E., & Eggleton, P. (1992). Invertebrates as determinants and indicators of soil quality. *American Journal of Alternative Agriculture*, 7(1-2), 38-47.
[10.1017/S0889189300004446](https://doi.org/10.1017/S0889189300004446)
- Valérie, P., Philippe, V., & Clémentine, A. (2024). Which diversification trajectories make coffee farming more sustainable?. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 68, 101432.
<https://doi.org/10.1016/j.cosust.2024.101432>
- Zuo, Q., Wang, S., Wang, P., Cao, Q., Zhao, S., & Yang, B. (2021). Ant-mediated effects on soil nitrogen mineralization vary with species in a tropical forest. *Catena*, 203, 105352.
<https://doi.org/10.1016/j.catena.2021.105352>



DESAÍOS CLIMÁTICOS PERCIBIDOS Y ALTERNATIVAS AGROECOLÓGICAS EN CAFETALES DE SAN ISIDRO HUAYÁPAM, OAXACA, MÉXICO

PERCEIVED CLIMATE CHALLENGES AND AGROECOLOGICAL ALTERNATIVES IN COFFEE PLANTATIONS OF SAN ISIDRO HUAYÁPAM, OAXACA, MÉXICO

José Uriel García-Domínguez[§], Yuri Villegas-Aparicio, Aarón Martínez-Gutiérrez, Vicente Arturo Velasco-Velasco, Gustavo Omar Díaz-Zorrilla

Tecnológico Nacional de México, Campus Valle de Oaxaca (ITVO). Ex hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca, México. C.P. 71233. [§]Autor de correspondencia: (urielgarcia.jugd@gmail.com).

RESUMEN

El cambio climático constituye un desafío crítico para la producción mundial de café. El objetivo fue analizar la percepción de los productores sobre los efectos del cambio climático y caracterizar la transición agroecológica de sus agroecosistemas. Se encuestó a 36 productores entre enero y junio de 2024, recopilando datos socio-productivos, percepciones climáticas y cambios fenológicos del cultivo. Se aplicó parcialmente la herramienta Evaluación del Desempeño Agroecológico (*TAPE*), en cinco elementos clave: diversidad, sinergias, eficiencia, reciclaje y resiliencia, operacionalizados en 20 índices descriptivos. El 98 % de los productores perciben un aumento en la temperatura y el 96 % un incremento en la intensidad de las lluvias, esto afecta la floración, fructificación, maduración de drupas y rendimientos. Se identificaron tres grupos de agroecosistemas con distintos niveles de transición agroecológica y diferencias significativas ($\chi^2 = 35$, $gl = 2$, $p < 0.0001$), por lo que requieren fortalecer prácticas agroecológicas que promuevan la agrobiodiversificación, las sinergias, la eficiencia, el reciclaje de nutrientes y la resiliencia. La adopción de estrategias agroecológicas para mejorar la resiliencia ante el cambio climático, contribuyendo a la sostenibilidad social, económica y ambiental de la zona e impulsar políticas públicas y programas de capacitación que

promuevan las prácticas agroecológicas entre los productores.

Palabras clave: diversidad, cambio climático, cafetales tradicionales, resiliencia, estadística no paramétrica.

ABSTRACT

Climate change is a critical challenge for world coffee production. The objective was to analyze producers' perceptions of the effects of climate change and to characterize the agroecological transition of their agroecosystems. Thirty-six producers were surveyed between January and June 2024, collecting socio-productive data, climate perceptions and phenological changes of the crop. The Agroecological Performance Assessment Tool (*TAPE*) was partially applied to five key elements: diversity, synergies, efficiency, recycling and resilience, operationalized in 20 descriptive indices. 98 % of producers perceive an increase in temperature and 96 % perceive an increase in rainfall intensity, which affects flowering, fruiting, drupe ripening and yields. Three groups of agroecosystems were identified with different levels of agroecological transition and significant differences ($\chi^2 = 35$, $df = 2$, $p < 0.0001$), so they require strengthening agroecological practices that promote agrobiodiversification, synergies, efficiency, nutrient recycling and resilience. The



adoption of agroecological strategies to improve resilience to climate change, contributing to the social, economic and environmental sustainability of the area and promoting public policies and training programs that promote agroecological practices among producers.

Index words: diversity, climate change, traditional coffee plantations, resilience, nonparametric statistics.

INTRODUCCIÓN

El cambio climático es uno de los mayores desafíos para la agricultura global (Bibi & Rahman, 2023) y afecta especialmente a cultivos sensibles como el café, tal como se ha reportado en diversos estudios (Läderach et al., 2017; Breitler et al., 2022). En localidades cafetaleras de México, los productores han percibido incrementos en la temperatura y cambios en los patrones de precipitación, impactando negativamente en las fases fenológicas del cultivo y en el rendimiento.

Frente a esta situación, la agroecología se presenta como una estrategia prometedora (Wezel et al., 2020; Risueño Solarte et al., 2023). Este estudio analiza la percepción de pequeños cafecultores y caracteriza el grado de transición agroecológica en cafetales de pequeños productores, ofreciendo una aproximación integral de las dinámicas locales ante los desafíos climáticos

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la localidad de San Isidro Huayápam, municipio de Santa María Alotepec Mixe, Oaxaca, México (17°03'04"N 95°52'22"E). De alrededor de 120 productores de café, se seleccionó una muestra dirigida de 36 productores. Las encuestas se realizaron entre enero a junio de 2024, tanto en los hogares como en las parcelas de los participantes.

El cuestionario aplicado se dividió en dos partes. La primera se subdividió en tres secciones; 1) características generales: se recopilaron datos de edad, sexo, nivel educativo y tamaño del núcleo familiar; 2) percepciones sobre el clima: los productores fueron consultados acerca de sus percepciones sobre la precipitación y la temperatura (en términos de intensidad, frecuencia y duración). Las respuestas se categorizaron mediante una escala Likert de 3 puntos, donde 1 representaba la valoración más baja y 3 la más alta; y 3) cambios fenológicos: se indagó sobre las variaciones observadas en las fases fenológicas del cultivo, centrándose en las etapas de floración, fructificación y maduración del fruto, con opciones de respuesta abierta.

La segunda parte incluyó una adaptación parcial de la Herramienta para la Evaluación del Desempeño Agroecológico (*TAPE* por sus siglas en inglés), específicamente, el paso I que consiste en la caracterización de la transición agroecológica (*CAET* por siglas en inglés). Este enfoque permitió explorar los cinco elementos clave de la agroecología operacionalizados en 20 índices descriptivos que reflejan atributos observables y proporcionan información a nivel de agroecosistemas: diversidad (cultivos, animales, árboles, y actividades económicas-productos-servicios), sinergias (integración de cultivos-ganadería-acuicultura, gestión del sistema suelo plantas, integración con árboles y conectividad entre elementos del agroecosistema y el paisaje), eficiencia (uso de insumos externo, gestión de la fertilidad del suelo, manejo de plagas y enfermedades, productividad y necesidades del hogar) reciclaje (de biomasa y nutrientes, ahorro de agua, manejo de especies y variedades, y uso y producción de energías renovables) y resiliencia (estabilidad de ingresos/producción y capacidad de recuperación de perturbaciones, existencia de mecanismos sociales para reducir la vulnerabilidad, ambiental y capacidad de adaptación al cambio climático y resultado medio del elemento



diversidad). Cada índice fue evaluado en una escala de 0 a 4 y los valores obtenidos fueron procesados y expresados como porcentajes en una escala de 0 a 100.

Los datos de la primera parte se analizaron con estadística descriptiva. Los datos sobre los agroecosistemas permitieron un análisis de conglomerados jerárquicos, empleando la distancia Manhattan y el método de enlace promedio. A partir de los conglomerados obtenidos, se realizaron pruebas no paramétricas de Kruskal-Wallis para determinar diferencias significativas y un análisis post-hoc de Dunn, ajustado con el método de Benjamini-Hochberg. Los análisis se realizaron con el software R, versión 4.x.x (R Core Team, 2024).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se encuestaron 12 mujeres y 24 hombres, con un promedio de edad de 52.4 años, las familias tienen en promedio de 4.2 integrantes, y un nivel educativo mayoritario de secundaria. El 98 % de los productores de café perciben un aumento en la temperatura, con calor más intenso y prolongado en los últimos 10 años. Este resultado es consistente con las proyección global (IPCC, 2023) y la vulnerabilidad del sector (Jawo et al., 2023).

El 96 % de los productores reporta un aumento en la intensidad de las lluvias, mientras que el 98 % señala una reducción en la duración de las temporadas. Además, perciben un desajuste en el ciclo hídrico, manifestado por deslaves, daños materiales y reducción de caudales en ríos y arroyos, y periodos nocturnos de estrés térmico, esto se ha reportado como estímulos para maduración de la fruta (Craparo et al., 2021); pero en general, sugiere un impacto significativo en la estabilidad del ecosistema local, como en ecosistemas de montaña similares (Kumar et al., 2019; Yamba et al., 2019).

Los productores poseen cafetales con una antigüedad promedio de 8.2 años, que contienen variedades Marsellesa, Garnica, Geisha, Mundo Novo, Caturra y Oro Azteca, seleccionadas en respuesta a la crisis generada por la roya (*Hemileia vastatrix* Berkeley y Broome) de gran impacto en México y Centroamérica (Avelino et al., 2015; Libert-Amico & Paz-Pellat, 2018).

El 83 % de los productores reporta un encadenamiento de afectaciones, desde una floración inestable, fructificación irregular y una maduración tardía, heterogénea y bajos rendimientos atribuibles a las variaciones climáticas, asociado a requerimientos agronómicos específicos según variedad, por ejemplo la Marsellesa (WCR, 2018). En conjunto, las variaciones frecuentes de la temperatura reducen rendimiento y calidad, aumentan costos y promueven enfermedades y plagas, disminución de áreas de producción y se proyecta la extinción de recursos genéticos silvestres (Bunn et al., 2015; Pham et al., 2019; Torres Castillo et al., 2020).

Los resultados globales de Kruskal-Wallis indicaron diferencias significativas entre los grupos para todos los elementos de la agroecología y el análisis post-hoc de Dunn, mostró diferencias significativas entre los grupos en la mayoría de las comparaciones (**Tabla I**). El análisis de diversidad mostró diferencias significativas entre G1 y G2, G1 y G3. Los agroecosistemas de G1 destinan un 70 % al cultivo de café con un máximo de dos variedades, sin cría de animales, baja densidad arbórea (20 % de sombra de *Inga vera* y 10 % de *Musa paradisiaca*) y solo una actividad productiva adicional. G2 y G3 no presentaron diferencias significativas, pues ambos dedican el 70 % al café con hasta tres variedades, sin animales, salvo en G3, donde se cría ganado menor (*Ovis aries* y *Gallus gallus domesticus*). El 30 % restante incluye árboles como *Inga vera*, *Persea americana*, *Citrus sinensis*, *Pouteria sapota* y *Cedrela odorata*,



con densidades irregulares y hasta tres fuentes de ingreso adicionales. El análisis de conglomerados

jerárquicos revela la formación de tres grupos (Figura I).

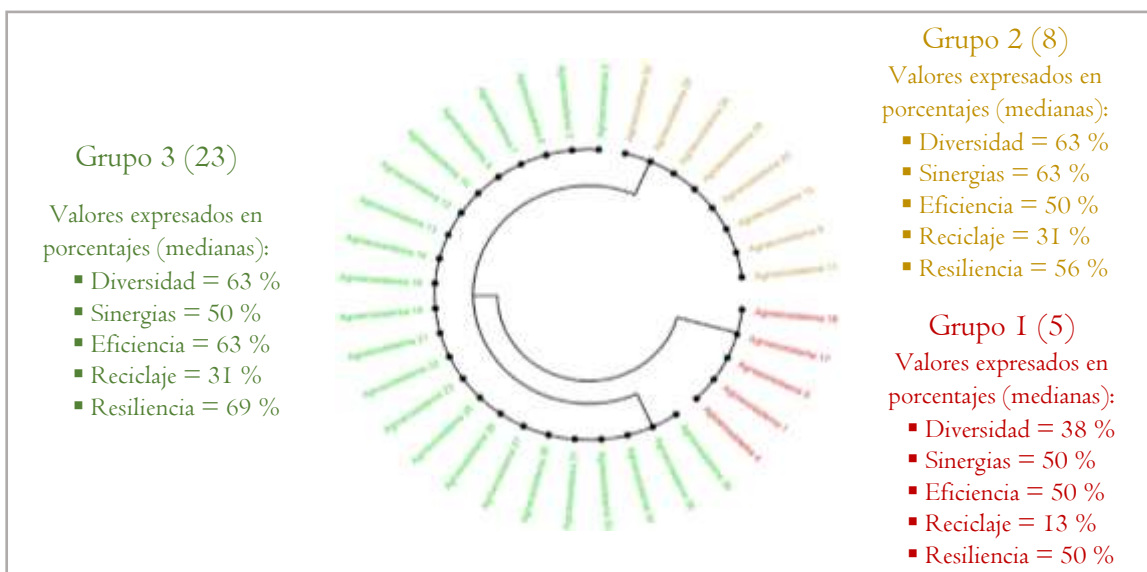


Figura I. Dendrograma circular que muestra la agrupación de los agroecosistemas, representados por nodos y los puntajes obtenidos en cada elemento agroecológico expresado en porcentajes.

Tabla I. Resultados de las pruebas de Kruskal-Wallis y pruebas post hoc.

EA	χ^2 (df = 2)	p (K-W)	CG	Z (Dunn)	p-valor (ajustado)
Diversidad	35	< 0.0001	G1 vs G2	-5.001	0.0001
			G1 vs G3	-5.778	0.0001
			G2 vs G3	0.000	1.0000
Sinergias	35	< 0.0001	G1 vs G2	-4.160	0.0001
			G1 vs G3	0.000	1.000
			G2 vs G3	5.778	0.0001
Eficiencia	35	< 0.0001	G1 vs G2	0.000	1.000
			G1 vs G3	-4.160	0.0001
			G2 vs G3	-5.001	0.0001
Reciclaje	35	< 0.0001	G1 vs G2	-5.001	0.0001
			G1 vs G3	-5.778	0.0001
			G2 vs G3	0.000	1.000
Resiliencia	35	< 0.0001	G1 vs G2	-1.270	0.204
			G1 vs G3	-4.966	0.0001
			G2 vs G3	-4.206	0.0001

EA = elemento de la agroecología, χ^2 (df = 2) = estadístico de la prueba de Kruskal Wallis y grados de libertad, p (K-W) = valor p de la prueba de Kruskal-Wallis, CG = comparación entre grupos (post-hoc Dunn, G1= grupo I; G2 = grupo 2 y G3 = grupo 3), Z (Dunn) = valor Z del análisis post-hoc de Dunn, p-valor (ajustado) = valor p ajustado según el método de Benjamini-Hochberg.



El análisis de sinergias mostró diferencias significativas entre G1 y G2, G2 y G3. En G1 no hay integración de elementos del sistema, como uso de estiércol o cáscara de café como abono; el 80 % del suelo está cubierto con cultivos, con alta presencia de árboles y conectividad con el paisaje, lo que fomenta zonas de compensación ecológica. En G2, los productores comienzan a elaborar abonos orgánicos a base de estiércol para vivero, mientras que en G3 se destaca la práctica de lombricultura para producción de humus y lixiviados.

En eficiencia, se observaron diferencias significativas entre G1 y G3, y entre G2 y G3. Ningún grupo utiliza insumos externos como fertilizantes o pesticidas; las diferencias se relacionan con el ingreso generado por el cultivo en agroecosistemas de aproximadamente 1.2 ha, que aporta a las necesidades del hogar: bajo en G1, medio en G2 y considerable en G3. En reciclaje, se observaron diferencias entre G1 y G2 y entre G1 y G3. El reciclaje de biomasa es bajo en general, los recursos genéticos provienen de programas sociales, y no se produce ni utiliza energía renovable. Las diferencias radican en que G2 y G3 cuentan con un jagüey de uso colectivo para cuidado y aprovechamiento del agua. No hubo diferencias significativas entre G2 y G3.

El análisis de resiliencia mostró diferencias entre los grupos. En general, los productores reportan ingresos y producciones insuficientes, con una lenta recuperación tras la devastación causada por la roya. Aunque la comunidad es solidaria, su capacidad de respuesta es baja; no obstante, los agroecosistemas han resistido eventos climáticos severos. La diferenciación radica en la capacidad de endeudamiento y el retorno de la inversión de cada productor y sus agroecosistemas.

CONCLUSIONES

El estudio evidencia que los productores de café en San Isidro Huayápam perciben los efectos del cambio climático, reflejados en alteraciones que impactan negativamente la fenología y el rendimiento del cultivo. A través de la Herramienta para la Evaluación del Desempeño Agroecológico, se identificaron tres grupos de agroecosistemas con distintos niveles de transición agroecológica, lo cual subraya la necesidad de fortalecer prácticas que promuevan la diversidad, sinergias, eficiencia, reciclaje y resiliencia. La adopción de estrategias agroecológicas es crucial para mejorar la capacidad de adaptación de los sistemas cafetaleros frente a los desafíos climáticos, contribuyendo a la sostenibilidad social, económica y ambiental de la región. Es recomendable fomentar políticas públicas y programas de capacitación que faciliten la implementación de prácticas agroecológicas entre los productores, que contribuyan al desarrollo sostenible y al bienestar de la comunidad local.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al CONACYT por el apoyo otorgado y los productores de San Isidro Huayápam por su colaboración invaluable en este estudio.

REFERENCIAS

- Avelino, J., Cristancho, M., Georgiou, S., Imbach, P., Aguilar, L., Bornemann, G., Läderach, P., Anzueto, F., Hruska, A. J., & Morales, C. (2015). The coffee rust crises in Colombia and Central America (2008–2013): Impacts, plausible causes and proposed solutions. *Food Security*, 7(2), 303–321. <https://doi.org/10.1007/s12571-015-0446-9>



- Bibi, F., & Rahman, A. (2023). An Overview of Climate Change Impacts on Agriculture and Their Mitigation Strategies. *Agriculture*, 13(8), 1508. <https://doi.org/10.3390/agriculture13081508>
- Breitler, J.-C., Etienne, H., Lérans, S., Marie, L., & Bertrand, B. (2022). Description of an Arabica Coffee Ideotype for Agroforestry Cropping Systems: A Guideline for Breeding More Resilient New Varieties. *Plants*, 11(16), 2133. <https://doi.org/10.3390/plants11162133>
- Bunn, C., Läderach, P., Ovalle Rivera, O., & Kirschke, D. (2015). A bitter cup: Climate change profile of global production of Arabica and Robusta coffee. *Climatic Change*, 129(1–2), 89–101. <https://doi.org/10.1007/s10584-014-1306-x>
- Craparo, A. C. W., Van Asten, P. J. A., Läderach, P., Jassogne, L. T. P., & Grab, S. W. (2021). Warm nights drive *Coffea arabica* ripening in Tanzania. *International Journal of Biometeorology*, 65(2), 181–192. <https://doi.org/10.1007/s00484-020-02016-6>
- IPCC, 2023: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland. (First). (2023). *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC). <https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647>
- Jawo, T. O., Kyereh, D., & Lojka, B. (2023). The impact of climate change on coffee production of small farmers and their adaptation strategies: A review. *Climate and Development*, 15(2), 93–109. <https://doi.org/10.1080/17565529.2022.2057906>
- Kumar, M. R., Vikas, Verma, T., Yadav, R., Mahapatra, S., Surya, J. N., Singh, D., & Singh, S. (2019, enero). Local perceptions and adaptation of indigenous communities to climate change: Evidences from High Mountain Pangi valley of Indian Himalayas. *Indian Journal of Traditional Knowledge*, 18(1), 58–67.
- Läderach, P., Ramirez-Villegas, J., Navarro-Racines, C., Zelaya, C., Martinez-Valle, A., & Jarvis, A. (2017). Climate change adaptation of coffee production in space and time. *Climatic Change*, 141(1), 47–62. <https://doi.org/10.1007/s10584-016-1788-9>
- Libert-Amico, A., & Paz-Pellat, F. (2018). Del papel a la acción en la mitigación y adaptación al cambio climático: La roya del cafeto en Chiapas. *Madera y Bosques*, 24. <https://doi.org/10.21829/myb.2018.2401914>
- Pham, Y., Reardon-Smith, K., Mushtaq, S., & Cockfield, G. (2019). The impact of climate change and variability on coffee production: A systematic review. *Climatic Change*, 156(4), 609–630. <https://doi.org/10.1007/s10584-019-02538-y>
- R Core Team. (2024). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, (Versión versión 4.x.x) [Software]. <https://www.R-project.org/>
- Risueño Solarte, M., Findji, M. T., Grass, J. F., & Montes, C. (2023). Elements for Re-Designing Sustainability Strategies with Groups of Small Coffee Producers. *Sustainability*, 15(20), 14805. <https://doi.org/10.3390/su152014805>
- Torres Castillo, N. E., Melchor-Martínez, E. M., Ochoa Sierra, J. S., Ramirez-Mendoza, R. A., Parra-Saldívar, R., & Iqbal, H. M. N. (2020). Impact of climate change and early development of coffee rust – An overview of



- control strategies to preserve organic cultivars in Mexico. *Science of the Total Environment*, 738, 140225. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140225>
- WCR. (2018). *Un catálogo global de variedades que abarca: Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Jamaica, Kenia, Malawi, Nicaragua, Panamá, Perú, República Dominicana, Rwanda, Uganda, Zambia, Zimbabwe*. World Coffee Research Portland, OR. https://worldcoffeeresearch.org/media/documents/las_variedades_del_cafe_arabica_v2_feb_2018.pdf
- Wezel, A., Herren, B. G., Kerr, R. B., Barrios, E., Gonçalves, A. L. R., & Sinclair, F. (2020). Agroecological principles and elements and their implications for transitioning to sustainable food systems. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 40(6), 40. <https://doi.org/10.1007/s13593-020-00646-z>
- Yamba, S., Appiah, D. O., & Siaw, L. P. (2019). Smallholder farmers' perceptions and adaptive response to climate variability and climate change in southern rural Ghana. *Cogent Social Sciences*, 5(1), 1646626. <https://doi.org/10.1080/23311886.2019.1646626>



COLIFORMES TOTALES Y FUENTES PUNTUALES DE CONTAMINACIÓN EN EL AGROECOSISTEMA CON CAÑA DE AZÚCAR

TOTAL COLIFORMS AND POINT SOURCES OF POLLUTION IN THE SUGARCANE AGROECOSYSTEM

Juan Valente Megchun-García^{1§}, María del Refugio Castañeda-Chávez¹, Alejandra Soto-Estrada², Isabel Araceli Amaro-Espejo¹, Daniel Arturo Rodríguez-Lagunes³

¹Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Boca del Río, Boca del Río, Veracruz, C.P. 94290. ²Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz, Tepetates, Manlio Fabio Altamirano, Veracruz. ³Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, región Orizaba-Córdoba, Veracruz. [§]Autor de correspondencia (megchj@gmail.com).

RESUMEN

La contaminación del agua es un proceso que está impactando negativamente al desarrollo sociedad, debido en gran parte a las actividades antropogénicas que tienen lugar en los agroecosistemas tropicales de la caña de azúcar. El objetivo fue conocer las concentraciones de coliformes totales y las fuentes puntuales en el agroecosistema con caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) del Módulo del Riego I-I La Antigua, Veracruz. La investigación se desarrolló en la cuenca del Río La Antigua, que comprende la Asociación de Usuarios COANALAG, ubicando 32 puntos de muestreos de agua subterránea y superficial e identificando las fuentes puntuales; los análisis se realizaron con base NOM-109-SSAI-1994, NOM-127-SSA-1994, NOM-180-SSAI-1994, y la NMX-AA-02 por el método Colisure (Colilert) en el Laboratorio LIRA del ITBOCA. Los resultados indican concentraciones de coliformes en canales de riego de la caña de azúcar y en la zona urbana, y las principales fuentes puntuales de contaminación fueron la presencia de fosas sépticas, drenajes y descargar directas sin tratamientos. El municipio de La Antigua aporta el 31 % de las descargas

directas al Río “La Antigua”, y a las fuentes naturales de agua. Se concluye que la contaminación bacteriológica es provocada por fuentes puntuales de contaminación sin previo tratamiento y el uso inadecuado del manejo del agua.

Palabras clave: bacterias, cultivo industrial, fuentes difusas.

ABSTRACT

Water pollution is a process that is negatively impacting societal development, largely due to anthropogenic activities that take place in tropical sugarcane agroecosystems. The objective was to know the concentrations of total coliforms and point sources in the agroecosystem with sugar cane (*Saccharum officinarum* L.) of Irrigation Module I-I La Antigua, Veracruz. The research was carried out in the La Antigua River basin, which includes the COANALAG Users Association, locating 32 groundwater and surface water sampling points and identifying point sources; The analyzes were carried out based on NOM-109-SSAI-1994, NOM-127-SSA-1994, NOM-180-SSAI-1994, and NMX-AA-02 by the Colisure method (Colilert) in the LIRA Laboratory of ITBOCA.



The results indicate concentrations of coliforms in sugarcane irrigation canals and in the urban area, and the main point sources of contamination were the presence of septic tanks, drains and direct discharge without treatments. The municipality of La Antigua contributes 31 % of direct discharges to the “La Antigua” River, and to natural water sources. It is concluded that bacteriological contamination is caused by point sources of contamination without prior treatment and inappropriate use of water management.

Index words: bacteria, industrial cultivation, diffuse sources.

INTRODUCCIÓN

La contaminación es un problema mundial, y el agua es el recurso más importante para el desarrollo de la agricultura; del agua en el planeta el 97.5 % es agua salada y el 2.5 % es agua dulce; del total de agua dulce, el 70 % se concentra en los glaciares, nieve o hielo, el 29 % son aguas subterráneas de difícil acceso y menos del 1% del agua dulce disponible se utiliza para el consumo humano y los ecosistemas. Del 1 % del agua dulce disponible, el 69 % es destinado al sector agropecuario, el 19% al sector industrial y el restante 12 % al sector municipal (CVIA, 2017). Las actividades antrópicas, que se desarrollan en la zona centro del estado de Veracruz, están impactando severamente a los cuerpos de agua superficial, debido a que la contaminación ha provocado un problema de tipo ambiental y de salud pública (Megchun-García et al., 2015). Los sistemas hidrológicos subterráneos son muy vulnerables al contenido de Nitrógeno, Fósforo, y la presencia de especies microbianas provenientes de las actividades productivas; el aporte de materia orgánica al agua subterránea, genera cambios drásticos en la calidad higiénica con graves riesgos de enfermedades para los seres humanos, entre los que podemos encontrar microorganismos

indicadores de contaminación como son coliformes totales, coliformes fecales, *Escherichia coli* y *Pseudomonas aeruginosa* como una señal de advertencia (Luján-Urseler et al., 2019).

Las actividades agropecuarias que se realizan en la zona centro del estado de Veracruz, generan la contaminación por bacterias o patógenos atribuidos a las deyecciones ganaderas y humanas que se encuentran en el agroecosistema tropical con caña de azúcar, ya que a nivel de cuenca es posible la transferencia o migración de los contaminantes bacteriológicos a las principales fuentes naturales de agua, como lo es el agua subterránea, el agua somera y el agua superficial como los ríos, arroyos, lagunas y diferentes cuerpos de agua; además, que la lluvia es un factor importante que interviene en los procesos de escurrimientos de las partes altas a las partes bajas de la cuenca hidrográfica, transportando altas concentraciones de patógenos, principalmente de las indicadores de contaminación fecal como la *E. coli*, responsable del síndrome de la diarrea del viajero, causante de la muerte en humanos (Kraemer et al., 2014). El agroecosistema de la caña de azúcar, es un territorio con asentamientos humanos y está presente el río La Antigua. El río suministra el agua para riego que se distribuye por canales a las parcelas de caña de azúcar, activando las agroindustrias azucareras como el Ingenio el Modelo del municipio La Antigua y la Gloria del municipio de Ursulo Galván, mismas que están expuestas a procesos de contaminación por las diferentes fuentes puntuales y no puntuales de contaminación. Por lo anterior, el objetivo fue determinar las concentraciones de coliformes totales y las fuentes puntuales en el agroecosistema con caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) del Módulo del Riego I-I La Antigua, Veracruz.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló en el Módulo de



Riego I-I La Antigua, Veracruz, perteneciente al Distrito de Riego 035, que se localiza en la porción central oriente del estado de Veracruz. Tiene una superficie de 13 793.0 ha, y abastece con 247 179 km de drenes a los municipios de La Antigua, Manlio Fabio Altamirano, Paso de Ovejas, Puente Nacional y Úrsulo Galván. El Módulo de Riego I-I La Antigua, está conformado por la cuenca del río La Antigua, que abarca un área de 287 km², y cuenta con las aportaciones de agua de la presa La Antigua, la cual suministra un volumen de agua de 213 157 000 m³.

Se realizó un muestreo para determinar la contaminación bacteriológica por coliformes totales, los puntos de muestreo correspondieron a norias, pozos profundos, canales de riego y corrientes naturales como el Río La Antigua, Río Tolome y el Río Chico, se tomó como referencia la información proporcionada por los técnicos de la Asociación de Usuarios COANALAG (Concesionaria de Aguas Nacionales para la Agricultura y Ganadería). Se realizó un recorrido de campo en los meses de octubre a diciembre de 2012. Se ubicaron 32 puntos de muestreos en los municipios de La Antigua, Paso de Ovejas y Úrsulo Galván; en cada punto de muestreo de agua se identificó la fuente puntual de contaminación, como son las fosas sépticas, descargas de aguas negras y el sistema de drenaje, las cuales fueron georreferenciadas. Las muestras fueron colectadas con base a las normas NOM-109-SSAI-1994 (1994), NOM-127-SSAI-1994, NOM-180-SSAI-1994, NMX-AA-42-1987 (1987). Las muestras de agua se llevaron al laboratorio de LIRA, del TecNM/ITBOCA, para la determinación de los coliformes totales con base a la norma NMX-AA-02-1985 (1985), por el método Colisure (Colilert) que consiste en utilizar las placas Quanti-Trays de 48 conos, incubando a 35±1 °C, durante 24 h, considerando tres

repeticiones por placas. Los resultados de las muestras se analizaron con el paquete estadístico Statistica versión 7, realizando un análisis de varianza y no paramétrico de los datos con la prueba de Kruskal-Wallis ($\alpha = 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la **Figura 1**, los análisis de resultados indican que las mayores concentraciones de coliformes totales fueron encontradas en los canales de riego, seguido por las corrientes naturales, esto es decir que la mayor carga bacteriana proviene de las partes altas que están siendo arrastradas por los principales afluentes que se bifurcan en el Río La Antigua y entran al sistema de riego. En la **Figura 2**, que muestra las principales localidades muestreadas, se encontró que en la localidad Cardel Infonavit, presenta significativamente mayores concentraciones de coliformes totales. Esto obedece a que es una zona urbanizada que suministra a través de los arrastres altas concentraciones de coliformes hacia los canales de riego que pasan por la zona.

La principal fuente puntual de contaminación es la fosa séptica con un 53 %, el drenaje con un 19%, y las descargas directas sin tratamiento también con un 19 %, el restante 19 % no se identificó de donde viene la fuente puntual; los municipios que registran fuentes puntuales de contaminación bacteriológica, fueron en Ursulo Galván donde se localizaron en un 72 % las fosas sépticas, y en Paso de Ovejas la fosa séptica fue en un 58 %, caso diferente en el municipio de La Antigua, donde se observó que el 39 % son las fosas sépticas y el 31 % las descargas de los drenajes, las cuales se consideran como los principales responsables de la contaminación bacteriológica (**Tabla 1**).

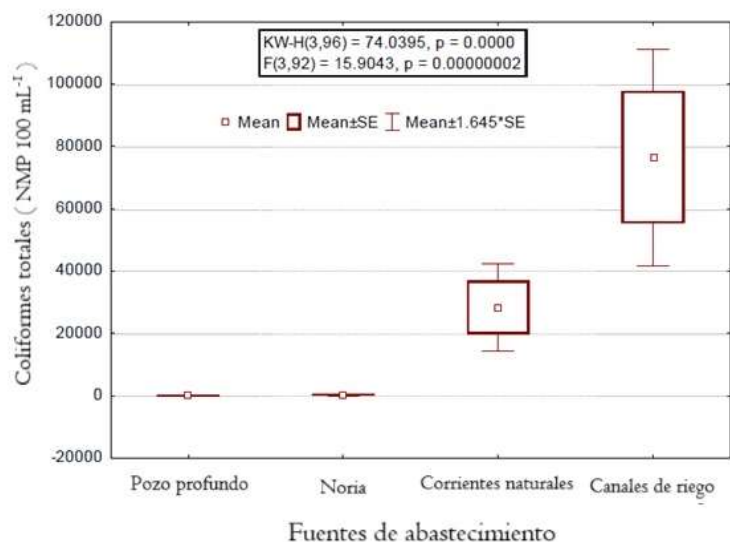


Figura 1. Concentración de coliformes totales en las diferentes fuentes de abastecimiento de agua.

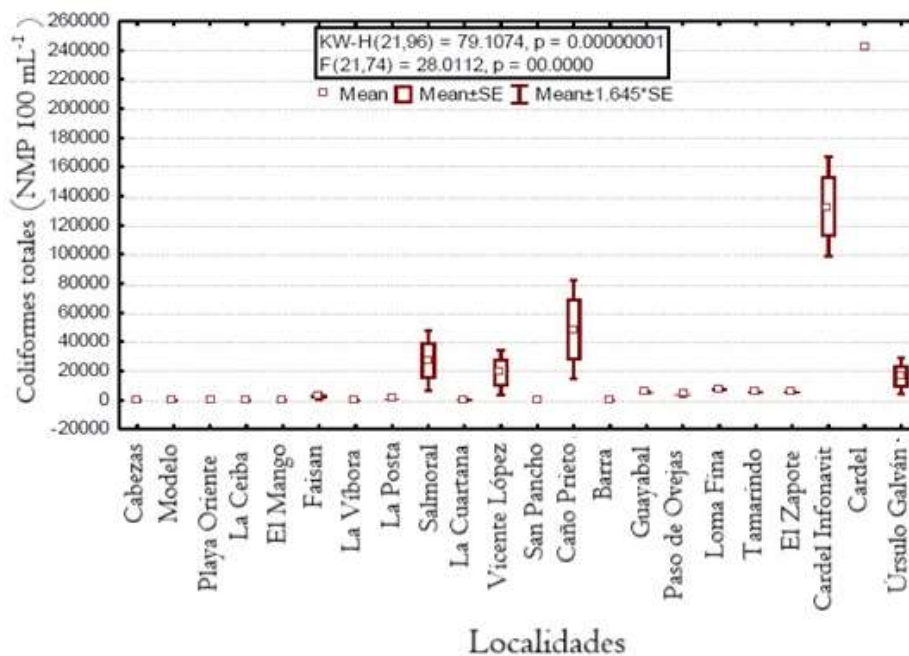


Figura 2. Concentración de coliformes totales en puntos de muestreos de las localidades ubicadas en el Módulo de Riego I-I La Antigua, Veracruz.



Tabla 1. Fuentes puntuales de contaminación en los municipios de La Antigua, Paso de Ovejas, Úrsulo Galván

Fuentes puntuales	Úrsulo Galván	Paso de Ovejas	La Antigua
	(%)	(%)	(%)
Fosa séptica	72	58	39
Drenaje	14	9	31
Descarga	---	8	15
No se identificó	14	25	15

Nota: espacios sin valor indica la ausencia de fuente de abastecimiento.

Tabla 2. Fuentes puntuales de contaminación en las fuentes de abastecimiento de agua del Módulo de Riego I-I La Antigua, Veracruz.

Fuentes puntuales	Pozos profundos	Noria	Corrientes naturales	Canales de riego
	(%)	(%)	(%)	(%)
Fosa séptica	73	78	17	17
Drenaje	18	---	17	17
Descarga	9	---	16	16
No se identificó	---	22	50	50

Nota: espacios sin valor, indica la ausencia de fuente de abastecimiento

Respecto a la contaminación del agua subterránea, se puede identificar que las principales fuentes puntuales de contaminación corresponden a la presencia de las fosas sépticas, caso contrario para el agua superficial, ya que el 50 % no se identificó de donde proviene la contaminación. La principal premisa sería de las fuentes difusas o no puntuales de contaminación bacteriológicas provenientes de las actividades agropecuarias y de la agro-industrialización de la caña de azúcar (Tabla 2). Parte de las descargas de aguas negras localizadas en la ciudad de Cardel y Paso de Ovejas, son vertidos a los canales de riego y al río La Antigua. Las fosas sépticas se encuentran confinadas en las poblaciones rurales (Playa Oriente, La Ceiba, El Mango, El Faisán, La Víbora, La Posta, El Salmoral, La Cuartana, La Vicente López, Caño Prieto, La Barra, Loma Fina y El Guayabal).

En Yucatán, México, las fosas sépticas son la principal fuente de contaminación bacteriológica para el agua subterránea (Méndez et al., 2010). Con los resultados obtenidos se acepta parcialmente la hipótesis particular que indica “Existe presencia de coliformes totales y las fuentes puntuales de contaminación bacteriológica que se ubican en el agroecosistema con caña de azúcar del Módulo de Riego I-I La Antigua, Veracruz, ya que puede ser la principal causa de la contaminación del agua subterránea y superficial”. Esto es debido a que la contaminación por coliformes totales y la presencia de *E. coli* obedecen a las fuentes puntuales de contaminación como las fosas sépticas, descargas de aguas negras y desechos de nosocomios (Lango et al., 2010). En Argentina, hay reportes de que el 86 % de la contaminación por coliformes fecales de las lagunas, están cercanas a los corrales de los



animales, principalmente de las zonas donde se acumulan heces y orina, de las cuales están cercanas a las fuentes de agua, que pueden ser arrastrados por escorrentía provocada por la lluvia. Por otra parte, las fuentes puntuales de contaminación por coliformes del agua subterránea obedecen a sistemas sépticos inapropiados, mala construcción y ubicación de los pozos, crías de animales, y lugares de acumulación de residuos (Rodríguez et al., 2012). Por otra parte, se encontró que, en agua superficial, correspondiente al Río Tinto, en Portugal en 11 puntos de muestreos se halló contaminación microbiana de microorganismos aeróbicos, coliformes totales y *E. coli*, superando los valores máximos de la ley portuguesa n. 236/98 para agua de riego (Lemos et al., 2024).

En los canales de drenaje agrícola del valle agrícola sinaloense (México) el agua que se reutiliza para la agricultura y acuicultura, existen hallazgos de los muestreos realizados donde se encontró que la contaminación estaría asociado a las descargas directas de agua residual doméstica y aquellos con menor carga bacteriana estuvieron asociados a la salida del canal del drenaje; entre los principales organismos encontrados estuvieron *Escherichia coli* (67.7 %), *Kluyvera cryocrescens* (10.2 %), y *Enterobacter agglomerans* (6.3 %), el 91.49 % de las muestras analizadas no cumplió con los límites establecidos por las normas oficiales mexicanas ni los lineamientos internacionales (Ahumada-Santos et al., 2014).

En México, la norma NOM-127-SSAI-2021 (2021) de agua para uso y consumo humano establece como límite permisible <1.1 o no detectable para *E. coli* o coliformes termotolerantes, y la norma NOM-003-ECOL-1997 (1997), establece para aguas residuales tratadas para servicio al público con contacto directo, valores de 240 NMP 100 mL⁻¹ de coliformes fecales. Por lo consiguiente, los puntos muestreados de agua superficial dentro del agroecosistema caña de azúcar superan lo

establecido por las normas mexicanas, y en menor proporción los pozos profundos y norias muestreadas. Un método de desinfección para mejorar la calidad de agua, probado en Nigeria, es la utilización de la radiación ultravioleta tipo C, ya que es capaz de alterar la replicación del ADN y el ARN. Se demostró en muestras de agua de río una reducción del 57.143% de la carga microbiana, mientras que en pozos fue una reducción del 50 %, ante esto la tecnología V-LED será esencial para su adopción generalizada e integración en la infraestructura mundial del tratamiento de agua, o, por otra parte, la utilización de las nanopartículas de plata para la inactivación de patógenos y la degradación de contaminantes (Adeniyi y Jimoh, 2024).

CONCLUSIONES

Las mayores concentraciones de coliformes totales fueron en aguas superficiales, de las cuales se concentraron en los canales de riego provenientes del Río La Antigua, y las principales fuentes puntuales de contaminación bacteriológica son las fosas sépticas, sistemas de drenajes, y descargas de aguas negras directas sin tratamientos; asimismo, la zona urbana está prevista de mayores fuentes de contaminación. Se recomienda continuar con el monitoreo de los coliformes totales en épocas de estiaje, y lluvia en fuentes de agua subterránea y superficial en el agroecosistema con caña de azúcar.

AGRADECIMIENTOS

A la Asociación de Usuarios COANALAG Modulo de Riego La Antigua A.C., por el apoyo logístico y técnico en el proceso de investigación agrícola.

REFERENCIAS

Adeniyi, A. O. y Jimoh, M. O. (2024). Potencial de descontaminación de la radiación



- ultravioleta tipo C en sistemas de tratamiento de agua: inactivación microbiana dirigida, *Water*, 16(19), 2725. <https://doi.org/10.3390/w16192725>
- Ahumada-Santos, Y. P., Báez-Flores, M. E., Díaz-Camacho, S. P., Uribe-Beltrán, M. de J., López-Angulo, G., Vega-Aviña, R., Chávez-Durán, F. A., Montes-Avila, J., Carranza-Díaz, O., Moder, M., Kuschik, P. y Delgado-Vargas, F. (2014). Distribución espaciotemporal de la contaminación bacteriana del agua residual agrícola y doméstica descargada a un canal de drenaje (Sinaloa, México). *Ciencias Marinas*, 40(4), 277-289.
- Centro Virtual de Información del Agua (CVIA), (2017). <https://agua.org.mx/en-el-planeta/>
- Kraemer, F. B., Chagas, C. I., Vázquez, A. G., Paz, M. & Moretton, J. A. (2014). Estimación de escenarios de contaminación por coliformes fecales en una microcuenca de pampa ondulada de Argentina mediante el empleo de un modelo predictivo. *Revista. Facultad de Ciencias Agrarias Uncuyo*, 46(2), 83-96.
- Lango, R. F., Landeros, S. C. and Castañeda, C. Ma. Del R. (2010). Bioaccumulation of cadmium (CD), lead (PB), and arsenic (AS), in crassostrea Virginica (Gmelin, 1791), from Tamiahua lagoon system, Veracruz México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 26(3), 201-210.
- Lemos, P., Paulo, S., Cátia A. S., y Abel J. D. (2024). Ríos contaminados: un estudio de caso en Oporto, Portugal. *Ecologías*, 5(2), 188-197. <https://doi.org/10.3390/ecologies5020012>
- Luján-Urseler, N., Bachetti, R. A., Damilano, G., Morgante, V., Ingaramo, R. N., Saino, V., & Morgante, C. A. (2019). Calidad microbiológica y usos del agua subterránea en establecimientos agropecuarios del centro-sur de Córdoba, Argentina. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 35(4), 839-848. <https://doi.org/10.20937/rica.2019.35.04.06>
- Megchun-García, J.V., Landeros-Sánchez L., Soto-Estrada, A., Castañeda-Chávez, Ma. del R., Martínez-Dávila, J. P., Nikolskii-Gavrilov, I., Galaviz-Villa, I. y Lango-Reynoso, F. (2015). Total coliforms *Escherichia coli* in Surface and subsurface water from a sugarcane agroecosystem in Veracruz, Mexico. *Journal of Agroecological Science*, 7(6), 110-119. <http://dx.doi.org/10.5539/jas.v7n6p110>
- Méndez, N. R. I., San Pedro, C. L., Castillo, B. E. R. y Vázquez, B. E. (2010). Modelación del tiempo de conservación de muestras biológicas de agua. *Revista Internacional Contaminación Ambiental*, 26(4), 327-335.
- NMX-AA-02-1985. (1985). *Protección al ambiente-contaminación del suelo residuos sólidos municipales-selección y cuantificación de subproductos*. <https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/DOFsr/NMX-AA-022-1985.pdf>
- NMX-AA-42-1987. (1987). *Calidad del agua-determinación del Número Mas Probable (NMP) de coliformes totales, coliformes fecales (termotolerantes) y Escherichia coli presuntiva*. http://legismex.mty.itesm.mx/normas/aa/aa_042.pdf
- NOM-003-ECOL-1997. (1997). *Norma Oficial Mexicana NOM-003-ECOL-1997, Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reusen en servicios al público*. https://diariooficial.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4893449&fecha=21/09/1998#gs.c.tab=0
- NOM-109-SSAI-1994 (1994). *Proyecto de Norma Oficial Mexicana, Bienes y Servicios. Procedimientos para toma, manejo y transporte de muestras de alimentos para su análisis microbiológico*.



<http://legismex.mty.itesm.mx/normas/ssai/ssai109p.pdf>

NOM-127-SSAI-1994. Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSAI-1994, "salud ambiental, agua para uso y consumo humano-límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización".

[https://www.pediatrica.gob.mx/archivos/burbuja/I3.4 NOM-127-SSAI-1994 Salud Ambiental Agua límites permisibles de calidad.pdf](https://www.pediatrica.gob.mx/archivos/burbuja/I3.4%20NOM-127-SSAI-1994%20Salud%20Ambiental%20Agua%20limites%20permisibles%20de%20calidad.pdf)

NOM-127-SSAI-2021. Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSAI-2021, Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de

la calidad del agua.

https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5650705&fecha=02/05/2022

NOM-180-SSAI-1998. Norma Oficial Mexicana NOM-180-SSAI-1998, Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Equipos de tratamiento de tipo doméstico. Requisitos sanitarios. <https://salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/180ssa18.html>

Rodríguez, S., Gauna, L., Martínez, G., Acevedo, H., & Romero, C. (2012). Relación del nitrato sobre la contaminación bacteria del agua. *Terra Latinoamericana*, 30(2), 111-119.



PROPAGACIÓN CLONAL *in vitro* DE *Catasetum integerrimum* HOOKER. A PARTIR DE PSEUDOBULBOS

In vitro CLONAL PROPAGATION OF *Catasetum integerrimum* HOOKER. FROM PSEUDOBULBS

Diego Olvera-Casanova¹, Angeles Sánchez-Contreras¹, Joaquín Qui-Zapata², Gilbert Herrera-Cool³, José Vidal Cob-Uicab³, Guadalupe López-Puc^{1§}

¹Parque Científico Tecnológico de Yucatán. Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco (CIATEJ), Subsede sureste, A.C. Tablaje catastral 31264 km 5.5, carr. Sierra Papacal-Chuburna Puerto Mérida, Yucatán, México. ² CIATEJ, Subsede Zapopan El Bajío, Zapopan, Jalisco, México. ³ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Chetumal, Carr. Chetumal-Bacalar Km 25. CP: 77963. Quintana Roo, México, Camino Arenero 1227. [§]Autor de correspondencia: (glopez@ciatej.mx).

RESUMEN

La orquídea epífita *Catasetum integerrimum*, con flores verde-amarillentas, se usa en medicina tradicional para tratar mordeduras de serpiente, heridas, diabetes y controlar la presión arterial. Esta especie está amenazada por la recolección ilegal, pérdida de hábitat, cambio climático e introducción de especies invasoras. Para su conservación *ex situ*, el cultivo de tejidos ofrece una alternativa eficaz para la germinación y producción de plántulas. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la composición del medio de cultivo en la propagación clonal *in vitro* de *C. integerrimum* a partir de pseudobulbos, usando medios Murashige y Skoog (MS) al 100 % y 50 %, y tres concentraciones de 6-Bencilaminopurina (BAP) (0.45, 6.82 y 13.2 μ M) a 25°C y fotoperiodo por tres meses. Se evaluaron el número y longitud de brotes, analizados mediante ANOVA y prueba LSD de Fisher ($p < 0.05$). Los resultados mostraron que 6.82 μ M de BAP con MS al 100 % produjo dos brotes por explante y con longitud de brote de hasta 7.63 cm, siguiendo este método es posible la obtención de 12,800 plántulas en 24 meses, lo que a su vez

permite tener suficiente material vegetal para su uso ornamental y medicinal.

Palabras clave: bencilaminopurina, conservación *ex situ*, Murashige y Skoog, orquídea.

ABSTRACT

The epiphytic orchid *Catasetum integerrimum*, with yellowish-green flowers, is used in traditional medicine to treat snake bites, wounds, diabetes, and to control blood pressure. This species is threatened by illegal recollection, habitat loss, climate change, and the introduction of invasive species. For its *ex situ* conservation, tissue culture provides an effective alternative for seed germination and seedling production. The objective of this study was to evaluate the effect of culture medium composition on the *in vitro* clonal propagation of *C. integerrimum* from pseudobulbs, using Murashige and Skoog (MS) media at 100 % and 50 %, and three concentrations of 6-Benzylaminopurine (BAP) (0.45, 6.82, and 13.2 μ M) at 25°C and photoperiod over three months. The number and length of shoots were evaluated and analyzed through ANOVA and Fisher's LSD test ($p <$



0.05). Results showed that 6.82 μM BAP with 100 % MS medium produced 2 shoots per explant with a shoot length of up to 7.63 cm. Following this method, it is possible to obtain 12,800 seedlings in 24 months, thus providing sufficient plant material for ornamental and medicinal use.

Index words: benzylaminopurine, *ex situ* conservation, Murashige y Skoog, orchid.

INTRODUCCIÓN

La familia Orchidaceae es una de las más grandes de plantas florales, con 25,000 a 30,000 especies globales, de las cuales 1,300 están en México (Chase et al., 2015; Mayo-Mosqueda et al., 2020). Estas plantas son valiosas en la floricultura por su uso ornamental, medicinal, nutraceutico, alimenticio y cosmético (López-Puc & Herrera-Cool, 2020; Cox-Tamay et al., 2020). Además, tienen importancia etnobiológica y son empleadas por poblaciones indígenas en todo el mundo (Fonge et al., 2019; Castillo-Pérez et al., 2024; León-Peralta & Ojascastro, 2024).

Catasetum integerrimum Hooker, una orquídea epífita de hasta 50 cm con flores verde amarillentas, es recolectada tanto por su atractivo follaje como por sus usos en medicina tradicional, donde se emplea para tratar mordeduras de serpiente, heridas, colitis, diabetes, diarrea y presión arterial (Sánchez-Martínez et al., 2002; Castillo-Pérez et al., 2024; Caudillo-Gaona, 2023). Aunque no ha sido estudiada en humanos, ha mostrado actividad antinociceptiva y antiinflamatoria en ratones, similar al naproxeno (Caudillo-Gaona, 2023). Esta planta enfrenta amenazas debido a la recolección ilegal, deforestación, urbanización, cambio climático e introducción de especies invasoras, afectando su biodiversidad (Hinsley et al., 2018; Emeterio-Lara et al., 2021). Para su conservación, el cultivo de tejidos vegetales es una estrategia eficaz que permite su multiplicación mediante

micropropagación, conservación en bancos de germoplasma, obtención de metabolitos de interés y mejoramiento genético (Bhatia et al., 2015).

La respuesta de los tejidos vegetales cultivados *in vitro* está asociada a la composición del medio de cultivo, donde el contenido de macro y micronutrientes, azúcares y reguladores de crecimiento pueden dirigir el crecimiento o la producción de metabolitos (George et al., 2008). Debido a esto, el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la composición del medio de cultivo en la propagación clonal de *C. integerrimum*.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se realizó en el laboratorio de biotecnología vegetal del Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco (CIATEJ) subsele sureste, ubicado en el municipio de Mérida, Yucatán, México.

Se realizó un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial donde los factores por evaluar fueron la concentración del medio MS, y la concentración de BAP. Los tratamientos consistieron en medios de cultivo con medio basal MS con vitaminas (MS-5519 Sigma-Aldrich®) a dos concentraciones, 4.4 g L⁻¹ (100 %) y 2.2 g L⁻¹ (50 %), adicionados con sacarosa a una concentración de 30 g L⁻¹ como fuente de carbono, Gelrite (Gelzan™ Sigma-Aldrich®) a una concentración 2.4 g L⁻¹ como gelificante; y BAP (B3408 Sigma-Aldrich®) a tres concentraciones, 0.45, 6.82 y 13.2 μM , como regulador de crecimiento. Adicionalmente se prepararon dos controles con las dos concentraciones de MS, sin presencia de BAP, dando un total de 8 tratamientos diferentes. El pH de los medios fue ajustado a 5.8 y posteriormente fueron esterilizados en una autoclave (Felisa FE-398U) a 121°C por 20 minutos.



Dentro de una campana de flujo laminar y en condiciones de esterilidad, se tomaron plántulas obtenidas de la germinación de semillas de *C. integerrimum* y con un bisturí se les removió las hojas y raíces, dejando pseudobulbos de 1.5 cm de largo. Estos tejidos fueron cortados transversalmente, y las secciones basales fueron establecidas en los tratamientos. Se colocó un explante por frasco, con ocho réplicas por tratamiento, dando un total de 64 corridas.

Los frascos fueron incubados en condiciones de fotoperiodo de 16 horas luz y 8 horas oscuridad a una temperatura de 25°C por un tiempo de tres meses. Una vez concluido el tiempo de cultivo, se registró el número de brotes por explante y su longitud. Estos datos fueron analizados mediante ANOVA de una vía, multifactorial y prueba de diferencia mínima significativa (*LSD*) de Fisher, ($p \leq 0.05$) utilizando el programa estadístico Statgraphics Centurion® versión 16.1.03. Con los datos obtenidos se realizó una planeación de cultivo, donde se calculó la cantidad de plántulas que se podrían obtener en un periodo de dos años, utilizando como material vegetal inicial 50 pseudobulbos.

RESULTADOS

Una vez transcurridos los tres meses de cultivo todos los tratamientos evaluados estimularon la producción de brotes en las secciones basales de pseudobulbos de *C. integerrimum* (Tabla I), donde los explantes mostraron respuesta a los 13 días desde el inicio del experimento. De igual manera, algunos de los brotes formados desarrollaron raíces, sin embargo, este parámetro no fue evaluado.

Para el número de brotes, solo el efecto de la concentración de BAP fue significativo, donde los explantes que produjeron la mayor producción de brotes fueron los que se establecieron en tratamientos adicionados con 6.82 μM del regulador, para ambas concentraciones de MS (T2 y T6), dando un promedio de dos brotes por explante (Figura I), valor que fue significativamente diferente a los tratamientos sin BAP (T4 y T8) que produjeron un promedio de 1.25 brotes por explante. Por otro lado, los explantes que produjeron la menor cantidad de brotes fueron los establecidos en el tratamiento T2, con 0.75 brotes por pseudobulbo, sin embargo, este valor no fue significativamente diferente a los tratamientos sin regulador.

Tabla 3 Efecto de las diferentes concentraciones de Murashige y Skoog (MS) y 6-Bencilaminopurina (BAP) en el desarrollo y longitud de brotes en los explantes de *Catsetum integerrimum* después de tres meses de cultivo.

Tratamientos	Concentración de MS (%)	Concentración de BAP (μM)	Brotes por explante	Longitud de brotes (cm)
T1	100	13.2	1.75 $\pm$ 0.89 ^{ab}	5.59 $\pm$ 3.38 ^{abc}
T2	100	6.82	2.00 $\pm$ 0.76 ^a	7.20 $\pm$ 2.77 ^a
T3	100	0.45	1.13 $\pm$ 0.64 ^{bc}	5.44 $\pm$ 3.03 ^{abc}
T4	100	0.00	1.25 $\pm$ 0.46 ^{bc}	7.63 $\pm$ 1.94 ^a
T5	50	13.2	1.75 $\pm$ 0.46 ^{ab}	6.34 $\pm$ 1.45 ^{ab}
T6	50	6.82	2.13 $\pm$ 1.25 ^a	4.16 $\pm$ 2.01 ^{bc}
T7	50	0.45	0.75 $\pm$ 0.71 ^c	3.44 $\pm$ 2.95 ^c
T8	50	0.00	1.25 $\pm$ 0.46 ^{bc}	3.91 $\pm$ 2.20 ^{bc}

Medias $\pm$ desviación estándar seguidas por letras diferentes indican diferencia significativa según la prueba de comparación múltiple *LSD* de Fisher ($p < 0.05$).

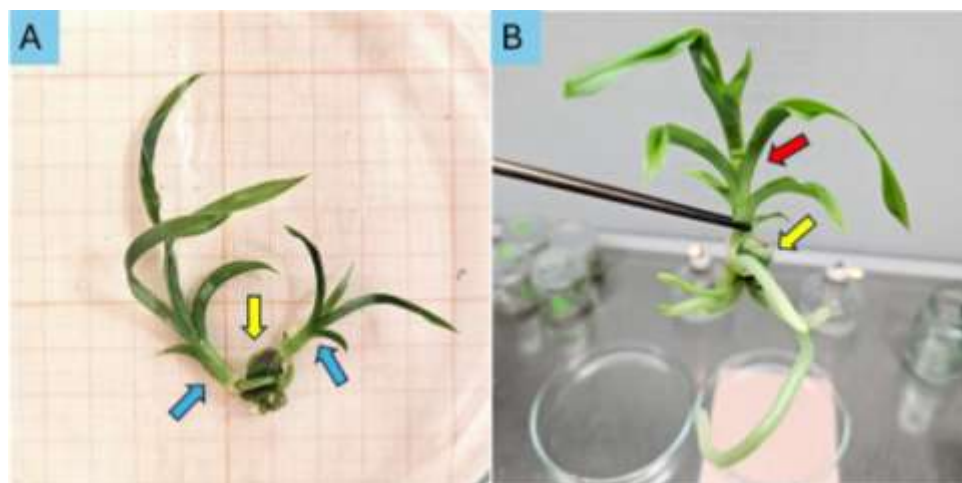


Figura 5. Propagación clonal a partir de secciones basales de pseudobulbos (flechas amarillas) de *C. integerrimum*. (A) Brotes nuevos formados (flechas azules) en el explante. (B) Plántula completa (flecha roja) obtenida a partir de un pseudobulbo cultivado en 50 %MS con 6.82 μ M BAP a los tres meses de cultivo.

Tabla 4 Planeación de cultivo para la producción de plántulas de *C. integerrimum* mediante propagación clonal a partir de pseudobulbos en un periodo de dos años.

Material vegetal	Frascos de cultivo (1 explante por frasco)	Plantas obtenidas	Tiempo (meses)
50 plantas madre (pseudobulbos)	50	100	2
100 X 2	100	200	6
200 X 2	200	400	9
400 X 2	400	800	12
800 X 2	800	1600	15
1600 X 2	1600	3200	18
3200 X 2	3200	6400	21
6400 X 2	6400	12800	24

El efecto de la concentración de MS solo fue significativo para la longitud de los brotes, dónde una concentración de 100 %, sin la presencia de BAP, produjo un mayor crecimiento (T4) con un promedio de 7.62 cm. Es importante destacar que, en los resultados obtenidos, al ser la concentración de MS un factor no significativo en la multiplicación de brotes de *C. integerrimum*, es

posible establecer un protocolo con el 50 % de concentración de estas sales, lo cual reduce costos asociados. Además, los otros dos componentes del medio de cultivo fueron solo el BAP y el gelificante, lo que lo hace un protocolo sencillo al no necesitar la adición de otros aditivos como carbón activado.



Con los resultados obtenidos se realizó una planeación del cultivo, tomando como material vegetal inicial 50 pseudobulbos y considerando una tasa de multiplicación de 2.12 (redondeado a 2) brotes producidos por explante cada tres meses (**Tabla 2**). De esta manera se podrían obtener un total de 12, 800 plántulas en un periodo de dos años utilizando un medio con 50 % de concentración de MS adicionado con 6.82 μM de BAP.

DISCUSIÓN

La propagación de orquídeas puede ser a partir de semillas, secciones nodales, y aunque el uso de pseudobulbos está reportado, la cantidad de estudios que hacen uso de este tipo de explantes es menor (Nongdam et al., 2023).

En el presente estudio se determinó que una concentración de 6.82 μM de BAP es adecuada para la propagación de *C. integerrimum*, produciendo un aproximado de dos brotes por explante y donde concentraciones mayores o menores del regulador resultan en un menor número de brotes producidos (**Tabla I**). Resultados similares han sido reportados por Castillo-Pérez et al. (2022) quienes evaluaron diferentes combinaciones de concentraciones de BAP y ácido indol-3-acético (IAA), en la propagación de *C. integerrimum* a partir de pseudobulbos, obteniendo un promedio de un brote por explante y donde concentraciones menores o mayores de BAP ocasionaban una disminución en la multiplicación. Dos Santos et al. (2021) reportan la producción de tres brotes por explante, cultivando plántulas de la orquídea *Dryadella zebrina* en medios adicionados con 6 μM de BAP y donde concentraciones mayores ocasionaban un menor número de brotes. Este mismo comportamiento ha sido reportado en otras orquídeas por Islam et al. (2015a, b) en la propagación de PLBs y pseudobulbos de *Cymbidium finlaysonianum* Lindl. y por Ramírez-

Mosqueda et al. (2019) en la propagación de plántulas de *Laelia anceps* Lindl. Esta disminución en el número de brotes al aumentar la concentración de BAP puede ser explicada debido a que altas concentraciones de citocininas exógenas pueden aumentar la actividad de la citocinina oxidasa, reduciendo los niveles endógenos de citocininas y de esta manera inhibiendo la división celular y formación de nuevos brotes (George et al., 2008; dos Santos et al., 2021)

La producción de brotes en los medios sin BAP se puede explicar debido a la interrupción de la dominancia apical, en donde al cortar la sección apical del pseudobulbo se reducen los contenidos endógenos de IAA, seguido de un aumento en la concentración de azúcares y citoquininas en las áreas meristemáticas presentes en las secciones basales, estimulando la producción de brotes (Mata-Rosas et al., 2010, Beveridge et al., 2023)

La mayor longitud de brotes fue obtenida en los medios adicionados con 100 % de MS (**Tabla I**), este comportamiento puede estar asociado a que una mayor disponibilidad de nutrientes permite un mayor crecimiento de los brotes. Resultados contrastantes fueron obtenidos por Juras et al. (2019) en la orquídea *Cattleya xanthina* donde la concentración del medio basal no afectó significativamente en la longitud de los brotes, entre los medios evaluados.

CONCLUSIONES

La concentración de BAP y MS influyen en el desarrollo y elongación de brotes a partir de secciones basales de pseudobulbos de *C. integerrimum*, donde una concentración de 6.82 μM del regulador estimula la producción de 2 brotes por explante y donde una concentración de 100 % de MS resulta en brotes más largos. Con estas condiciones es posible la producción de 12,800 plántulas a partir de 50 pseudobulbos iniciales en un periodo de dos años, lo que puede



ser utilizado en programas de conservación y producción comercial.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías por la beca para posgrado para el periodo 2023-2025 y al CIATEJ subsele sureste por sus instalaciones y apoyo en el desarrollo del presente trabajo de investigación.

REFERENCIAS

- Beveridge, C. A., Rameau, C. y Wijerathna-Yapa, A. (2023). Lessons from a century of apical dominance research. *Journal of Experimental Botany*, 74(14), 3903–3922. <https://doi.org/10.1093/jxb/erad137>
- Bhatia S., Bera T., Dahiya R. y Sharma K. (2015). *Modern applications of plant biotechnology in pharmaceutical sciences*. 31-107, 361-368.
- Castillo-Pérez, L. J., Alonso-Castro, A. J., Fortanelli-Martínez, J. y Carranza-Álvarez, C. (2022). Micropropagation of *Catasetum integerrimum* Hook (Orchidaceae) through seed germination and direct shoot regeneration from pseudobulbs and roots. *In Vitro Cellular & Developmental Biology - Plant*, 58(2), 279–289. <https://doi.org/10.1007/s11627-021-10248-3>
- Castillo-Pérez, L. J., Ponce-Hernández, A., Alonso-Castro, A. J., Solano, R., Fortanelli-Martínez, J., Lagunez-Rivera, L. y Carranza-Álvarez, C. (2024). Medicinal orchids of Mexico: A review. *Pharmaceuticals*, 17(7), 907. <https://doi.org/10.3390/ph17070907>
- Caudillo-Gaona, M. Y., Caudillo-Gámez, K. L., Vargas-Roa, M. A., Torres-Rico, D., Carranza-Alvarez, C., Barragan-Galvez, J.C., Gonzalez-Rivera, M.L. y Alonso-Castro, A. J. (9 de agosto de 2023). Evaluación in vivo del efecto antinociceptivo y antiinflamatorio de *Catasetum integerrimum* Hook (Orchidaceae). *Jóvenes en la Ciencia*, 21, 1–7.
- Chase, M. W., Cameron, K. M., Freudenstein, J. V., Pridgeon, A. M., Salazar, G., van den Berg, C. y Schuiteman, A. (2015). An updated classification of Orchidaceae. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 177(2), 151–174. <https://doi.org/10.1111/boj.12234>
- Cox-Tamay, L.D., Ruíz, J.Y.S., y Pérez, E.A. (2016). Diversidad y uso de las orquídeas. *Bioagrociencias*, 1(9), 1-6.
- Ddos Santos- Anjos, J., Alves Stefanello, C., do Nascimento Vieira, L. y Giacomolli Pollesi, L., Guerra, M.P. y Pacheco de Freitas-Fraga, H. (2021). The cytokinin 6-Benzylaminopurine improves the formation and development of *Dryadella zebrina* (Orchidaceae) in vitro shoots. *Brazilian Journal of Botany*, 44(4), 811–819. <https://doi.org/10.1007/s40415-021-00753-5>
- Emeterio-Lara, A., García-Franco, J. G., Hernández-Apolinar, M., Toledo-Hernández, V. H., Valencia-Díaz, S., y Flores-Palacios, A. (2021). Does extraction of orchids affect their population structure? Evidence from populations of *Laelia autumnalis* (Orchidaceae). *Forest Ecology and Management*, 480, 118667. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118667>
- Fonge, B. A., Essomo, S. E., Bechem, T. E., Tabot, P. T., Arrey, B. D., Afanga, Y. and Assoua, E. M. (2019). Market trends and ethnobotany of orchids of Mount Cameroon. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 15(29). <https://doi.org/10.1186/s13002-019-0308-1>
- George E.F., Hall, M.A y De Klerk, G.J. (2008) *Plant propagation by tissue culture*. Springer, <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5005-3>
- Hinsley, A., de Boer, H. J., Fay, M. F., Gale, S. W., Gardiner, L. M., Gunasekara, R. S., Kumar, P., Masters, S., Metusala, D., Roberts, D. L., Veldman, S., Wong, S., & Phelps, J. (2018). A



- review of the trade in orchids and its implications for conservation. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 186(4), 435–455.
<https://doi.org/10.1093/botlinnean/box083>
- Islam, S. S., Islam, T., Bhattacharjee, B., Mondal, T. K., y Subramaniam, S. (2015a). *In vitro* pseudobulb based micropropagation for mass development of *Cymbidium finlaysonianum* Lindl. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 27(6), 469–474.
<https://doi.org/10.9755/ejfa.2015.04.017>
- Islam, T., Bhattacharjee, B., Islam, S. M. S., Uddain, J., y Subramaniam, S. (2015b). Axenic Seed Culture and *in vitro* mass propagation of Malaysian Wild Orchid *Cymbidium finlaysonianum* Lindl. *Pakistan Journal of Botany*, 47(6), 2361–2367.
- Juras, M., Jorge, J., Pescador, R., Ferreira, W., Tamaki, V., & Suzuki, R. (2019). *In vitro* culture and acclimatization of *Cattleya xanthina* (Orchidaceae), an endangered orchid of the Brazilian Atlantic Rainforest. *Rodriguésia*, 70.
<https://doi.org/10.1590/2175-7860201970014>
- León-Peralta, C. E., & Ojascastro, J. (2024). The sticky relationship between orchids and Mexican amate paper: Present and possible past. *Economic Botany*, 78(2).
<https://doi.org/10.1007/s12231-024-09608-y>
- López-Puc G. y Herrera-Cool G.J (2022) Germinación asimbiótica y regeneración *in vitro* de *Catasetum integerrimum*. *Polibotánica*. 53, 135–149.
<https://doi.org/10.18387/polibotanica.53.9>
- Mata-Rosas, M., Baltazar-García, R. J., Moon, P., Hietz P. y Luna-Monterrojo V.E (2010). *In vitro* regeneration of *Lycaste aromatica* (Graham ex Hook) Lindl. (Orchidaceae) from pseudobulb sections. *Plant Biotechnology Reports*, 4(2), 157–163.
<https://doi.org/10.1007/s11816-010-0132-5>
- Mayo-Mosqueda A., Maceda-López L. F., Andrade-Canto S. B., Noguera-Savelli E., Caamal-Velázquez H., Cano-Sosa J. S. & Alatorre-Cobos F, (2020) Efficient protocol for *in vitro* propagation of *Laelia rubescens* Lindl. from asymbiotic seed germination. *South African Journal of Botany*, 133, 264–272,
<https://doi.org/10.1016/j.sajb.2020.07.030>
- Nongdam, P., Beleski, D. G., Tikendra, L., Dey, A., Varte, V., El Merzougui, S., Pereira, V. M., Barros, P. R., y Vendrame, W. A. (2023). Orchid Micropropagation Using Conventional Semi-Solid and Temporary Immersion Systems: A Review. *Plants*, 12(5), 1136.
<https://doi.org/10.3390/plants12051136>
- Ramírez-Mosqueda, M. A., Cruz-Cruz, C. A., Atlahua-Temoxtle, J., y Bello-Bello, J. J. (2019). *In vitro* conservation and regeneration of *Laelia anceps* Lindl. *South African Journal of Botany*, 121, 219–223.
<https://doi.org/10.1016/j.sajb.2018.11.010>
- Sánchez-Martínez, A., Sarmiento, M. y Andrews, J.M. (2002). *Orquídeas de Campeche*. Instituto de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). 44–45.



IDENTIFICACIÓN DE METABOLITOS BIOACTIVOS EN EL HONGO *Calvatia gigantea* EN CULTIVO *in vitro*

IDENTIFICATION OF BIOACTIVE METABOLITES IN THE *FUNGUS Calvatia gigantea* *in vitro* CULTURE

Yamil Evelyn Chávez-Mendoza, Baleria María Hernández Chávez, Marco Antonio Sánchez Medina, Iván Antonio García Montalvo, Diana Matías Pérez, Alma Dolores Pérez-Santiago[§]

Tecnológico Nacional de México, Campus Oaxaca (ITO). Avenida Ing. Víctor Bravo Ahuja No. 125 Esquina Calzada Tecnológico, C.P. 68030, Oaxaca de Juárez, Oaxaca. [§]Autor de correspondencia: (aperez_santiago@hotmail.com).

RESUMEN

Los basidiomicetos producen una gran variedad de metabolitos de interés farmacológico y medicinal con actividad reportada como antitumoral, antiviral, antimicrobiana, antifúngica, anticoagulante, cicatrizante, entre otras. *Calvatia gigantea* es comestible, con forma globosa de unos 10 cm de diámetro, de olor agradable, carne blanca y pueden pesar hasta 1 kg. El objetivo de este trabajo fue identificar metabolitos secundarios bioactivos en el cultivo *in vitro* de *C. gigantea*. Los esporomas fueron colectados en zonas abiertas del bosque de la comunidad de San Mateo Sosola, Oaxaca. Se inocularon 0.5 cm² del hongo en agar extracto de malta (AEM), agar dextrosa y papa (ADP) y agar nutritivo (AN). Se evaluó la cinética de crecimiento por crecimiento radial y se realizó la identificación de metabolitos secundarios con pruebas colorimétricas. *C. gigantea* presentó 3.05, 4.225 y 2.875 cm de crecimiento radial de micelio en EMA, ADP y AN, respectivamente. Se prepararon extractos del cultivo *in vitro* en AEM en agua estéril, solución fosfato salino (PBS) y etanol al 96 %. Se detectaron alcaloides, saponinas, taninos en el extracto de *C. gigantea* en PBS. El conocimiento de metabolitos de interés farmacológico presentes en hongos silvestres comestibles agrega valor para su consumo local y comercial.

Palabras clave: basidiomicetos, cultivo *in vitro*, metabolitos secundarios.

ABSTRACT

Basidiomycetes produce a great variety of metabolites of pharmacological and medicinal interest with reported activity as antitumor, antiviral, antimicrobial, antifungal, anticoagulant, healing, among others. *Calvatia gigantea* is edible, with a globular shape of about 10 cm in diameter, pleasant odor, white flesh and can weigh up to 1 kg. The aim of this work was to identify bioactive secondary metabolites in *in vitro* culture of *C. gigantea*. Sporomes were collected in open areas of the forest in the community of San Mateo Sosola, Oaxaca. The fungus was inoculated 0.5 cm² on malt extract agar (MEA), potato dextrose agar (PDA) and nutrient agar (NA). The growth kinetics were evaluated by radial growth and the identification of secondary metabolites was performed with colorimetric tests. *C. gigantea* showed 3.05, 4.225 and 2.875 cm of mycelial radial growth on EMA, ADP and AN, respectively. Extracts were prepared from the *in vitro* culture in EMA in sterile water, phosphate-buffered saline (PBS) and 96 % ethanol. Alkaloids, saponins, tannins were detected in the extract of *C. gigantea* in PBS. The knowledge of



metabolites of pharmacological interest present in edible wild mushrooms adds value for local and commercial consumption.

Index words: basidiomycetes, *in vitro* culture, secondary metabolites.

INTRODUCCIÓN

La variedad de hongos es tan vasta que los científicos aún no tienen un consenso exacto sobre el número total de especies. Las estimaciones oscilan entre 1.5 y 5 millones, lo que indica un mundo fúngico mucho más diverso de lo que imaginamos (Sierra-Praeli, 2023). En la actualidad en México, se han calculado que existen más de 100 mil especies, de las cuales se conocen cerca de tres mil y de éstas más de 200 especies son comestibles. Oaxaca destaca por su rica biodiversidad, especialmente en lo que respecta a los hongos, con más de 2500 especies macroscópicas registradas (Bautista y Aguilar, 2022). A pesar de que en Oaxaca se han llevado a cabo investigaciones sobre hongos silvestres comestibles, enfocándose en su comercialización, consumo y conocimiento ancestral, existe una escasez de estudios en el estado que explore el potencial de estos hongos en la medicina moderna.

El creciente interés en los hongos se debe a que diversas especies comestibles han demostrado cumplir con las características de los alimentos funcionales. Esto se explica por la presencia de principios activos que los hongos sintetizan o que incorporan desde los sustratos donde crecen o se cultivan (Alvarado-Castillo et al., 2015). Los hongos ofrecen una gran variedad de metabolitos que pueden explotarse para aplicarlos a la medicina, siendo una de las mejores alternativas naturales para combatir enfermedades tanto comunes como aquellas que aún no tienen un tratamiento específico. En estos organismos se pueden encontrar compuestos como polisacáridos, antibióticos, proteínas y otros, cuyas funciones

más importantes son la actividad anticancerígena o antitumoral, antiinflamatoria, antioxidante, antibiótica y otros pueden utilizarse como psicotrópicos para tratar enfermedades mentales (Arce-Torres et al., 2020). Así, el objetivo de este estudio fue identificar en cultivo *in vitro* metabolitos secundarios bioactivos de *Calvatia gigantea*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Obtención de la muestra

El estudio se realizó en el laboratorio de Glicobiología y nanoestructura, ubicado en la Unidad Académica de Posgrado del Instituto Tecnológico de Oaxaca. El hongo *C. gigantea* se colectó en el bosque de San Mateo Sosola, Etlá, Oaxaca, durante la temporada de lluvias, en los meses de junio-octubre del año 2023. El basidiocarpo se depositó en bolsas de polietileno, en seguida se transportó al laboratorio, posteriormente se guardó a -4°C . La especie fúngica fue identificada por el Dr. Ricardo Valenzuela Garza, jefe de laboratorio de micología del Instituto Politécnico Nacional (INPI).

Inoculación del hongo

Preparación de la muestra: el esporoma se descongeló a $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$, se lavó dos veces con agua estéril para eliminar residuos orgánicos, enseguida se fragmentó la gleba (parte interna del hongo) en 0.5 cm^2 . Se prepararon tres medios de cultivo; Agar extracto de malta (EMA), agar, dextrosa y papa (ADP) y agar nutritivo (AN) de acuerdo a las instrucciones del fabricante, para escoger en qué medio de cultivo puede crecer *C. gigantea*.

Se dividió a la mitad de cada caja Petri de EMA, ADP y AN, a continuación, se inoculó un fragmento de la gleba de *C. gigantea* en el centro de cada sección, posteriormente se colocaron las cajas de cultivo a $26 \pm 2^{\circ}\text{C}$ por 13 días en una incubadora Lab-line, modelo 4629.

Transcurrido el tiempo de incubación, se realizó el aislamiento del cultivo *in vitro* de *C.*



gigantea por resiembras cruzadas (Domínguez-Romero et al., 2013), es decir, se tomó una muestra del cultivo en EMA con un asa de platino, inmediatamente se inoculó por punción en el centro de una placa de ADP; posteriormente, se depositó una muestra del cultivo en ADP a una caja de EMA; una muestra de los cultivos *in vitro* de *C. gigantea* en EMA y ADP, se sembraron en el centro de una placa de AN. Enseguida se incubaron por 8 días con los mismos parámetros antes descritos. Al terminar el tiempo de incubación se compararon los cultivos con las primeras siembras del hongo. La cepa de *C. gigantea* se caracterizó por vía macroscópica, observando los parámetros de forma, elevación, abundancia de micelio, bordes y consistencia.

Cinética de crecimiento, preparación de extractos e identificación de metabolitos secundarios

Del octavo día de crecimiento de la gleba de *C. gigantea*, se tomó una asada de la cepa y se sembró por punción en el centro de cada caja Petri con medio de EMA, PDA y AN. Posteriormente, se marcó cada una de las placas Petri en cuatro zonas, debido a que el desarrollo del hongo sobre el medio de cultivo no es uniforme y posteriormente se midió el crecimiento radial (Guin-Po, 2022) cada dos días durante 27 días.

Se seleccionó el cultivo micelial de *C. gigantea* en EMA, debido a que presentó mayor elevación y consistencia. Se utilizó una placa de cultivo del hongo por cada solvente: agua destilada estéril, alcohol al 96 % y PBS (pH de 7.2). Se separaron 4.9 cm² de micelio, a continuación, se depositaron en un tubo falcon de 10 mL, seguidamente se aforó con los solventes antes mencionados, uno por cada tubo, después se agitaron a 1600 rpm durante 1 minuto y se guardaron los extractos a 3 °C hasta su uso. Antes de realizar las pruebas de identificación de metabolitos secundarios se agitó la muestra y se filtró. Por cada extracto se realizó la identificación de alcaloides, flavonoides, taninos

y saponinas, por periodos de 96 horas durante 17 días.

Alcaloides: para este ensayo, se depositó 1 mL del extracto en un tubo de ensayo, a continuación, se agregó 2 ml de HCl al 10 %, posteriormente se llevó a ebullición por 5 minutos y se dejó enfriar. Después se agregó una gota del reactivo de Wagner (Bouabid et al., 2018). Flavonoides: se diluyó 0.5 mL de muestra en 2 mL de alcohol al 96 %, luego se adicionaron 3 gotas de NaOH al 10 % (Flores-Vázquez & García-Vieyra, 2017). Taninos: a 1 mL de la muestra se le añadieron 2 mL de agua, enseguida se agregaron 2 gotas de NaCl al 2 %, inmediatamente se llevó a ebullición por 7 minutos y se dejó enfriar, posteriormente, se adicionaron una gota de cloruro férrico al 1 % y una gota de ferrocianuro de potasio al 1 % (Robles-García, et al., 2016). Saponinas: esta prueba se realizó por el índice de espuma (Lozano, 2012), en 1 mL de muestra se añadió 2 mL de agua destilada y se agitó vigorosamente por 30 segundos, sin demora se midió el tiempo de estabilidad de la espuma.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Obtención del esporoma y cepas

Calvatia gigantea presenta las siguientes características: el cuerpo fructífero es globoso, color blanquecino y con escamas color marrón, algunos ejemplares pueden pesar hasta 1 kg. El cultivo *in vitro* de *C. gigantea* en EMA: el micelio se desarrolla de forma de irregular de color blanco, elevación umbonada con bordes espiculados y consistencia densa (**Figura I B**); en PDA y en AN, el micelio es de forma circular y blanca con ramificaciones finas y bordes filamentosos, excepto en la elevación es plana para PDA (**Figura I C**) y es umbonada en AN (**Figura I D**). En contraste al cultivo *in vitro* coincide con los crecimientos reportados del micelio *in vitro* del hongo *Pleurotus ostreatus* en cuatro medios de cultivo (PDA, SDA, ELA, BHIA) los cuales



mostraron diferencias en cada medio (Angulo-Zubieta et al., 2022).



Figura I. *Calvatia gigantea*: A) esporoma silvestre; cultivos *in vitro* del hongo en B) EMA, C) ADP y D) AN.

Cinética de crecimiento e identificación de metabolitos

Se muestra el crecimiento micelial del hongo *C. gigantea* en EMA, ADP y AN (**Figura 2**), para el primer medio se puede observar, que después de ser inoculado su desarrollo es lento y que alcanza su máximo crecimiento hasta los 27 días con 3.05 cm de radio; con respecto al cultivo en PDA el crecimiento es rápido, es decir, su desarrollo exponencial alcanzando 4.225 cm de radio a los 13 días; en el último medio, el cultivo del hongo del segundo al sexto día de crecimiento fue lento de forma lineal, después, el crecimiento micelial fue acelerado hasta alcanzar 2.875 cm de radio a

los 15 días. En otro trabajo se analizó el comportamiento *in vitro* de cuatro cepas de *Lactarius deliciosus* y se encontró que el mayor crecimiento radial fue de 1.697 cm (Guin-Po, 2022).

Se encontró la presencia de alcaloides, saponinas y taninos en el extracto de PBS del cultivo *in vitro* de *C. gigantea*; por el contrario, en los extractos de agua y alcohol no se halló la presencia de algún metabolito secundario. Resultados similares se obtuvieron en un trabajo realizado por Torres- Rojas et al. (2019) donde se realizó la extracción de los metabolitos secundarios



presentes en cultivo *in vitro* correspondientes a *Xylaria* sp. y *Stereum* sp.

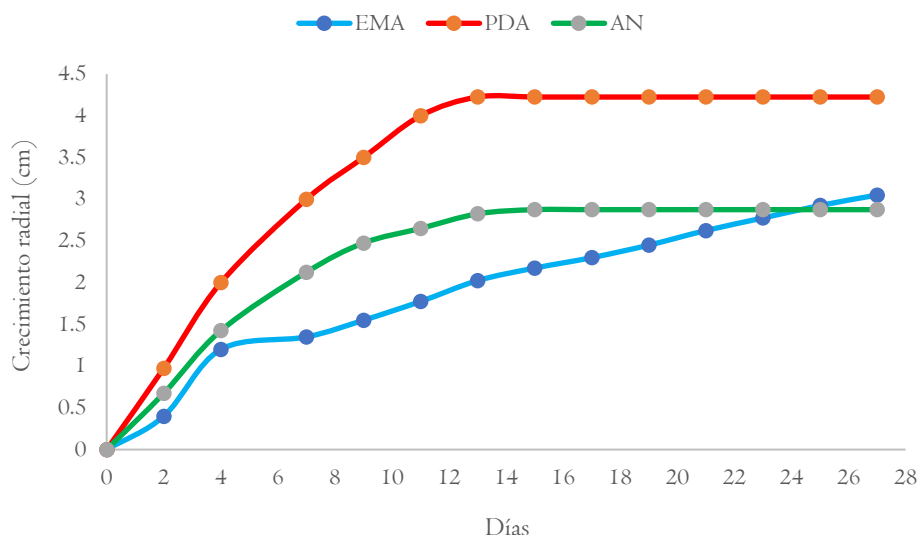


Figura 2. Crecimiento radial de *Calvatia gigantea* en EMA (agar extracto de malta), PDA (agar papa dextrosa) y papa y AN (agar nutritivo).

CONCLUSIONES

El cultivo *in vitro* de *Calvatia gigantea* en agar extracto de malta, agar dextrosa y papa y agar nutritivo presentó un micelio del mismo color, pero con diferente forma, elevación y borde; con crecimiento radial de 3.05, 4.225 y 2.875 cm, en ese orden dado, resaltando que en el primer medio de cultivo tuvo mayor abundancia de micelio; se identificó la presencia de alcaloides, taninos y saponinas en el extracto de fosfato salino del cultivo de *Calvatia gigantea*.

REFERENCIAS

Alvarado-Castillo, G., Mata, G., y Benítez-Badillo, G. (2015). Importancia de la domesticación en la conservación de los hongos silvestres comestibles en México. *Bosque*, 36(2), 151-161. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002015000200001>

Arce-Torres, L., Gómez-Díaz, I., Monge-Artavia, M. y Prado-Cordero, J. (2020). Metabolitos secundarios con actividad medicinal extraídos de hongos provenientes de Centroamérica. *Tecnología en Marcha*, 33(3), 80-89. <http://dx.doi.org/10.18845/tm.v33i3.4416>

Angulo-Zubieta, F., Mamani-Sánchez, B. y Nova-Pinedo, M. (2022). Crecimiento *in vitro* de hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*) en diferentes medios de cultivo. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 9(1), 14-22. <https://doi.org/10.53287/yspr1253nr82s>

Bautista, B. y Aguilar, H. (2019). Los hongos en Oaxaca. *Revista Arqueología Mexicana*, 87, 66-67.

Bouabida K., Lamchouri F., Toufika H., Sayahb K., Cherrahb Y., & Faouzi A. (2018). Phytochemical screening and *in vitro* evaluation of alpha amylase, alpha glucosidase and beta galactosidase inhibition by aqueous



- and organic *Atractylis gummifera* L. extracts. *Plant Science Today*, 5(3), 103-112. <https://dx.doi.org/10.14719/pst.2018.5.3.393>
- Domínguez-Romero, D., Vázquez-Rivera, H., Reyes-Reyes, B. G., Arzaluz-Reyes, J.I., y Martínez-Campos, A. R. (2013). Aislamiento y purificación del hongo ectomicorrízico *Helvella lacunosa* en diferentes medios de cultivo. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 16(1), 51-59.
- Flores-Vázquez, J. y García-Vieyra, M. (2017). Perfil fitoquímico y actividad antioxidante de extractos de pitahaya *Hylocereus undatus*. *Jóvenes en la Ciencia*, 2(1), 29-33.
- Guin-Po P. (2022). Crecimiento in vitro de cuatro cepas de *Lactarius deliciosus* bajo diferentes niveles de pH y medios de cultivo. *Ciencia & Investigación Forestal*, 28(3), 73. <https://doi.org/10.52904/0718-4646.2022.575>
- Lozano M., Ticonaa E., Carrasco C., Floresa Y., y Almanza, G. (2012). Cuantificación de saponinas en residuos de quinua real (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Revista Boliviana de Química*, 29(2), 131-138.
- Robles-García, M., Aguilar, A., Gutiérrez-Lomelí, M., Rodríguez-Félix, F., Morales-del-Río, J. A., Guerrero-Medina, P., y del-Toro-Sánchez, C. (2016). Identificación cualitativa de metabolitos secundarios y determinación de la citotoxicidad de extractos de tempisque (*Sideroxylum capiri pittier*). *Biotechnia*, 18(3), 3-8. <https://doi.org/10.18633/biotechnia.v18i3.328>
- Sierra-Praeli, Y. (2023). *El reino Fungi: un fantástico mundo poblado de hongos*. <https://latam.mongabay.com/2023/04/el-reino-fungi-un-fantastico-mundo-poblado-de-hongos/>
- Torres-Rojas, E., Chegwin-Angarita, C., Nieto-Ramirez, I., & Patiño, M. (2019). Actividad biocontroladora in vitro de macrohongos contra diferentes hongos fitopatógenos. *Acta Biológica Colombiana*, 25(2), 265-279. <https://doi.org/10.15446/abc.v25n2.75303>



Fomitopsis pinicola Y SU TOLERANCIA A LOS METALES PESADOS EN CULTIVO *in vitro*

Fomitopsis pinicola AND ITS HEAVY METAL TOLERANCE IN *in vitro* CULTURE

Samuel Rueda Cruz, Yesenia López Aragón, Marco Antonio Sánchez Medina, Iván Antonio García Montalvo, Aymara Judith Díaz Barrita, Alma Dolores Pérez Santiago[§]

Tecnológico Nacional de México, Campus Oaxaca (ITO). Avenida Ing. Víctor Bravo Ahuja No. 125, Esquina Calzada Tecnológico, C.P. 68030, Oaxaca de Juárez, Oaxaca. [§]Autor de correspondencia: (aperez_santiago@hotmail.com)

RESUMEN

Fomitopsis pinicola es un hongo basidiomiceto, silvestre, parásito, que crece durante todo el año sobre árboles enfermos o caídos, presenta carpóforos de unos 30 cm de espesor y 70 cm de longitud. Es una seta con crecimiento prolongado, durante su desarrollo aparecen estratificaciones de color blanco, y se le ha utilizado con fines decorativos y medicinales. Por otra parte, cuando los hongos se encuentran en ambientes hostiles o contaminados, como metales pesados, desarrollan mecanismos de respuesta ante la presencia de los agentes contaminantes o inhibidores de procesos vitales de su metabolismo. *F. pinicola* se recolectó e inoculó en diferentes medios de cultivo hasta su purificación; se evaluó su capacidad de tolerancia *in vitro* a la presencia de cuatro metales pesados (Pb, Cu, Cr y Zn), en diferentes concentraciones (20-400 mg kg⁻¹) a temperatura ambiente durante 20 días, midiendo el crecimiento radial cada 24 horas. No se presentó crecimiento en presencia de Cr, hubo crecimiento hasta en 60 mg kg⁻¹ de Cu, en 100 mg kg⁻¹ de Zn y en 400 mg kg⁻¹ de Pb. Los resultados indican una alta tolerancia de *F. pinicola* hacia concentraciones elevadas de Pb, por lo que

esta especie de hongo podría ser utilizada en procesos de biorremediación en un futuro.

Palabras clave: biorremediación, hongos silvestres, tolerancia a metales.

ABSTRACT

Fomitopsis pinicola is a basidiomycete fungus, wild, parasitic, which grows throughout the year on diseased or fallen trees, has carpophores about 30 cm thick and 70 cm long. It is a mushroom with prolonged growth, during its development white stratifications appear, and it has been used for decorative and medicinal purposes. On the other hand, when fungi are found in hostile or polluted environments, such as heavy metals, they develop response mechanisms to the presence of pollutants or inhibitors of vital processes of their metabolism. *F. pinicola* was collected and inoculated in different culture media until purification; its *in vitro* tolerance capacity to the presence of four heavy metals (Pb, Cu, Cr and Zn) was evaluated at different concentrations (20-400 mg kg⁻¹) at room temperature for 20 days, measuring radial growth every 24 hours. There was no growth in the presence of Cr, there was growth up to 60 mg kg⁻¹ of Cu, 100 mg kg⁻¹ of Zn and 400



mg kg⁻¹ of Pb. The results indicate a high tolerance of *F. pinicola* to high concentrations of Pb, so this fungal species could be used in bioremediation processes in the future.

Index words: bioremediation, wild fungi, metal tolerance.

INTRODUCCIÓN

Fomitopsis pinicola es un hongo considerado no comestible por su consistencia leñosa, se alimenta principalmente de madera en descomposición de pinos, abetos e incluso de caducifolios, como hayedos; posee carpóforos en forma de casco de caballo, con colores que van desde el amarillento de joven, anaranjado y pardo rojizo con el borde más claro en su etapa más madura, la parte inferior es de color blanquecina cremosa, con poros muy juntos y pequeños, de aspecto aterciopelado (Jiménez-Santos, 2019). *F. pinicola* ha sido utilizado en la medicina tradicional de diversas culturas, empleado como antiinflamatorio, inmunomodulador y en algunos casos, como remedio para problemas digestivos. Aunque estos usos se basan principalmente en la tradición, la ciencia moderna ha comenzado a investigar las propiedades bioactivas de este hongo, descubriendo compuestos con potencial antioxidante y antimicrobiano.

Por otra parte, los metales pesados son considerados elementos potencialmente peligrosos debido a sus características no biodegradables, capaces de bioacumularse en organismos generando efectos letales para los seres vivos y el medio ambiente (Meléndez, 2022). Los hongos como otros microorganismos cuentan con diversos mecanismos para la remoción y adición celular o metabólica de metales pesados, como las interacciones extracelulares físicas y químicas, acumulación y adherencia de los metales pesados a

la pared celular del hongo, debido a la presencia de polisacáridos como quitina, proteínas, polímeros fenólicos y melaninas que propician su captación y fijación. También se presentan interacciones intracelulares como la absorción e incorporación de los metales en procesos metabólicos del hongo, los cuales se ven involucrados en su sobrevivencia y desarrollo (Navarro-Moreno et al., 2022). La interacción de los hongos con los metales pesados puede transformarlos a un estado de oxidación de menor toxicidad a través de reacciones de oxidación, reducción, metilación o desalquilación. Otros mecanismos son la absorción, generación de metabolitos y pigmentos, y la precipitación extracelular, que dan como resultado la formación de complejos e incluso la cristalización (Gutiérrez, 2021). Se tiene registro de hongos tolerantes a metales pesados, como *Acrocalymma vagum*, el cual presentó tolerancia a plomo hasta 500 mg kg⁻¹, sin presentar diferencia significativa en su crecimiento con respecto al control (Morales-Mazariegos, 2022). Por su parte, *Pleorotus ostreatus* presentó tolerancia a plomo desde 20 hasta 100 mg kg⁻¹ (Vallejo-Aguilar et al., 2021).

En este trabajo se realizó la evaluación de la tolerancia de *Fomitopsis pinicola* a cobre, cromo, zinc y plomo en concentraciones de 20, 40, 50, 60, 80, 100, 200, 300 y 400 mg kg⁻¹ en cultivo *in vitro*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Cepas y preparación del inóculo

El material biológico, cuerpos fructíferos de *F. pinicola*, proveniente de Santa María Yavesía, Ixtlán, Oaxaca, fue congelado a -20 °C hasta su uso. Para la propagación *in vitro* se obtuvieron fragmentos cuadrados de 2 mm, los cuales se colocaron en cajas de Petri, cuatro de estos fragmentos por caja, sobre la superficie del medio de cultivo, hasta obtener la cepa purificada.



Medios y condiciones de cultivo

Para seleccionar el mejor medio de cultivo para el crecimiento de *F. pinicola*, se inocularon fracciones del hongo en los medios de cultivo: agar suero de naranja, agar de dextrosa y papa, agar extracto de malta y agar nutritivo. Se dio seguimiento al crecimiento radial cada 24 horas.

Evaluación de la tolerancia a metales pesados

Los metales empleados para evaluar la tolerancia de *F. pinicola* fueron cobre (Cu), zinc (Zn), plomo (Pb) y cromo (Cr) en su respectiva sal, como sulfato cúprico pentahidratado, sulfato de zinc heptahidratado, acetato de plomo trihidratado y dicromato de potasio anhidro. Las concentraciones que se manejaron por cada caja de Petri con volumen final de 15 mL fueron de 400, 300, 200, 100, 80, 60, 50, 40 y 20 mg kg⁻¹. El crecimiento radial se midió a partir de una caja de Petri inoculada por punción en el centro y dividida en cuatro cuadrantes para tomar cuatro lecturas y

el promedio de estas. El crecimiento se midió cada 24 horas por duplicado, y se comparó con el crecimiento del control, sin metal (García-Rodríguez et al., 2000).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Descripción de *Fomitopsis pinicola*

Fomitopsis pinicola es un hongo basidiomiceto, saprófito lignícola y sésil, principalmente en bosques de coníferas, en pinos, abetos e incluso en caducifolios, como hayedos. Se describe con una consistencia rígida y suberosa. Su carpóforo con forma de casco de caballo, con colores que van desde el amarillento de joven, hasta el pardo rojizo con el borde más claro. Puede alcanzar los treinta centímetros de diámetro. Parte inferior de color blanquecina cremosa de aspecto aterciopelado (Bajauri, 2020).

Tabla 5. Cinética de crecimiento promedio con respecto al tiempo (días) en diferentes medios de cultivo.

Medio (día)	Agar suero de naranja (mm)	Agar dextrosa y papa (mm)	Agar extracto de malta (mm)	Agar nutritivo (mm)
1	2.5	0	0	0
2	7.75	0	0	1.25
3	12.75	7.25	7.5	6
4	16.75	12.5	12.75	9.75
5	19.25	18	16.5	15.75
6	23.25	20.75	19.25	20.25
7	27	24	22.75	24.25
8	31	26.75	26.75	28.25
9	34.5	30.75	28.25	32.25
10	37.25	33.25	31.75	33.75
11	37.75	36.25	34.5	35.5
12	38.5	40.75	36.25	36.75
13	38.5	41.5	39	36.75
14	38.5	41.5	39.625	36.75
15	38.5	41.5	39.75	36.75
16	38.5	41.5	39.75	36.75
17	38.5	41.5	39.75	36.75



18	38.5	41.5	39.75	36.75
19	38.5	41.5	39.75	36.75
20	38.5	41.5	39.75	36.75

Cultivo *in vitro*

Se registró el crecimiento del hongo *F. pinicola* en diferentes medios de cultivo (Tabla I). El crecimiento fue ligeramente mayor en agar dextrosa y papa en comparación a los demás medios, sin embargo, se presentó la generación de esporas a través del micelio. Por otro lado, en agar nutritivo se observó un crecimiento homogéneo, la cepa en cuestión contó con un color blanco opaco, translúcida, con textura algodonosa, en ausencia de

esporas hasta el día número 15 posterior a su inoculación, en base a esto se consideró al agar nutritivo como el mejor medio de cultivo.

Tolerancia a metales

En la Figura I se observa el crecimiento de *Fomitopsis pinicola* en agar nutritivo en presencia de metales pesados.

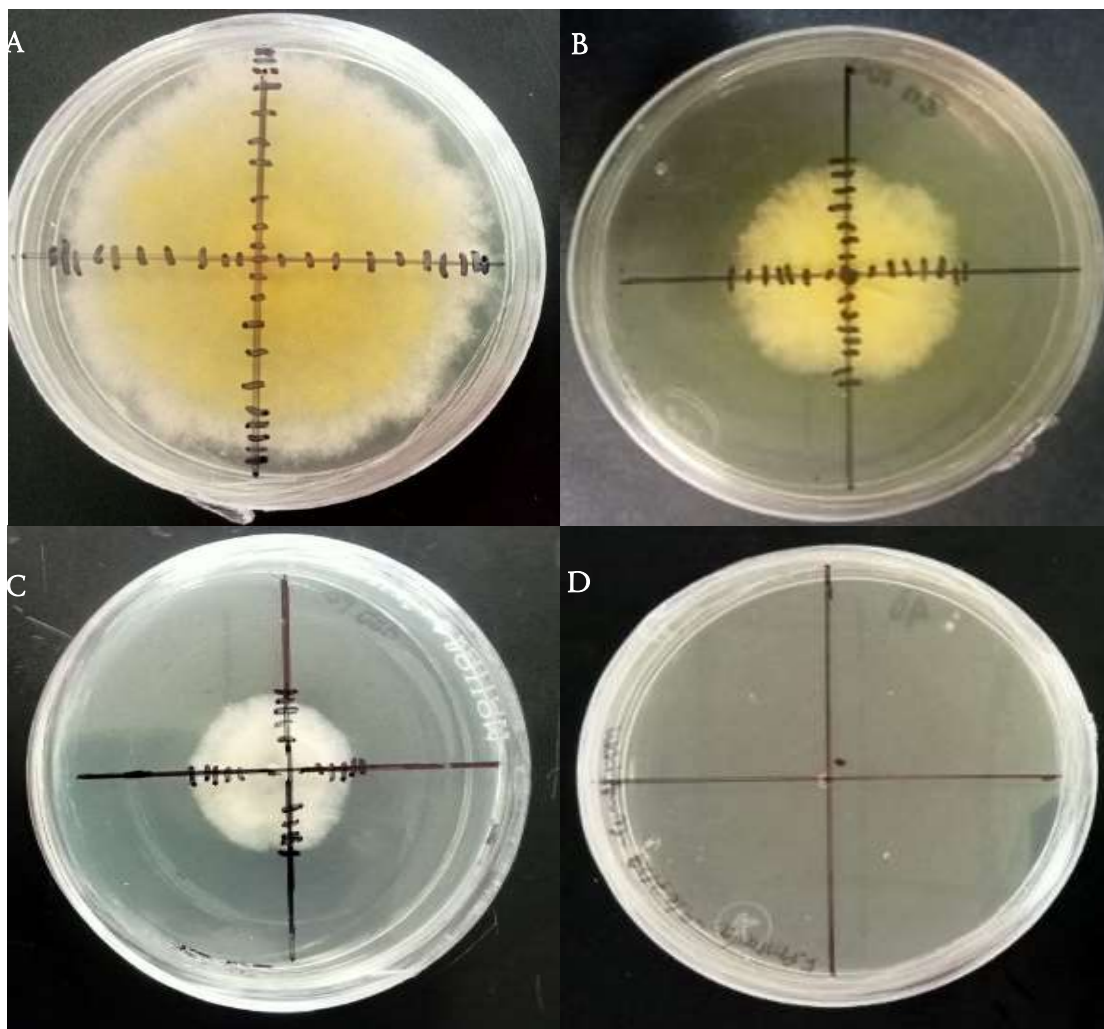




Figura 1. Crecimiento de *Fomitopsis pinicola* en agar nutritivo adicionado con diferentes metales pesados. A. Crecimiento de *F. pinicola* en agar nutritivo adicionado con 60 mg kg⁻¹ de cobre. B. 100 mg kg⁻¹ de zinc. C. 400 mg kg⁻¹ de plomo. D. 20 mg kg⁻¹ de cromo.

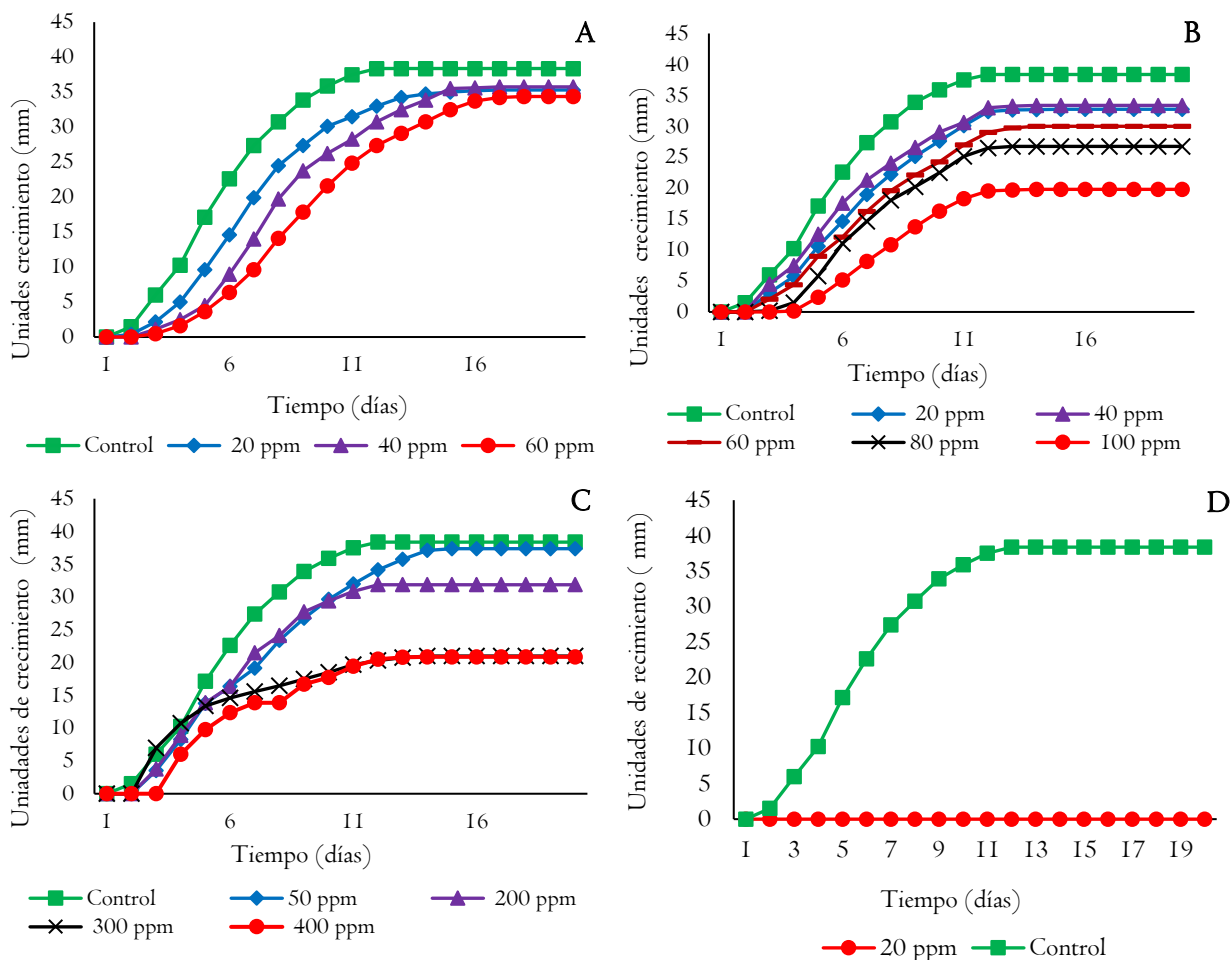


Figura 2. Crecimiento de *Fomitopsis pinicola* en diferentes concentraciones de metales pesados. A. Crecimiento radial en agar nutritivo suplementado con cobre. B. Con zinc. C. con plomo D. con cromo.

Se obtuvo el efecto de los diferentes metales pesados con respecto al crecimiento radial del hongo (Figura 2). Se registró una diferencia altamente significativa en el medio de agar nutritivo adicionado con cobre a 60 mg kg⁻¹, con zinc a 100 mg kg⁻¹ y con plomo a 400 mg kg⁻¹ con respecto al control, sin embargo, se muestra un efecto de inhibición total en el agar nutritivo suplementado con cromo a 20 mg kg⁻¹. Por otra

parte, no existe diferencia significativa con respecto al crecimiento radial en los medios de agar nutritivo adicionado con zinc y plomo a partir del día 10, al igual que no existe diferencia significativa en los medios de agar nutritivo adicionado con cobre y zinc desde el día uno hasta el día 9.



En bibliografía se tiene registro de que diversos hongos poseen una capacidad tanto de tolerancia como de acumulación ante ciertos metales pesados, para el caso de la tolerancia. *Acrocalymma vagum*, en el cual se evaluó con una tolerancia de hasta 500 mg kg⁻¹ en presencia de plomo, sin presentar diferencia significativa en su crecimiento con respecto al control (Morales-Mazariegos, 2022). *Agaricus campestris* que demostró una tolerancia máxima de hasta 500 mg kg⁻¹ en zinc (Gutiérrez & Guillermo, 2012). *Pleorotus ostreatus* se evaluó con una tolerancia desde 20 mg kg⁻¹ hasta de 100 mg kg⁻¹ en presencia de plomo, donde presentó una diferencia significativa en su crecimiento con respecto al control (Vallejo-Aguilar et al., 2021), añadiendo que los parámetros ambientales no intervienen directamente con la capacidad de fijación del hongo por los metales pesados (Coello & Burgos, 2013).

En el caso de bioacumuladores, los hongos *Agaricus macrosporus* y *Agaricus silvicola* poseen la capacidad de acumularlos, siendo el zinc el más destacable con hasta 194 mg kg⁻¹ de peso seco (Alonso et al., 2003). *Agaricus arvensis* que posee una capacidad acumuladora destacable con respecto al metal cobre, obteniendo hasta 282.42 mg kg⁻¹ de peso seco (Muñoz-San Emeterio, 2011). *Ganoderma lucidum* posee la capacidad de remover el cromo, se especula que esto fue posible debido a que la biomasa fúngica, contiene sitios aniónicos, entre ellos grupos carboxilo, hidroxilo y fosfatos y algunos polisacáridos y glicoproteínas como glicanos, quitosano, quitina, mananos, fosfomananos (González & Herrera, 2011).

Considerando a otros metales no mencionados durante la investigación. Los hongos del género *Crepidotus* se pronunciaron como excelentes bioacumuladores de manganeso con hasta 171.26 mg kg⁻¹ de peso seco (Cadavid-Velásquez et al., 2019). *Phanerochaete chrysosporium* demostró una tolerancia máxima de hasta 300 ppm en níquel, lo cual lo postula como un candidato ideal

en sistemas específicos de níquel en tratamiento de aguas residuales (Morales-Fonseca et al., 2010). *Pleorotus ostreatus* presentó una absorción del 52.2 % de mercurio (II) a 10 mg kg⁻¹ (Mancipe-Calderón & Arias-Rodríguez, 2020).

CONCLUSIONES

Los resultados señalan que existe una nula tolerancia del hongo *Fomitopsis pinicola* ante compuestos metálicos con cromo, no obstante, se comprobó que existe una tolerancia considerable ante compuestos metálicos con cobre y zinc, además de una alta tolerancia a compuestos metálicos con plomo, colocando al hongo *F. pinicola* como un candidato en procesos de biorremediación específica del plomo.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Biol. Héctor Aguilar Reyes, Dr. Ricardo Valenzuela Garza por su amable apoyo en la identificación del hongo *Fomitopsis pinicola* y a la comunidad de Santa María Yavesía, Ixtlán, Oaxaca por el espacio y tiempo brindado en la recolección de especies silvestres.

REFERENCIAS

- Alonso, J., García, M. A. y Pérez-López, J. M. (2004). Acumulación de metales pesados en macromicetos comestibles y factores que incluyen en su captación. *Asociación Española de Toxicología*, 21, 11-15.
- Cadavid-Velásquez, E. de J., Pérez-Vásquez, N. del S. y Marrugo-Negrete, J. (2019). Contaminación por metales pesados en la bahía Cispatá en Córdoba-Colombia y su bioacumulación en macromicetos. *Gestión y Ambiente*, 22(1), 43-53. <https://doi.org/10.15446/ga.v22n1.76380>



- Coello, J. M. y Burgos, F. (2013). *Aplicación del hongo Pleorotus ostreatus como alternativa para la biorremediación de suelos contaminados con metales pesados*. DuraSpace, 2-4.
- Fichas micológicas. (2020). *Fomitopsis pinicola*. Asociación cultural "Baxauri" Kultur Elkartea. Mikología. Bajauri. Obtenido de Fichas micológicas:
- García-Rodríguez, J.A, Cantón, R., García-Sánchez, J. E., Gómez-Lus, M., Martínez-Martínez, L., Rodríguez Avial, C., & Vila, J. (2000). *Métodos básicos para el estudio de la sensibilidad a los microorganismos SEIMC*, 4-16.
- González, V. & Herrera, C. (2011). *Determinación de parámetros cinéticos y pruebas preliminares de tratabilidad para colorantes y metales empleando una cepa de Ganoderma lucidum*.
- Gutiérrez, D. R. (2021). Concentración de metales pesados en hongos de la zona metropolitana de la Comarca Lagunera, México. *Scientia Fungorum*, 52, 3-7. DOI: <https://doi.org/10.33885/sf.2021.52.1389>
- Gutiérrez, L., y Guillermo F. (2017). *Efecto del crecimiento y tolerancia de tres hongos agaricales a la toxicidad del plomo y al zinc en la ciudad de Huancayo*. Universidad Nacional del Centro de Perú, 49-59.
- Jiménez-Santos, J. (2019). *Ficha micológica, Fomitopsis pinicola*. Montes de Soria. Obtenido de Amanita cesarea: <http://www.amanitacesarea.com/fomitopsis-pinicola.html>
- Mancipe-Calderón, N., y Arias-Rodríguez, S. (2020). *Remoción de mercurio y plomo contenido en efluentes de agua por el Pleorotus ostreatus inmovilizado en diferentes materiales*. Universidad de los Andes, 25.
- Meléndez, P. (2022). *Contaminación de metales pesados en aguas: potencial tóxico para su salud y el medio ambiente*. Tecnosoluciones.
- Morales-Fonseca, D., Ruiz-Tovar, K., Martínez-Salgado, M. M., Soto-Guzmán, A. B., Falcony-Guajardo, C., Vázquez, R. R., & Pedroza-Rodríguez, A. M. (2010). Desarrollo de un bioadsorbente laminar con Phanerochaete chrysosporium hipertolerante al cadmio, al níquel y al plomo para el tratamiento de aguas. *Revista Iberoamericana de Micología*, 27(3), 111-118. <https://doi.org/10.1016/j.riam.2010.02.002>
- Morales-Mazariegos, A. E. (2022). *Aspectos fisiológicos de hongos endófitos septados oscuros cultivados en presencia de plomo y su potencial de biorremediación*. Universidad Autónoma Metropolitana unidad Xochimilco, 12-17.
- Muñoz-San Emeterio, C. (2011). *Metales y elementos traza en macromicetos de la provincia de Burgos*. Universidad de Burgos. Departamento de Biotecnología y Ciencia de los Alimentos, 390-410. DOI: <http://hdl.handle.net/10259/160>
- Navarro-Moreno, L. G., Vázquez-Velasco, L., Rangel-Cordero, A., y González, J. M. (2022). Contaminación y hongos: resistencia a metales pesados. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 3(2), 215-232. <https://doi.org/10.56712/latam.v3i2.76>
- Reoblación, A. (2020). *Fomitopsis pinicola: yesquero del pino*. *Reoblación Autóctona*. <https://reoblacionautoctona.com/hongos-setas/fomitopsis-pinicola/>
- Vallejo-Aguilar, M., Marín Castro, M., Ramos Cassellis, M., Silva Gómez, S., Ibarra Cantún, D., y Tamariz Flores, J. (2021). Biosorción y tolerancia de Pb, Cr y Cd por la biomasa de *Pleurotus ostreatus* (Jacq. Ex Fr.) P. Kumm. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 12(2), 275-289. <https://doi.org/10.29312/remexca.v12i2.2687>



CRIOPRESERVACIÓN DE CÉLULAS EN SUSPENSIÓN DE *Strombocactus disciformis* (DC.)
BRITTON & ROSE

CRYOPRESERVATION OF SUSPENSION CELLS FROM *Strombocactus disciformis* (DC.)
BRITTON & ROSE

Joel Pérez-Crisanto, Miguel Verastegui-Vidal, Yolanda Pozos-Ruiz, Gerardo Ortiz-Montiel[§]

Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Unidad de Morfología y Función, Laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales. Apdo. Postal 314, C.P. 54090, Tlalnepantla, Edo. Méx., México. [§]Autor de correspondencia: (jgerardo@unam.mx).

RESUMEN

Strombocactus disciformis es una especie endémica de una región del Estado de Hidalgo y Querétaro, Méx., catalogada como amenazada de extinción debido a sobrepastoreo y extracción de materiales de construcción, así como a la extracción ilegal para venta como plantas de ornato cuyas poblaciones originales se han visto disminuidas. El objetivo de este trabajo fue generar un cultivo de células en suspensión de *S. disciformis* y evaluar su criopreservación como alternativa de conservación. Se utilizaron cuatro tratamientos de criopreservación sobre células en suspensión con dos crioprotectores PVS2 y SCC, con y sin enfriamiento previo. En los cuatro tratamientos se observó sobrevivencia celular, mediante prueba de viabilidad y determinación de actividad respiratoria, sin embargo, con enfriamiento inmediato y PVS2 fue mayor (91.39 %). Los resultados de este trabajo presentan un primer paso para establecer un método viable de criopreservación de células en suspensión de cactáceas.

Palabras clave: cactáceas, callos, cultivo de células, criopreservación.

ABSTRACT

Strombocactus disciformis is an endemic species of a region of the Hidalgo and Querétaro States, in Mexico, cataloged as threatened with extinction due to overgrazing and extraction of construction materials, as well as its illegal extraction for sale as ornamental plants whose original populations have been diminished. The objective of this work was to evaluate the cryopreservation of cells in suspension of *S. disciformis* as a conservation alternative. Four cryopreservation procedures were used on cells of *S. disciformis* with two cryoprotect solutions PVS2 and SCC, with and without previous cooling. In the four treatments, cellular survival was observed, by means of a test of viability and determination of respiration activity; however, with immediate cooling and PVS2, survival was higher (91.39 %). The results of this work present a first step to establishing a



viable method of cryopreservation of cacti cells in suspension.

Index words: cacti, callus, cell culture, cryoconservation.

INTRODUCCIÓN

Las cactáceas constituyen parte importante de la flora de México, con 54 géneros y 850 especies (Arias, 1993). Son notables no sólo por la abundancia de especies, sino por presentar un alto índice de especies endémicas que determinan el carácter de ecosistemas únicos en regiones xerófitas (Bravo-Hollis y Sheinvar, 1995). Gran parte de la amenaza a la existencia de estas especies se debe a problemas que involucran presiones de colecta, destrucción de hábitat, establecimiento de áreas agropecuarias y ganaderas, sobreexplotación de ejemplares adultos, juveniles e incluso semillas, comercio ilegal y saqueo irracional (Clayton, Hubstenberger y Phillips, 1990; Hernández y Gódinez, 1994). Lo anterior, hace necesaria la multiplicación y conservación *ex situ* de este germoplasma vegetal. Sin embargo, la germinación de la semilla está limitada a su producción, disponibilidad y viabilidad y es un proceso lento, así como su crecimiento.

Por otro lado, la reproducción *in vitro* por cultivo de tejidos ha sido una herramienta útil en la multiplicación y conservación de especies, sin embargo, su uso requiere de labores de mantenimiento constante. Una técnica importante en estas labores de conservación es la, criopreservación o crioconservación de plantas, que es un proceso que incluye el enfriamiento y almacenamiento de semillas, células, tejidos u

órganos vegetales en nitrógeno líquido (NL) a -196°C, lo que detiene el metabolismo y las reacciones bioquímicas celulares. Lo importante de esta técnica, es mantener la viabilidad de las muestras después de la descongelación, lo que podría permitir la conservación en almacenamiento indefinido (Benelli, 2021).

En la criopreservación, la estructura vegetal se deshidrata, física o mediante crioprotectores químicos y en seguida se ultracongela con un requerimiento mínimo de espacio, mantenimiento y costos, ofreciendo ventajas importantes aún frente a los métodos tradicionales de almacenamiento, sobre todo de semillas, cuyo deterioro es muy frecuente (Walters y Pence, 2021). En esta técnica, de acuerdo con la sensibilidad de las células al frío, es conveniente elegir una combinación adecuada de dos o más crioprotectores, entre los ampliamente recomendados se encuentran: dimetil sulfoxido (DMSO) y glicerol combinados con sorbitol, manitol, sacarosa, glucosa, prolina o polietilenglicol (Withers, 1985). Generalmente las soluciones preparadas con varios crioprotectores ofrecen una mejor respuesta y aumentan su eficacia, siempre y cuando el estado fisiológico del material vegetal lo permita.

Frecuentemente se han utilizado mezclas preparadas con más de dos crioprotectores, siendo el de mejores resultados el llamado PVS2, el cual ha favorecido la criopreservación de brotes apicales de *Anigozanthos viridis* ssp *viridis* (41.4 %) (Turner et al., 2000), *Populus alba* (90 %) (Lambardi, Fabbri y Caccavale, 2000), embriones somáticos de *Macropidia fuliginosa* (90.6%) (Turner et al., 2000), células en suspensión de *Doritaenopsis* cv (64 %) (Tsukazaki et al., 2000). Existen diferentes técnicas de criopreservación, con crioprotectores o sin ellos, con pretratamientos osmóticos, con preenfriamiento,



con vitrificación, con encapsulado, en gota o combinados (Pennycooke y Towill, 2000; Wowk et al., 2000; Gaidamashvili et al., 2021).

Los métodos de criopreservación se han aplicado principalmente en semillas, meristemos, y brotes, ya que tienen la ventaja de evitar variantes comúnmente asociadas a regeneración de brotes o embriones somáticos a partir de callos (Pennycooke y Towill, 2000), sin embargo en cactáceas se ha observado que la regeneración vía callo no afecta el desarrollo de individuos, aún en callos mantenidos por más de un año en subcultivos, lo que hace importante la evaluación de la criopreservación de este tipo de materiales de reproducción. Esto permitirá el mantenimiento de cultivos a largo plazo, disminuyendo el costo y las labores de cultivo *in vitro* y reduciendo potencialmente la cantidad de cambios genéticos (De Verno et al., 1999).

Strombocactus disciformis es un cactus endémico con fuerte uso ornamental a nivel mundial y cuyas poblaciones originales se han visto disminuidas, permaneciendo aún con la categoría de planta amenazada (NOM-059-SEMARNAT-2010), y situándola también en el apéndice II del CITES (Hunt, 1992). Por lo que el objetivo de este trabajo fue desarrollar un protocolo de criopreservación de células en suspensión de *S. disciformis* como método de conservación.

MATERIAL Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolló en el Laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala de la Universidad Nacional Autónoma de México. Las plantas de *Strombocactus disciformis* fueron donadas por el Jardín Botánico del Instituto de Biología, UNAM, las plantas se colocaron en oscuridad por seis semanas para su etiolación (Flores y Ortiz, 2000). Se tomaron areolas (0.5 cm³), que se lavaron en

solución de tween 20 (0.1 %), por 30 minutos, se enjuagaron y se colocaron en etanol al 80 % durante 1 minuto, e hipoclorito de sodio al 2 % durante 20 minutos, se enjuagaron con agua destilada estéril por cuatro ocasiones. y se colocaron en medio MS (Murashige y Skoog, 1962) adicionado con 30 g L⁻¹ sacarosa, 100 mg L⁻¹ mio-inositol, tiamina HCl 0.9 mg l, piridoxina HCl 0.1 mg L⁻¹, ácido nicotínico 0.1 mg, glicina 0.65 mg L⁻¹, 6 g L⁻¹ de agar y 6-bencil amino purina (*BAP*) en diferentes concentraciones: 0.0 mg L⁻¹ (testigo), 1.0 mg L⁻¹, 5.0 mg L⁻¹, 10.0 mg L⁻¹, 20.0 mg L⁻¹, ajustando el pH a 5.8, y esterilizándolo a 121 °C. Los cultivos permanecieron en un fotoperiodo de 16/8 h luz/oscuridad, una densidad de flujo fotónico de 50 $\mu\text{moles m}^{-2}\text{s}^{-1}$ y 24-26 °C.

Los cultivos en medio líquido se realizaron en medio MS adicionado con 30 g L⁻¹ sacarosa, 200 mg L⁻¹ mio-inositol, tiamina HCl 0.9 mg L⁻¹, piridoxina HCl 0.1 mg L⁻¹, ácido Nicotínico 0.1 mg, glicina 0.65 mg L⁻¹ y 1 mg L⁻¹ de ácido 2,4-Diclorofenoxiacético, se inocularon fracciones de callos de 1-1.5 cm³. Los cultivos permanecieron en condiciones indicadas anteriormente en un agitador orbital a 130 rpm, hasta observar disgregación de los callos.

Para la criopreservación, se tomaron alicuotas de 500 $\pm$ 100 mg de células en suspensión por centrifugación 5 min (13000 G), y se mezclaron por separado en tubos estériles con 3.5 ml de solución protectora vitrificante PVS2 (glicerol 30 % + etilenglicol 15 % + Dimetil sulfóxido (DMSO) 15 % + sacarosa 0.4 M), o solución crioprotectora combinada (SCC)(Dimetil sulfoxido 0.5 M, glicerol 0.5 M y manitol 1 M), se colocaron 2 mL de cada suspensión en crioviales de polipropileno de rosca externa Nalgene® (Withers, 1991). Adicionalmente ya preparados, se agruparon para tratarlos con enfriamiento



previo (2°C por 1 hora), y sin enfriamiento (inmersión inmediata después de una hora a temperatura ambiente 22°C). Teniendo un total de cuatro tratamientos con 10 repeticiones cada uno. Se colocaron por inmersión en nitrógeno líquido por 15 días.

Las muestras criopreservadas se descongelaron en baño de agua a 40°C , por 4 minutos. Se lavaron con medio MS líquido, y posteriormente se sembraron en medio MS líquido adicionado con 1 mg L^{-1} BAP y 1 mg L^{-1} 2,4-D. Todas las muestras se colocaron bajo las mismas condiciones controladas de luz y temperatura anteriores y en un agitador orbital de a 130 rpm.

Se utilizó como prueba de viabilidad la tinción con cloruro de 2,3,5-trifeniltetrazolio (*TTC*) de acuerdo con Towill, (1991), ésta se aplicó a las células control y células recuperadas de cada tratamiento después de 24 h de descongelación. Se evaluó la absorbancia del formazan mediante un espectrofotómetro (Perkin Elmer UV-V, Lambda II), a 485 nm contra un blanco de etanol al 96 %. La concentración de formazán se expresó como porcentaje del control, calculado como (absorción de tejido descongelado/absorción del control) $\times$ 100 %. El contenido de formazán calculado se denominó viabilidad.

Se evaluó la actividad respiratoria celular como consumo de oxígeno mediante un electrodo de Clark (sensor polarográfico de oxígeno) con un equipo YSI Model 530 Biological Oxygen Monitor (YSI Incorporated, Ohio, USA), acoplado a una cámara de temperatura controlada de 2 mL.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se obtuvieron callos en todos los medios semisólidos con BAP (1.0 , 5.0 , 10.0 , 20.0 mg L^{-1}) e incluso sin regulador de crecimiento se observó

la aparición de cúmulos celulares en forma de callo después de 4 semanas. Los callos presentaron diferentes características, sin embargo, se utilizaron para el cultivo en suspensión, los callos obtenidos en medio con 5 mg L^{-1} de BAP por su característica friable y disgregable.

La viabilidad se determinó de acuerdo con el contenido de formazán obtenido posteriormente a la aplicación de cloruro de 2,3,5-trifeniltetrazolio como respuesta a la actividad deshidrogenasa presente en tejidos vivos (Towill, 1991), las células recuperadas de la criopreservación en los cuatro tratamientos con los crioprotectores PVS2 y SCC, con y sin enfriamiento previo, presentaron viabilidad celular posterior a la descongelación con Nitrógeno líquido (**Figura 1**), donde se registraron los menores valores de viabilidad ($< 20\%$), para la solución crioprotectora combinada con y sin preenfriamiento. Sin embargo, se registró el mayor porcentaje de viabilidad (91.39%) en el tratamiento con enfriamiento inmediato seguido por 60.93% en PVS2 con preenfriamiento. Estos resultados están positivamente asociados con los obtenidos con la mezcla crioprotectora PVS2 en callos embriogénicos de *Agapanthus praecox* (Ren et al., 2020), y de acuerdo con la viabilidad obtenida en ápices de *Hancornia speciosa* (Vieira et al., 2022).

A pesar de que la toxicidad y la alta presión osmótica de las soluciones de criopreservadores, pueden ser un obstáculo grande al realizar combinaciones de ellos, se han obtenido buenos resultados incrementando el índice de sobrevivencia y regeneración de explantes (Popova et al., 2023; Zamecnik et al., 2021). Particularmente en células de cactáceas por la cantidad de agua, la formación de cristales letales es el procedimiento más difícil de prevenir debido a que se forman en regiones intracelulares más



rápido que la nucleación externa, causando en poco tiempo la ruptura de las membranas, daño a organelos y por consiguiente la muerte de las células (Zachariassen y Kristiansen, 2000).

En este trabajo las células de los tratamientos con menor viabilidad probablemente sufrieron alguna proporción de daños ultraestructurales ya

que se ha visto que después de la criopreservación, las células pueden presentar citoplasma condensado, núcleos degradados, cromatina floculenta, mitocondrias anormales sin crestas, retículo endoplásmico disperso y amiloplastos degradados, asociados con pérdida de viabilidad por efecto de la inmersión en NL (Mikula et al., 2006; Ren et al., 2020).

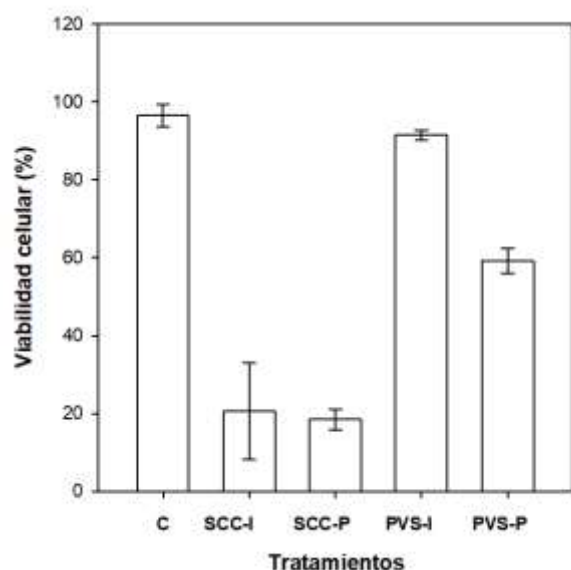


Figura I. Porcentajes de viabilidad de las células de *Strombocactus disciformis* en los cuatro tratamientos criopreservados. Control (C); solución protectora vitrificante (PVS2); solución crioprotectora combinada (SCC); con congelación en nitrógeno líquido inmediata (I) o con preenfriamiento (P). Las columnas son promedio de cinco repeticiones $\pm$ desviación estándar

Tabla I. Consumo de oxígeno y viabilidad por células en suspensión de *Strombocactus disciformis*, posterior a la recuperación de la criopreservación (PVS2); con congelación en nitrógeno líquido inmediata (ID) o con preenfriamiento (PE).

Tratamientos	Consumo de oxígeno (nmol min ⁻¹ g ⁻¹ tejido fresco)	Viabilidad (%)
Control	1343.4±73	100.0
SCC I (Solución crioprotectora combinada)	197.5±21	14.70
SCC P (Solución crioprotectora combinada)	526.6±27	39.19



PVS2 I (Solución protectora vitrificante)	888.7 $\pm$ 34	66.15
PVS2 P (Solución protectora vitrificante)	812.5 $\pm$ 28	60.44

Los valores corresponden a promedios de 5 repeticiones $\pm$ desviación estándar.

Por otro lado, la determinación de actividad respiratoria medida como consumo de oxígeno mediante oxímetro (**Tabla I**), mostró resultados asociados con la viabilidad por TTC, encontrando 14.70 % y 39.19 % para los tratamientos con SSC sin preenfriamiento y con preenfriamiento. Los tratamientos con PVS2 presentaron un 66.15 % con enfriamiento inmediato y 60.44 % con preenfriamiento.

Los resultados obtenidos pueden estar relacionados con el crecimiento exponencial de las células lo que favoreció la criopreservación como lo mencionan Nausch y Buyel (2021), ya que presentan vacuolas pequeñas con menor contenido de agua y por tanto concentraciones de soluto más altas, lo que implica menor proporción de formación de cristales letales (Popova et al., 2023), las diferencias encontradas en viabilidad posiblemente están asociadas también a la presencia de células con desigual diferenciación.

CONCLUSIONES

Se logró obtener callos friables o disgregables en los tres medios semisólidos utilizados y de estos se estableció el cultivo de células en suspensión. En los cuatro tratamientos se observó sobrevivencia celular, mediante prueba de viabilidad y determinación de actividad respiratoria, sin embargo, en el tratamiento con enfriamiento inmediato y PVS2 (solución protectora vitrificante), ésta fue mayor (91.39 %). Los resultados de este trabajo presentan un primer paso para establecer un método viable de

criopreservación de células en suspensión de *Strombocactus disciformis* y representa una opción prometedora para la conservación a largo plazo de otras especies de esta familia.

REFERENCIAS

- Arias, M. S. (1993). Cactáceas. Conservación y diversidad en México. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*, 44, 109-115.
- Benelli, C. (2021). Plant Cryopreservation: A Look at the Present and the Future. *Plants*, 10, 2744.
<https://doi.org/10.3390/plants10122744>
- Bravo-Hollis, H. y Scheinvar, L. (1995). *El Interesante Mundo de las Cactáceas*. Fondo de Cultura Económica. México, 233 p.
- Clayton, P. W., Hubstenberger, J. F. and Phillips, G. (1990). Micropropagation of Members of the Cactaceae Subtribe Cactinae. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 115(2), 337-343.
- De Verno, L. L., Park, Y. S., Bonga, J. M. and Barret, J. D. (1999). Somaclonal variation in cryopreserved embryogenic clones of white spruce (*Picea glauca* (Moench) Voss.), *Plant Cell Reports*, 18, 948-953.
- Dodds, H. J. (1991). *In Vitro Methods of Conservation of Plant Genetic Resources*. Chapren and Hall. Cambridge, 247 p
- Flores, R. and Ortiz, G. (2000). *In vitro* Propagation of *Cephalocereus senilis* by etiolation plants. *Haseltonia*, 7, 92-96.
- Gaidamashvili, M., Khurtsidze, E., Kutchava, T., Lambardi, M. & Benelli, C. (2021). Efficient Protocol for Improving the Development of



- Cryopreserved Embryonic Axes of Chestnut (*Castanea sativa* Mill.) by Encapsulation–Vitrification. *Plants*, 10, 231.
- Hernández, M. H. y Gódinez, M. H. (1994). Contribución al Conocimiento de las Cactáceas Mexicanas Amenazadas. *Acta Botánica Mexicana*, 26, 33-52.
- Hunt, D. (1992). *CITES Cactaceae Checklist*. Royal Botanical Gardens Kew. Surrey, 190 p.
- Lambardi, M., Fabbri, A. & Caccavale, A. (2000). Cryopreservation of White Poplar (*Populus alba* L.) by vitrification of *in vitro*-grown shoot tips. *Plant Cell Reports*, 19, 213-218.
- NOM-059-SEMARNAT-(2010). *Diario Oficial de la Federación, Gobierno de México*.
- Murashige, T. & Skoog, F. (1962). A revised medium for rapid growth and bioassay with tobacco cultures. *Physiologia Plantarum*, 15, 473-479.
- Mikula, A., Niedzielski, M. & Rybczynski, J. (2006). The use of TTC reduction assay for assessment of *Gentiana* spp. cell suspension viability after cryopreservation. *Acta Physiologiae Plantarum*, 28(4), 315-324.
- Nausch, H. & Buyel, J.F. (2021). Cryopreservation of plant cell cultures – Diverse practices and protocols *New Biotechnology*, 62, 86–95.
<https://doi.org/10.1016/j.nbt.2021.02.002>
- Pennycooke, J. C., and Towill, L. E. (2000). Cryopreservation of Shoot Tips from In Vitro Plants of Sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) by Vitrification. *Plant Cell Reports*, 19, 733-737.
- Popova, E., Kulichenko, I. & Kim, H.H. (2023). Critical Role of Regrowth Conditions in Post-Cryopreservation of *In Vitro* Plant Germplasm. *Biology*, 12, 542.
<https://doi.org/10.3390/biology12040542>
- Ren, L., Deng, S., Chu, Y. Zhang, Y., Zhao, H., Chen, H., & Zhang, D. (2020). Single-wall carbon nanotubes improve cell survival rate and reduce oxidative injury in cryopreservation of *Agapanthus praecox* embryogenic callus. *Plant Methods*, 16, 130.
<https://doi.org/10.1186/s13007-020-00674-6>.
- Towill, L. E. (1991). Cryopreservation. En: *In Vitro Methods for Conservation of Plant Genetic Resources*. John Dodds Ed. Chapman and Hall, London pp 41-70.
- Tsukazaki, H., Mii, M., Tokuhara, K., Ishikawa. (2000). Cryopreservation of *Doritaenopsis* Suspension Culture by Vitrification. *Plant Cell Reports*, 19, 1160-1164.
- Turner, S., Touchell, D., Dixon, K. & Tan, B. (2000). Cryopreservation of *Anigozanthos viridis* spp *viridis* and Related Taxa From the South-West of Western Australia. *Australian Journal of Botany*, 48, 739-744.
- Vieira-Santana, F., Albuquerque-Resende de Oliveira, L., Almeida Santos, P.A., Cruz da Silva, A.V., & da Silva-Ledo, A. (2022). Effects of droplet vitrification on the regeneration of apical shoot tips of mangabeira accessions. *Research, Society and Development*, 11(17), e38111738734.
<http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i17.38734>
- Walters, C. and Pence V. (2021). The unique role of seed banking and cryobiotechnologies in plant conservation. *Plants People Planet*, 3, 83–91.
- Withers, L., A. (1985). Cryopreservation and Storage of Germoplasm. En: *Plant Cell Culture: a practical approach*. IRL Press Limited, U.K. pp 169-191.
- Withers, L.A. (1991). In-vitro conservation. *Biological Journal of the Linnean Society*, 43, 31-42.



Wowk, B., Leidl, E., Rash, C., Mesbah-Karimi, Harris, S. and Fahy, G. (2000). Vittrification enhancement by synthetic ice blocking agents. *Cryobiology*, 40, 228-236.

Zachariassen, K. & Kristiansen, E. (2000). Ice Nucleation and Antinucleation in Nature. *Cryobiology*, 41, 257-279.

Zamecnik, J., Faltus, M. and Bilavcik, A. (2021). Vittrification Solutions for Plant Cryopreservation: Modification and Properties. *Plants*, 10, 2623. <https://doi.org/10.3390/plants10122623>



CINÉTICA DE CRECIMIENTO DE LA MICROALGA *Pectinodesmus pectinatus* EN UN FOTOBIOREACTOR DE TANQUE AGITADO CULTIVADO CON DIÉSEL

GROWTH KINETICS OF THE *Pectinodesmus pectinatus* MICROALGA IN A STIRRED TANK PHOTOBIOREACTOR CULTIVATED WITH DIESEL

Delmar Ernesto López-Quiroz¹, Arnulfo Rosales-Quintero^{§2}, Peggy Elizabeth Álvarez-Gutiérrez², Juan José Villalobos-Maldonado², Samuel Enciso-Saenz², Rosa Isela Ángeles Borraz-De Paz², Cristian Eduardo Arcos-Roblero², Carlos Daniel Hidalgo-Gómez²

¹Tecnológico Nacional de México, Campus Tuxtla Gutiérrez (ITTG). Carretera Panamericana Km. 1080, Colonia Terán, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. C.P. 29050. ²Instituto Politécnico de Chiapas (IPCH). Portillo Zaragoza, Carretera Tuxtla Gutiérrez, Km 21+500, Las Brisas, 29150 Suchiapa, Chiapas, México.

[§]Autor de correspondencia: (arquinte@tuxtla.tecnm.mx).

RESUMEN

La microalga *Pectinodesmus pectinatus* es prometedora para la degradación de diésel debido a su potencial metabólico, capacidad de adaptación en entornos contaminados y eficiencia en el aprovechamiento de hidrocarburos como fuente de energía mediante su cultivo en fotobiorreactores (FBR). En este estudio se comparan las cinéticas de crecimiento de biomasa en cultivos de *P. pectinatus* en un fotobiorreactor de tanque agitado, empleando un deflector y un 1 % (v/v) de diésel. En el cultivo sin diésel, se obtuvo una biomasa máxima de 3.93×10^8 cel mL⁻¹ al día 19, presentando una fase de latencia inicial y una fase exponencial clara entre el día 2 y el día 12, con una velocidad específica de crecimiento de $\mu = 0.1145$ días⁻¹ y un tiempo de duplicación de $td = 6.05$ días. Por otro lado, en los cultivos con deflector y 1 % de diésel, se alcanzó una biomasa máxima de 2.93×10^8 cel mL⁻¹, con un crecimiento exponencial iniciado en el día 5, donde $\mu = 0.172$ días⁻¹ y $td = 4.02$ días. Un análisis ANOVA reveló que no existen diferencias significativas en la producción de biomasa entre ambos tratamientos

($p > 0.05$), aunque el diésel afecta los parámetros cinéticos de crecimiento. Además, se cuantificaron las clorofilas a y b en ambos cultivos. A partir de una prueba t-student no se encontraron diferencias significativas en la concentración de clorofila a entre los tratamientos ($p > 0.05$), pero sí en la concentración de clorofila b, que fue menor en el tratamiento con diésel ($p \leq 0.05$). Asimismo, un análisis de correlación de Pearson mostró que en los cultivos sin diésel existe una fuerte correlación positiva entre ambas clorofilas ($r = 0.94$), mientras que en presencia de diésel (1 %) esta correlación disminuyó considerablemente ($r = 0.2474$). La disminución en la producción de clorofila b y la baja correlación entre clorofilas en presencia de diésel sugieren que la energía y los recursos metabólicos de la microalga se redirigen hacia la degradación de hidrocarburos, en lugar de ser destinados únicamente a la fotosíntesis y el crecimiento. Estos hallazgos respaldan el uso de *P. pectinatus* para la degradación de hidrocarburos presentes en el diésel, resaltando su flexibilidad metabólica en la degradación de compuestos complejos.



Palabras clave: hidrocarburos, clorofila, parámetros cinéticos, cultivo, fotorreactor.

ABSTRACT

The microalga *Pectinodesmus pectinatus* is promising for diesel degradation due to its metabolic potential, adaptability in contaminated environments, and efficiency in utilizing hydrocarbons as an energy source through cultivation in photobioreactors (FBR). This study compares biomass growth kinetics of *P. pectinatus* cultures in a stirred-tank photobioreactor, using a baffle and 1 % (v/v) diesel. In cultures without diesel, a maximum biomass of 3.93×10^8 cells mL^{-1} was obtained on day 19, showing an initial lag phase and a clear exponential phase between days 2 and 12, with a specific growth rate of $\mu = 0.1145 \text{ day}^{-1}$ and a doubling time of $t_d = 6.05$ days. On the other hand, in cultures with a baffle and 1 % diesel, a maximum biomass of 2.93×10^8 cells mL^{-1} was achieved, with exponential growth starting on day 5, where $\mu = 0.172 \text{ day}^{-1}$ and $t_d = 4.02$ days. An ANOVA analysis revealed no significant differences in biomass production between both treatments ($p > 0.05$), although diesel affected the kinetic growth parameters. Additionally, chlorophylls *a* and *b* were quantified in both cultures. A t-Student test found no significant differences in chlorophyll *a* concentration between treatments ($p > 0.05$), but significant differences in chlorophyll *b* concentration, which was lower in the diesel treatment ($p \leq 0.05$). Furthermore, a Pearson correlation analysis showed a strong positive correlation between both chlorophylls in cultures without diesel ($r = 0.94$), while in the presence of diesel (1 %), this correlation decreased considerably ($r = 0.2474$). The decrease in chlorophyll *b* production and the low correlation

between chlorophylls in the presence of diesel suggest that the energy and metabolic resources of the microalga are redirected toward hydrocarbon degradation rather than solely for photosynthesis and growth. These findings support the use of *P. pectinatus* for the degradation of hydrocarbons present in diesel, highlighting its metabolic flexibility in breaking down complex compounds.

Index words: hydrocarbons, chlorophyll, kinetic parameters, culture, photoreactor.

INTRODUCCIÓN

La población y ritmo de vida de la humanidad crece constantemente, lo que como consecuencia trae la necesidad de producción de energía. Los hidrocarburos (petróleo y gas natural) son hasta la fecha nuestra principal fuente de energía, sin embargo, estas fuentes de energía son recursos no renovables que se están agotando y de los cuales cada año disponemos de menor cantidad, además que dentro de la actividad antropogénica la extracción y uso de estas sustancias ha traído resultados perjudiciales desde un punto de vista ecológico. La afectación se percibe a nivel mundial, ya que compuestos contaminantes se han reportado tanto en suelo, aire y agua, principalmente son generados por la combustión de los hidrocarburos los cuales afectan a altas concentraciones el funcionamiento de los ciclos biogeoquímicos.

En México existen extensas áreas contaminadas por compuestos procesados del petróleo, este daño se genera principalmente por los derrames, así como por consecuencia de la extracción misma del petróleo. La contaminación en suelos y cuerpos de agua ha aumentado a consecuencia de las malas prácticas teniendo como consecuencia principal el deterioro de los suelos, contaminación de cuerpos de agua y contaminación del aire como producto de la combustión.



Por lo cual se considera como una prioridad reducir los niveles de contaminación en el ambiente. En diversos estudios se han empleado a organismos para la biorremediación de vertidos de crudo de petróleo los cuales han sido bacterias como *Pseudomonas aeruginosa* (McKew et al., 2007; Obayori et al., 2009), *Rhodococcus opacus* (Winkelmann et al., 2009), consorcios de bacterias (Komukai-Nakamura et al., 1996; Rahman et al., 2002). También, mediante ingeniería genética se han generado bacterias modificadas genéticamente que han resultado más eficientes que sus correspondientes cepas silvestres. Sin embargo, la problemática es que la introducción de estos microorganismos puede generar el desplazamiento de los ciclos de vida existentes en estas zonas. Debido a la complejidad que tiene el petróleo en cuanto a la cantidad de compuestos, en este estudio el objetivo fue estudiar la capacidad de la microalga *Pectinodesmus pectinatus* para la degradación del diésel como una herramienta futura para la biorremediación de lugares contaminados por hidrocarburos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material biológico

La cepa *Pectinodesmus pectinatus* utilizada en esta investigación fue proporcionada por el Laboratorio 7 del Polo Tecnológico. Esta microalga fue aislada de la laguna Bosque Azul, en el Parque Nacional Lagunas de Montebello, México, un entorno que ofrece condiciones ecológicas específicas que influyen en sus características adaptativas y metabólicas (Olán-Jiménez et al., 2018). El diésel empleado en la experimentación es diésel comercial de gasolinera bp® el cual se filtró mediante filtros de alta precisión, como los de 0.22 µm, para capturar partículas finas y ciertos microorganismos.

La cepa *Pectinodesmus pectinatus* se cultivó en condiciones controladas utilizando el medio BBM

(Bold Basal Medium). Se mantuvo un pH de 6.6 ± 0.1 para optimizar su crecimiento. La irradiancia aplicada fue de $46 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, con un fotoperiodo de 12 horas de luz y 12 horas de oscuridad. La temperatura se controló a $24^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$. Para la agitación del cultivo, se utilizó una velocidad de 300 rpm, ayudando a mantener la homogeneidad del medio y la oxigenación adecuada. Se utilizó un volumen de operación de 3 litros, y se colocó un deflector impreso en 3D y para mejorar la mezcla se realizó la comparativa del cultivo sin diésel y con 1 % (v/v) de diésel.

Cuantificación de biomasa y clorofila

Para evaluar el crecimiento y la biomasa de la cepa *Pectinodesmus pectinatus*, se realizaron mediciones diarias utilizando una cámara de Neubauer. Este método permite determinar la densidad celular en muestras de microalgas, proporcionando una estimación precisa de la biomasa en el cultivo (Hernández-Pérez & Labbé, 2014).

Se obtuvieron pastillas celulares centrifugando 5 ml del cultivo a 3500 rpm por 15 min. La pastilla celular se re-suspendió en 5 mL de metanol 90 % y se calentó por 10 min a 60°C . Las muestras obtenidas se refrigeraron durante 24 h en la oscuridad y posteriormente se centrifugaron por 10 min a 3500 rpm. Los sobrenadantes obtenidos se aforaron al volumen original de 5 mL y se midió su absorbancia a 653 y 666 nm de longitud de onda. Los cálculos se hicieron utilizando las siguientes fórmulas (Lichtenthaler-Hartmut & Wellburn, 1983).

$$\text{Clorofila } a = 15.65(\lambda 666) - 7.34(\lambda 653) [1]$$

$$\text{Clorofila } b = 27.05(\lambda 653) - 11.21(\lambda 666) [2]$$

Determinación de parámetros cinéticos



La velocidad específica de crecimiento (μ) es un parámetro cinético fundamental que indica la tasa de crecimiento de una población microbiana en función del tiempo. Se puede calcular utilizando la siguiente fórmula (Lee et al., 2015):

$$\mu = \frac{\ln X_f - \ln X_0}{\Delta t} \quad [3]$$

Donde: μ = velocidad específica de crecimiento (días^{-1}), X_f = biomasa final (cel mL^{-1}), X_0 = biomasa inicial (cel mL^{-1}), T = tiempo (día).

El tiempo de duplicación (td) es el tiempo que tarda una población en duplicar su biomasa. Este parámetro se puede calcular a partir de la velocidad específica de crecimiento utilizando la siguiente fórmula (Lee et al., 2015):

$$td = \frac{\ln 2}{\mu} \quad [4]$$

Donde: td = tiempo de duplicación (días), μ = velocidad específica de crecimiento (días^{-1}).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El comportamiento de las cinéticas de formación de biomasa es similar entre las distintas condiciones experimentales, como se observa en la **Tabla I**. En el cultivo con deflector sin diésel, se obtuvo una biomasa máxima de $3.93 \times 10^8 \text{ cel mL}^{-1}$ en el día 19. En las fases iniciales de crecimiento, entre los días 0 y 1, se registró un aumento leve en la concentración de células, de 2.60×10^7 a $2.75 \times 10^7 \text{ cel mL}^{-1}$, lo que sugiere que las células estaban en fase de latencia. Desde el día 2 hasta aproximadamente el día 12, se observó un crecimiento acelerado de la biomasa, alcanzando $2.13 \times 10^8 \text{ cel mL}^{-1}$, lo que indica una fase exponencial bien definida. A partir de esta fase

exponencial, se calcularon los parámetros cinéticos: velocidad específica de crecimiento, $\mu = 0.1145 \text{ d}$, y tiempo de duplicación, $td = 6.05 \text{ días}$.

En los cultivos con deflector y con 1 % (v/v) de diésel, se alcanzó una biomasa máxima de $2.93 \times 10^8 \text{ cel mL}^{-1}$ el día 19. En este caso, la fase de crecimiento inicial (días 0 a 5) mostró un leve incremento de 2.60×10^7 a $2.93 \times 10^7 \text{ cel mL}^{-1}$, lo que sugiere una fase de adaptación. Desde el día 5 hasta el día 19, el cultivo ingresó en una fase de crecimiento exponencial. Los parámetros cinéticos calculados en esta fase fueron $\mu = 0.172 \text{ d}^{-1}$ $td = 4.02 \text{ días}$.

Un estudio ANOVA para la formación de biomasa con 0 % de diésel y con 1 % de diésel demostró que no existe diferencia estadística significativa ($p > 0.05$) sobre la formación de biomasa en dichas condiciones, además los valores obtenidos son comparables con los reportados por otros estudios. Argumendo (2018) informó que el cultivo de *Spirillum platensis* en un tanque agitado a 250 rpm presentó una velocidad de crecimiento específica de $\mu = 0.123 \text{ d}$ y un tiempo de duplicación de $td = 5.62 \text{ días}$, mientras que Eze et al. (2018) describieron un cultivo en lote de *Scenedesmus obliquus* con una velocidad específica de $\mu = 0.14 \text{ d}$. Estos resultados coinciden con los obtenidos en el presente estudio.

Por otra parte, la cuantificación de clorofila *a* y *b* en cultivos sin diésel mostró una fuerte correlación positiva ($r = 0.94$) entre ambas variables, indicando que a mayor producción de clorofila *a*, también se incrementa la clorofila *b*. Sin embargo, en cultivos con 1 % de diésel, la correlación, aunque continúa siendo positiva entre los factores esta disminuye ($r = 0.24$), lo que implica que, aunque aumenta la producción de clorofila *a*, la cantidad de clorofila *b* permanece estable. No se observaron diferencias estadísticas significativas en los niveles de clorofila *a* entre



cultivos sin y con 1 % de diésel. En cambio, en clorofila *b* sí se encontraron diferencias estadísticas significativas (Figura I).

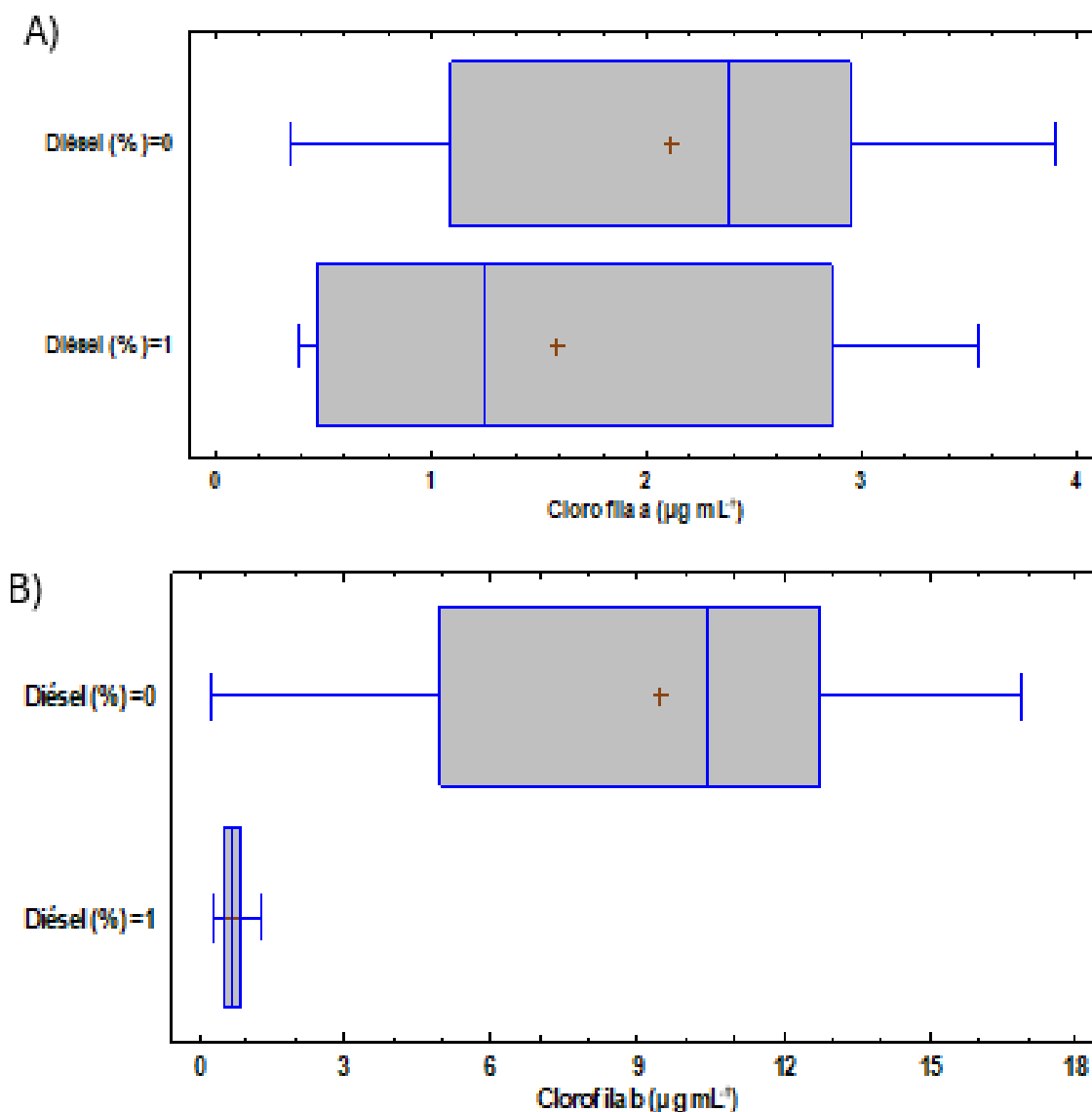


Figura I. Comparación de medias de concentración de clorofila entre tratamientos en fotobiorreactor agitado con deflector con 0 % y 1 % de diésel utilizando la prueba de t-Student. A) Análisis estadístico de clorofila *a*, B) análisis estadístico de clorofila *b*.



Tabla I. Crecimiento de la microalga *Pectinodesmus pectinatus* en un fotobiorreactor de tanque agitado magnéticamente con deflector, bajo diferentes concentraciones de diésel.

Tiempo (días)	Biomasa (cel mL ⁻¹)		Tiempo (días)	Biomasa (cel mL ⁻¹)	
	Diésel			Diésel	
	0 %	1 %		0 %	1 %
0	2.60E+07	2.60E+07	10	1.51E+08	7.88E+07
1	2.75E+07	3.34E+07	11	1.77E+08	9.00E+07
2	4.03E+07	3.17E+07	12	2.13E+08	1.14E+08
3	4.05E+07	1.73E+07	13	2.08E+08	1.65E+08
4	4.91E+07	2.56E+07	14	2.32E+08	1.76E+08
5	6.80E+07	2.93E+07	15	2.68E+08	2.19E+08
6	8.40E+07	3.30E+07	16	2.76E+08	1.99E+08
7	9.64E+07	4.45E+07	17	2.87E+08	2.08E+08
8	1.04E+08	4.63E+07	18	3.07E+08	2.31E+08
9	1.36E+08	6.94E+07	19	3.93E+08	2.93E+08

CONCLUSIONES

El crecimiento de biomasa de las algas bajo diferentes condiciones experimentales muestra patrones cinéticos bien definidos, con una fase de latencia inicial seguida de una fase exponencial clara en ambos cultivos. En cultivos con deflector y sin diésel, se alcanzó una biomasa máxima de 3.93×10^8 cel mL⁻¹ y parámetros cinéticos de $\mu = 0.1145$ días y $t_d = 6.05$ días. En condiciones de deflector con 1 % de diésel, la biomasa máxima fue de 2.93×10^8 cel mL⁻¹, con un crecimiento acelerado desde el día 5, obteniéndose valores de $\mu = 0.172$ días y $t_d = 4.02$ días. Estos valores son consistentes con estudios previos sobre *Spirillum platensis* y *Scenedesmus obliquus*, lo que refuerza la validez de los datos cinéticos obtenidos en este experimento. La relación entre clorofilas *a* y *b* reveló que en cultivos sin diésel existe una fuerte

correlación positiva, mientras que en la presencia de diésel al 1 % esta correlación disminuye significativamente. La reducción en los niveles de clorofila *b* en cultivos con diésel sugiere que las algas no están obteniendo toda su energía metabólica únicamente a través de la fotosíntesis; en cambio, están utilizando parte de su metabolismo para la degradación del diésel como fuente alternativa de carbono y energía. Esto indica que las algas pueden adaptar su metabolismo en condiciones contaminadas, lo que subraya su potencial para aplicaciones en biorremediación de hidrocarburos.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al ITTG por facilitar las instalaciones para la ejecución de este estudio y al Tecnológico Nacional de México por el apoyo



financiero a través de los proyectos 17238.23-P y 20337.24-P

Agradecemos profundamente a Marín López Eddy Antonio, Ruiz Escobar Javier Alberto, Lucero Anael Zamora, Pérez Álvarez Candelaria Fátima Alejandra y Ángel Cartela Jiménez por su valiosa participación en el desarrollo de este proyecto. Su colaboración y esfuerzo han sido fundamentales para alcanzar los objetivos propuestos y enriquecer los resultados obtenidos.

REFERENCIAS

- Hernández-Pérez, A., & Labbé, J. I. (2014). Microalgas, cultivo y beneficios. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 49(2), 157–173. <https://doi.org/10.4067/S0718-19572014000200001>
- Komukai-Nakamura, S., Sugiura, K., Yamauchi-Inomata, Y., Toki, H., Venkateswaran, K., Yamamoto, S., Tanaka, H., & Harayama, S. (1996). Construction of bacterial consortia that degrade Arabian light crude oil. *Journal of Fermentation and Bioengineering*, 82(6), 570–574. [https://doi.org/10.1016/S0922-338X\(97\)81254-8](https://doi.org/10.1016/S0922-338X(97)81254-8)
- Lee, E., Jalalizadeh, M., & Zhang, Q. (2015). Growth kinetic models for microalgae cultivation: A review. *Algal Research*, 12, 497–512. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2015.10.004>
- Lichtenthaler Hartmut K., & Wellburn, A. R. (1983). Determinations of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents. *Biochemical Society Transactions*, 11(5), 591–592. <https://doi.org/10.1042/bst0110591>
- McKew, B. A., Coulon, F., Yakimov, M. M., Denaro, R., Genovese, M., Smith, C. J., Osborn, A. M., Timmis, K. N., & McGenity, T. J. (2007). Efficacy of intervention strategies for bioremediation of crude oil in marine systems and effects on indigenous hydrocarbonoclastic bacteria. *Environmental Microbiology*, 9(6), 1562–1571. <https://doi.org/10.1111/j.1462-2920.2007.01277.x>
- Obayori, O. S., Adebuseye, S. A., Adewale, A. O., Oyetibo, G. O., Oluyemi, O. O., Amokun, R. A., & Ilori, M. O. (2009). Differential degradation of crude oil (Bonny Light) by four *Pseudomonas* strains. *Journal of Environmental Sciences*, 21(2), 243–248. [https://doi.org/10.1016/S1001-0742\(08\)62258-5](https://doi.org/10.1016/S1001-0742(08)62258-5)
- Olán-Jiménez, K., Rosales-Quintero, A., Novelo, E., Álvarez-Gutiérrez, P. E., Castañón-González, J. H., & Enciso-Saénz, S. (2018). Microalgas del lago bosque azul, primer reporte de *Limnithrix planctonica* en Montebello, Chiapas, México'. *AGROProductividad*, 11(12), 27–31. DOI <https://doi.org/10.32854/agrop.v11i12.1303>
- Rahman, K. S. M., Thahira-Rahman, J., Lakshmanaperumalsamy, P., & Banat, I. M. (2002). Towards efficient crude oil degradation by a mixed bacterial consortium. *Bioresource Technology*, 85(3), 257–261. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(02\)00119-0](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(02)00119-0)
- Winkelman, M., Hunger, N., Hüttel, R., & Wolf, G. (2009). Calorimetric investigations on the degradation of water insoluble hydrocarbons by the bacterium *Rhodococcus opacus* ICP. *Thermochimica Acta*, 482(1–2), 12–16. <https://doi.org/10.1016/j.tca.2008.10.007>



ESTUDIO DE LA SUPLEMENTACIÓN DE BICARBONATOS SOBRE EL CRECIMIENTO DE MICROALGAS DE LAS CASCADAS "EL CHIFLÓN"

STUDY OF BICARBONATE SUPPLEMENTATION ON THE GROWTH OF MICROALGAE FROM THE "EL CHIFLÓN" WATERFALLS

Blanca Olivia Trejo-Paniagua¹, Arnulfo Rosales-Quintero^{1§}, José Humberto Castañón-González¹, Peggy Elizabeth Álvarez-Gutiérrez¹, Eberto Novelo-Maldonado²

¹Tecnológico Nacional de México, Campus Tuxtla Gutiérrez (ITTG). Carretera Panamericana Km. 1080, C.P. 2900, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. ²Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Ciudad Universitaria, Deleg. Coyoacán, C.P. 04510, Ciudad de México. §Autor de correspondencia: (arquinte@tuxtla.tecnm.mx).

RESUMEN

Las microalgas han generado un gran interés comercial debido a su capacidad para producir biomasa, pigmentos y lípidos con aplicaciones biotecnológicas. Sin embargo, su cultivo se ve afectado por factores abióticos como la luz y la fuente de carbono. Es por ello que se evaluó el efecto de la calidad de la luz y el bicarbonato de sodio en el crecimiento de *Desmodesmus communis*, *Scenedesmus ecornis* y *Haematococcus pluvialis*, especies aisladas de las cascadas "El Chiflón". Se utilizó un diseño factorial con tres longitudes de onda (543.40, 604.91, 444 nm) y dos concentraciones de NaHCO₃ (0 y 1 g L⁻¹). Durante 28 días se monitorearon la densidad celular, el peso seco y los pigmentos fotosintéticos. Los resultados mostraron que la combinación de luz azul con 1 g L⁻¹ de NaHCO₃ fue la más efectiva para aumentar el crecimiento celular, la velocidad de crecimiento y la producción de biomasa en las tres especies. En *H. pluvialis*, el estrés lumínico

favoreció la acumulación de carotenoides. La interacción entre la luz y el bicarbonato se identificó como una estrategia clave para optimizar el cultivo de microalgas y mejorar su rendimiento para aplicaciones biotecnológicas.

Palabras clave: bicarbonato de sodio, *Desmodesmus communis*, *Haematococcus pluvialis*, longitud de onda, *Scenedesmus ecornis*.

ABSTRACT

Microalgae have generated great commercial interest due to their ability to produce biomass, pigments, and lipids with biotechnological applications. However, their culture is affected by abiotic factors such as light and carbon sources. That is why the effect of light quality and baking soda on the growth of *Desmodesmus communis*, *Scenedesmus ecornis*, and *Haematococcus pluvialis*, isolated species of the "El Chiflón" waterfalls, was evaluated. A factorial design was



used with three wavelengths (543.40, 604.91, 444 nm) and two concentrations of NaHCO_3 (0 and 1 g L^{-1}). Cell density, dry weight, and photosynthetic pigments were monitored for 28 days. The results showed that the combination of blue light with one g L^{-1} of NaHCO_3 was the most effective in increasing cell growth, growth rate, and biomass production in all three species. In *H. pluvialis*, light stress favored the accumulation of carotenoids. The interaction between light and bicarbonate was identified as a critical strategy to optimize microalgae cultivation and improve their performance for biotechnological applications.

Index words: sodium bicarbonate, *Desmodesmus communis*, *Haematococcus pluvialis*, wavelength, *Scenedesmus ecornis*.

INTRODUCCIÓN

Las microalgas son microorganismos fotosintéticos comprendidos en los dos dominios eucariotas y procariotas, como las cianobacterias debido a su capacidad fotosintética (Singh & Saxena, 2015), el cultivo de microalgas está influenciado por factores abióticos clave, como la luz y la fuente de carbono.

La luz es esencial para su crecimiento de las microalgas, regulando su metabolismo y productividad. La calidad, intensidad y disponibilidad de la luz son determinantes en el crecimiento y la composición de las microalgas (Patel et al., 2019). Zhao et al. (2013), estudiaron el efecto de diferentes longitudes de onda (blanco, azul, amarillo y rojo) en el crecimiento de *Chlorella* sp., encontrando que la luz roja era óptima para promover el crecimiento y la reducción de nutrientes. Asimismo, Izadpanah et al. (2018), evaluaron la calidad de luz (azul, blanco y rojo) en *Chlorella vulgaris*, *Chlorella sorokiniana* y *Chlorella* sp. aisladas de aguas residuales urbanas, observando que la luz roja favorecía significativamente la producción de biomasa y

lípidos, obteniendo la mayor productividad con este espectro. En estudios con *Haematococcus pluvialis*, Suyono et al. (2015) observaron que la combinación de luz roja-ultravioleta promovía la mayor producción de biomasa, mientras que la luz azul-ultravioleta aumentaba la concentración de clorofila y carotenoides por célula.

El carbono es un nutriente esencial para las microalgas, representando entre el 30 % y 50 % de su peso seco. Aunque el CO_2 es una fuente eficiente de carbono inorgánico, su uso presenta limitaciones en cuanto a transferencia, calidad y costos. El bicarbonato de sodio (NaHCO_3) es una alternativa viable que puede ser suministrada directamente al medio de cultivo y superar estas limitaciones (Acién et al., 2017; Kim et al., 2017). Por ello, este estudio tiene como objetivo evaluar el efecto de la calidad lumínica y la fuente de carbono inorgánico en forma de bicarbonato de sodio sobre el crecimiento de microalgas con potencial biotecnológico.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio y obtención de material biológico

La investigación se realizó en el Tecnológico Nacional de México, Campus Tuxtla Gutiérrez, en el laboratorio número 7 del edificio “Polo Tecnológico Nacional de Pruebas Analíticas en Biocombustibles”. Las muestras de microalgas se recolectaron durante la temporada de estiaje en marzo de 2019, en las cascadas “El Chiflón”, ubicadas en el ejido San Cristobalito, municipio de Tzimol, Chiapas.

Diseño experimental

El estudio se enfocó en analizar el efecto de la suplementación con NaHCO_3 y la longitud de onda de la luz en el crecimiento de microalgas aisladas de las cascadas “El Chiflón”. El experimento se llevó a cabo mediante un arreglo factorial multinivel con dos repeticiones. Los factores considerados fueron tres longitudes de



onda de la luz (543.40, 604.91 y 444 nm), dos concentraciones de NaHCO_3 (0 y 1 g L^{-1}) y tres especies de microalgas (*Desmodesmus communis*, *Scenedesmus ecornis* y *Haematococcus pluvialis*). Las condiciones experimentales incluyeron una temperatura constante a 23°C, un fotoperiodo de 12 h luz y 12 h oscuridad, un pH inicial 8.1 y una iluminación continua de 46 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$, durante 28 días. Cada 48 h se determinó la densidad celular, el peso seco y el contenido de pigmentos fotosintéticos.

Crecimiento celular y pigmentos fotosintéticos

El crecimiento de las microalgas se monitoreó mediante dos métodos: El conteo celular se realizó utilizando un hemocitómetro de Neubauer Hausser Scientific™ BRIGHTLINE de 0.1 mm de profundidad bajo un microscopio AmScope® modelo MU T360B-3MP (Arredondo et al., 2017). La determinación de peso seco de la biomasa se llevó a cabo siguiendo el protocolo descrito por Arredondo et al. (2017).

La extracción de carotenoides totales y clorofilas (a y b), se realizó siguiendo el protocolo de Wellburn (1994), con algunas modificaciones. La cuantificación de pigmentos se llevó a cabo mediante el método colorimétrico, utilizando un espectrofotómetro HACH® DR modelo 5000, a longitudes de onda de 470, 653 y 666 nm.

Análisis estadístico

Los resultados obtenidos fueron analizados mediante un análisis de varianza (ANOVA). Todos los resultados presentan la media y su desviación estándar, para evaluar si las medias eran significativamente diferentes se empleó la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$), utilizando Statgraphics Centurion XIX (Statgraphics Technologies, Inc., Madrid, España).

El crecimiento celular de *D. communis* y *S. ecornis* mostró un comportamiento similar en los seis tratamientos evaluados, con una fase de adaptación de cuatro días, seguida de un crecimiento exponencial hasta el día 18, una fase estacionaria entre los días 20 y 24, y una fase de muerte celular a partir del día 26. En *H. pluvialis*, el patrón fue similar, pero la fase de muerte comenzó a los 24 días.

La combinación de luz azul con 1 g L^{-1} de NaHCO_3 fue la más eficiente para estimular el crecimiento celular, logrando las mayores densidades celulares, velocidades de crecimiento más altas y tiempos de duplicación más cortos en las tres especies (Tabla I). Esta combinación permitió triplicar la densidad celular en comparación con los tratamientos de luz blanca sin NaHCO_3 , que presentaron los valores más bajos. La luz roja también mostró un efecto positivo, aunque inferior a la luz azul. En cuanto a la biomasa, el tratamiento de luz azul con NaHCO_3 indujo los mayores rendimientos en las tres especies (*D. communis* 0.65 ± 0.03 g L^{-1} , *S. ecornis* 0.60 ± 0.02 g L^{-1} y *H. pluvialis* 0.33 ± 0.022 g L^{-1}). Estos resultados sugieren que tanto el tipo de luz como la concentración de NaHCO_3 tienen un efecto sinérgico, optimizando el metabolismo y el crecimiento de las microalgas, siendo la luz azul la más efectiva para potenciar la actividad fotosintética y la proliferación celular.

La producción de biomasa obtenida en este estudio para *D. communis* (0.65 g L^{-1}) y *S. ecornis* (0.60 g L^{-1}) fue superior a la reportada por Kim et al. (2007), quienes lograron 0.197 g L^{-1} en *Scenedesmus* sp. utilizando aguas residuales como medio de cultivo. Estos resultados también superan los obtenidos por Rai & Gupta (2017) para *S. abundans* (0.42 g L^{-1}) bajo una intensidad de luz de $27 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$. Sin embargo, cuando Rai y Gupta optimizaron las condiciones de cultivo, lograron una mayor biomasa (1.145 g L^{-1}) utilizando el medio Fogg's con una intensidad de

RESULTADOS Y DISCUSIÓN



luz de $40.5 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ y un fotoperiodo de 16:8. En comparación, la biomasa obtenida en este estudio con luz azul y NaHCO_3 fue inferior a la

obtenida con medios como Fogg's y CHU-13, lo que sugiere que la composición del medio, la intensidad de luz y el fotoperiodo juegan un papel crucial en la producción de biomasa.

Tabla I. Crecimiento celular, velocidad de crecimiento y tiempo de duplicación en respuesta a distintos tipos de luz y concentración de bicarbonato de sodio (NaHCO_3).

Tratamiento	Densidad celular (cel mL^{-1})	μ (d^{-1})	Tiempo de duplicación (d)
<i>Desmodemus communis</i>			
LB-0 g NaHCO_3	$9.41 \pm 0.01 \times 10^5$ Cb	0.170 Cb	4.06 Cb
LB-I g NaHCO_3	$1.98 \pm 0.01 \times 10^6$ Ca	0.235 Ca	2.95 Ca
LR-0 g NaHCO_3	$1.58 \pm 0.02 \times 10^6$ ABb	0.175 ABb	3.95 ABb
LR-I g NaHCO_3	$3.60 \pm 0.01 \times 10^6$ ABa	0.247 ABa	2.81 ABa
LA-0 g NaHCO_3	$2.78 \pm 0.03 \times 10^6$ Ab	0.184 Ab	3.76 Ab
LA I g NaHCO_3	$5.99 \pm 0.02 \times 10^6$ Aa	0.266 Aa	2.60 Aa
<i>Scenedesmus ecornis</i>			
LB-0 g NaHCO_3	$8.96 \pm 0.004 \times 10^5$ Cb	0.155 Cb	4.47 Cb
LB-I g NaHCO_3	$1.72 \pm 0.006 \times 10^6$ Ca	0.218 Ca	3.18 Ca
LR-0 g NaHCO_3	$1.58 \pm 0.005 \times 10^6$ ABb	0.163 ABb	4.24 ABb
LR-I g NaHCO_3	$2.93 \pm 0.007 \times 10^6$ ABa	0.233 ABa	2.79 ABa
LA-0 g NaHCO_3	$2.66 \pm 0.009 \times 10^6$ Ab	0.178 Ab	3.88 Ab
LA I g NaHCO_3	$5.27 \pm 0.008 \times 10^6$ Aa	0.253 Aa	2.74 Aa
<i>Haematococcus pluvialis</i>			
LB-0 g NaHCO_3	$3.909 \pm 0.014 \times 10^5$ Bb	0.103 Bb	6.90 Bb
LB-I g NaHCO_3	$6.696 \pm 0.011 \times 10^5$ Ba	0.140 Ba	4.95 Ba
LR-0 g NaHCO_3	$7.11 \pm 0.021 \times 10^5$ Ab	0.111 Ab	6.23 Ab
LR-I g NaHCO_3	$1.36 \pm 0.019 \times 10^6$ Aa	0.166 Aa	4.17 Aa
LA-0 g NaHCO_3	$9.893 \pm 0.02 \times 10^5$ Ab	0.121 Ab	5.68 Ab
LA I g NaHCO_3	$1.82 \pm 0.021 \times 10^6$ Aa	0.185 Aa	3.75 Aa

LB: luz blanca; LR: luz roja; LA: luz azul. Medias con letras mayúsculas diferentes denotan una diferencia estadística significativa (Tukey, $\alpha = 0.05$) entre tratamientos (luz), mientras que las letras minúsculas distintas señalan una diferencia estadística significativa dentro de un mismo tratamiento (g NaHCO_3).

La concentración celular de *H. pluvialis* obtenida en los tratamientos con luz blanca con 0 g y 1 g de NaHCO_3 y luz roja con 0 g NaHCO_3 (Tabla I) fue menor a la reportada por Milena et al. (2017), quienes alcanzaron 7.55×10^5 cel· mL^{-1} en medio RM con luz blanca bajo con un fotoperiodo 18:6, temperatura de 25°C e irradiancia de $70 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Sin embargo, los tratamientos con luz roja con 1 g de NaHCO_3 y luz azul con 0 g y 1 g de NaHCO_3 superaron esta concentración, lo que sugiere que tanto la longitud de onda como la adición de bicarbonato de sodio

tienen un efecto positivo en el cultivo de *H. pluvialis*. La luz roja favorece la acumulación de carbohidratos, mientras que la luz azul estimula la biosíntesis de clorofila (Suyono et al., 2015). Además, el bicarbonato promueve el crecimiento celular al aumentar la fijación de CO_2 mediante las anhidrasas carbónicas (Mokashi et al., 2016).

La mayor concentración de pigmentos fotosintéticos (clorofila a, b y carotenoides totales) se alcanzó día 18 todos los tratamientos. Sin embargo, el tratamiento con luz azul y 1 g L^{-1} de



NaHCO₃ presentó las concentraciones más altas en las tres especies (Fig. I). En *H. pluvisalis*, se observó una disminución en la clorofila a (Fig. Ig) y b (Fig. Ih) a medida que aumentaban los carotenoides (Fig. I), lo que indica un estado de

estrés que induce la acumulación de carotenoides como mecanismo de protección (Jacob-Lopes et al., 2020). Este proceso ocurre cuando las condiciones del cultivo son desfavorables, como variaciones en la luz, nutrientes o temperatura (Hong et al., 2016; Jacob-Lopes et al., 2020).

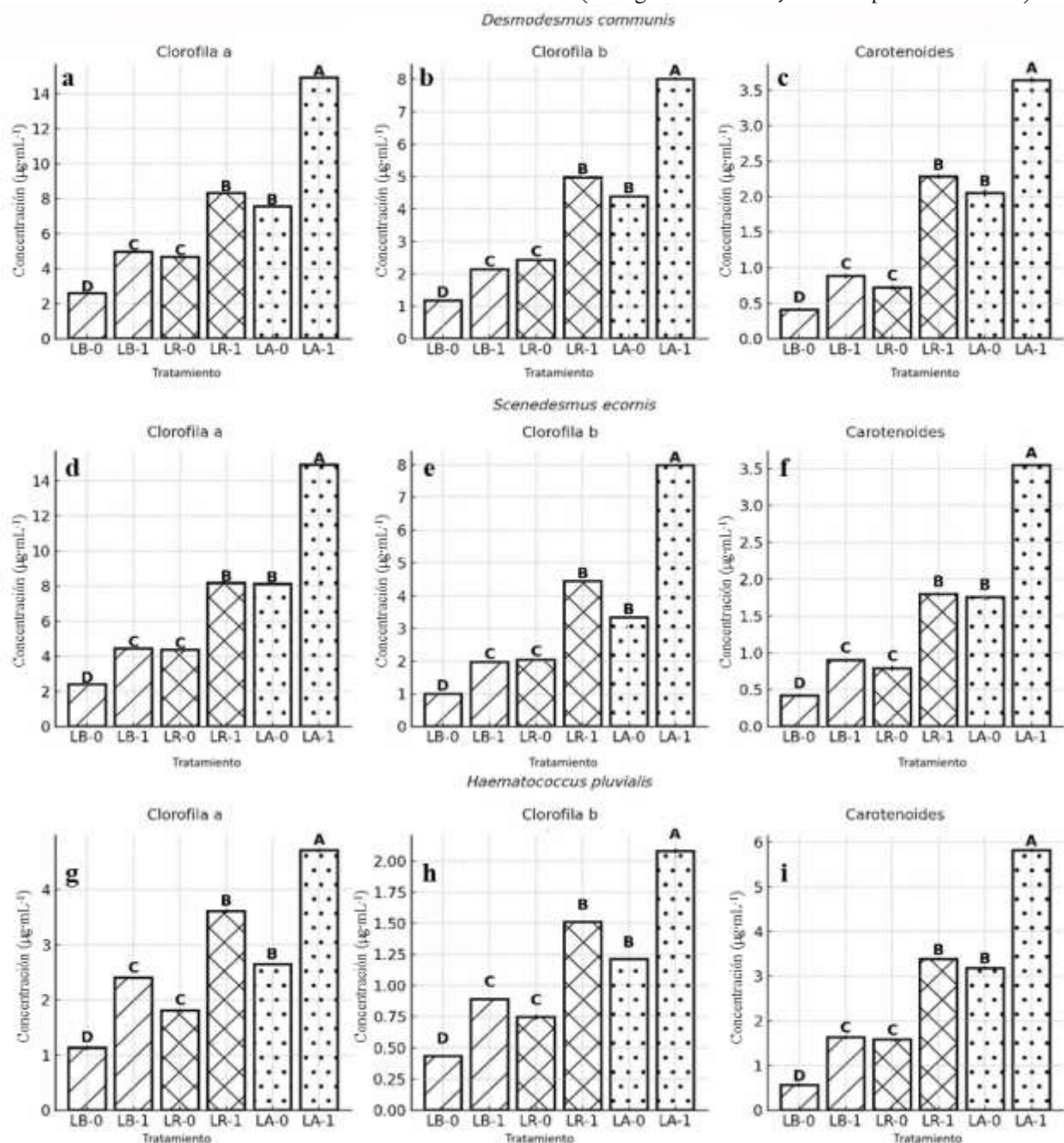




Figura I. Efecto de la luz y la suplementación con bicarbonato en el contenido de clorofila a, b y carotenoides en *Desmodesmus communis*, *Scenedesmus ecornis* y *Haematococcus pluvialis*. LB = luz blanca, LR = luz roja, LA = luz azul, 0 y 1 = g NaHCO₃, letras mayúsculas diferentes denotan una diferencia estadística significativa entre tratamientos (Tukey, $\alpha \leq 0.05$).

La longitud de onda es el principal factor que influye en el crecimiento celular, seguido por la concentración de bicarbonato de sodio. La luz azul estimula las enzimas involucradas en la biosíntesis de clorofila y carotenoides, incluida la astaxantina (Ruyters, 1984), mientras que el bicarbonato actúa como fuente de carbono, facilitando la fijación de CO₂ a través de las anhidrasas carbónicas (Mokashi et al., 2016). La interacción entre luz y bicarbonato potencia la producción de biomasa y pigmentos, gracias a la activación de enzimas clave como la ribulosa-1,5-bisfosfato carboxilasa oxigenasa, que es favorecida por la luz azul (Teo et al., 2014).

CONCLUSIONES

El tratamiento con luz azul y 1 g L⁻¹ de bicarbonato de sodio fue el más eficiente en estimular el crecimiento celular y la producción de biomasa en *Desmodesmus communis*, *Scenedesmus ecornis* y *Haematococcus pluvialis*. Este tratamiento alcanzó las mayores densidades celulares, velocidades de crecimiento y la mayor concentración de pigmentos fotosintéticos. En *H. pluvialis*, la acumulación de carotenoides fue notable bajo condiciones de estrés. La interacción entre la longitud de onda de la luz y la concentración de bicarbonato resulta clave para optimizar el cultivo de microalgas, mostrando un gran potencial para aplicaciones en biotecnología y producción de compuestos valiosos.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece el financiamiento por parte del Tecnológico Nacional de México a través de los proyectos I3I4I.2I-P, I7238.23-P y 20337.24-P.

REFERENCIAS

- Acién, F. G., Molina, E., Reis, A., Torzillo, G., Zittelli, G. C., Sepúlveda, C. & Masojídek, J. (2017). Photobioreactors for the production of microalgae. *Microalgae-Based Biofuels and Bioproducts: From Feedstock Cultivation to End-Products*, 1–44. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-101023-5.00001-7>
- Arredondo, V. B. O., Cordero, E. Beatriz., & Voltolina, D. (2017). Determinación de peso seco y contenido orgánico e inorgánico. In V. B. O. Arredondo, D. Voltolina, S. Tania. Zenteno, M. M. Arce, & A. G. A. Gómez (Eds.), *Métodos y Herramientas Analíticas en la Evaluación de la Biomasa Microalgal* (2nd ed., pp. 51–54). Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.
- Arredondo, V. B. O., Voltolina, D., & Cordero, E. B. (2017). Concentración, recuento celular y tasa de crecimiento. In V. B. O. Arredondo, Domenico. Voltolina, S. Tania. Zenteno, Arce M. Mario., & A. G. A. Gómez (Eds.), *Métodos y Herramientas Analíticas en la Evaluación de la Biomasa Microalgal* (2nd ed., pp. 44–50). Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.
- Hong, M. E., Choi, Y. Y., & Sim, S. J. (2016). Effect of red cyst cell inoculation and iron(II) supplementation on autotrophic astaxanthin production by *Haematococcus pluvialis* under outdoor summer conditions. *Journal of Biotechnology*, 218, 25–33. <https://doi.org/10.1016/J.JBIOTEC.2015.11.019>
- Izadpanah, M., Gheshlaghi, R., Mahdavi, M. A., & Elkamel, A. (2018). Effect of light spectrum on isolation of microalgae from urban



- wastewater and growth characteristics of subsequent cultivation of the isolated species. *Algal Research*, 29, 154–158. <https://doi.org/10.1016/J.ALGAL.2017.11.029>
- Jacob-Lopes, E., Queiroz, M. I., & Zepka, L. Q. (2020). Pigments from microalgae handbook. *Pigments from Microalgae Handbook*, 1–653. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-50971-2/COVER>
- Kim, G. Y., Heo, J., Kim, H. S., & Han, J. I. (2017). Bicarbonate-based cultivation of *Dunaliella salina* for enhancing carbon utilization efficiency. *Bioresource Technology*, 237, 72–77. <https://doi.org/10.1016/J.BIORTECH.2017.04.009>
- Kim, M. K., Park, J. W., Park, C. S., Kim, S. J., Jeune, K. H., Chang, M. U., & Acreman, J. (2007). Enhanced production of *Scenedesmus* spp. (green microalgae) using a new medium containing fermented swine wastewater. *Bioresource Technology*, 98(11), 2220–2228. <https://doi.org/10.1016/J.BIORTECH.2006.08.031>
- Milena, C., Castillo, N., Carolina, F., Rivera, R., Díaz, L. E., Graciela, A., & Díaz, L. (2017). Evaluación de las condiciones de crecimiento celular para la producción de astaxantina a partir de la microalga *Haematococcus pluvialis*. *Revista Nova Publicación Científica en Ciencias Biomédicas*, 15(28), 19–31. <https://doi.org/10.22490/24629448.2073>
- Mokashi, K., Shetty, V., George, S. A., & Sibi, G. (2016). Sodium Bicarbonate as Inorganic Carbon Source for Higher Biomass and Lipid Production Integrated Carbon Capture in *Chlorella vulgaris*. *Achievements in the Life Sciences*, 10(1), 111–117. <https://doi.org/10.1016/J.ALS.2016.05.011>
- Patel, A. K., Joun, J. M., Hong, M. E., & Sim, S. J. (2019). Effect of light conditions on mixotrophic cultivation of green microalgae. *Bioresource Technology*, 282, 245–253. <https://doi.org/10.1016/J.BIORTECH.2019.03.024>
- Rai, M. P., & Gupta, S. (2017). Effect of media composition and light supply on biomass, lipid content and FAME profile for quality biofuel production from *Scenedesmus abundans*. *Energy Conversion and Management*, 141, 85–92. <https://doi.org/10.1016/J.ENCONMAN.2016.05.018>
- Ruyters, G. (1984). *Effects of Blue Light on Enzymes*. 283–301. https://doi.org/10.1007/978-3-642-69767-8_32
- Singh, J., & Saxena, R. C. (2015). An Introduction to Microalgae: Diversity and Significance. *Handbook of Marine Microalgae: Biotechnology Advances*, 11–24. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800776-1.00002-9>
- Suyono, E. A., Aminin, Pradani, L., Mu'avatun, U., Habiba, R. N., Ramdaniyah, & Rohma, E. F. (2015). Combination of Blue, Red, White, and Ultraviolet Lights for Increasing Carotenoids and Biomass of Microalga *Haematococcus pluvialis*. *Procedia Environmental Sciences*, 28, 399–405. <https://doi.org/10.1016/J.PROENV.2015.07.049>
- Teo, C. L., Atta, M., Bukhari, A., Taisir, M., Yusuf, A. M., & Idris, A. (2014). Enhancing growth and lipid production of marine microalgae for biodiesel production via the use of different LED wavelengths. *Bioresource Technology*, 162, 38–44. <https://doi.org/10.1016/J.BIORTECH.2014.03.113>
- Wellburn, A. R. (1994). The Spectral Determination of Chlorophylls a and b, as well as Total Carotenoids, Using Various Solvents with Spectrophotometers of Different



- Resolution. *Journal of Plant Physiology*,
144(3), 307–313.
[https://doi.org/10.1016/S0176-1617\(11\)81192-2](https://doi.org/10.1016/S0176-1617(11)81192-2)
- Zhao, Y., Wang, J., Zhang, H., Yan, C., & Zhang, Y. (2013). Effects of various LED light wavelengths and intensities on microalgae-based simultaneous biogas upgrading and digestate nutrient reduction process. *Bioresource Technology*, 136, 461–468.
<https://doi.org/10.1016/J.BIORTECH.2013.03.051>



FORMACIÓN DE MATRICES BIOPOLIMÉRICAS A BASE DE QUITOSANO CON
POTENCIAL TRATAMIENTO DE AGUAS CONTAMINADAS

FORMATION OF CHITOSAN-BASED BIOPOLYMERIC MATRICES WITH POTENTIAL
TREATMENT OF CONTAMINATED WATER

Santiago Arévalo Emiliano-Sebastián ¹, Gonzalo Santos-López ^{2§}, Javier Díaz-Santiago ², Flor de Belem
Pérez-Chávez ¹, Noemi González-Zarate ¹, Minerva Donají Méndez-López ¹

¹Tecnológico Nacional de México (TecNM), Instituto Tecnológico de Oaxaca, Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica, Oaxaca, México, C.P. 68030. ²TecNM, Instituto Tecnológico del Valle de Etla, Abasolo S/N, Barrio del Agua Buena, Santiago México. Suchilquitongo, Oaxaca, México, C.P. 68230. [§]Autor de correspondencia: (gonzalo.sl@itvalletla.edu.mx).

RESUMEN

La contaminación de agua por metales se ha incrementado en épocas recientes impactando en la salud de los individuos que la consumen. Este trabajo tiene como objetivo el desarrollo de materiales absorbentes de sustancias contaminantes como el cobre a partir de geles tipo esfera formadas mediante gelificación ionotrópica entre los biopolímeros quitosano con alginato o pectina. En el desarrollo experimental se obtuvieron dos tipos diferentes de microesferas, el primero con alginato de sodio y quitosano y el segundo con pectina cítrica y quitosano. El componente capturado en las esferas fue cobre (II) a partir de sulfato cúprico, por lo que se realizó una curva estándar obteniendo el modelo de ajuste lineal de $Y = 0.069 + 0.0195$ con una R^2 de 0.978, alcanzando una disminución a las 24 horas de la solución de sulfato de cobre hasta 0.08M. En el sistema pectina quitosano se determinó la absorción a pH 4.0, 7.0 y 10.0 resultando en una mayor remoción de sulfato de cobre a pH neutro y alcalino. Los resultados indican que las esferas obtenidas a partir productos naturales con la capacidad de absorber sustancias contaminantes

como el cobre son una opción viable de materiales sustentables con aplicaciones en remediación de aguas contaminadas.

Palabras clave: biopolímeros, remoción de contaminantes, absorción.

ABSTRACT

The contamination of water by metals has increased in recent times, impacting the health of the individuals who consume it. This work aims to develop absorbent materials for pollutants such as copper from sphere-type gels formed by ionotropic gelation between chitosan biopolymers with alginate or pectin. In the experimental development, two different types of microspheres were obtained, the first with sodium alginate and chitosan and the second with citrus pectin and chitosan. The component captured in the spheres was copper (II) from cupric sulphate, so a standard curve was performed obtaining the linear fit model of $Y = 0.069 + 0.0195$ with an R^2 of 0.978, reaching a decrease after 24 hours of the copper sulphate solution to 0.08M. In the chitosan pectin system, adsorption was determined at pH 4.0, 7.0



and 10.0 resulting in a higher copper sulphate removal at neutral and alkaline pH. The results indicate that spheres obtained from natural products with the ability to absorb pollutants such as copper are a viable option for sustainable materials with applications in contaminated water remediation.

Index words: biopolymers, pollutant removal, adsorption.

INTRODUCCIÓN

El agua es uno de los recursos esenciales para la vida en nuestro planeta, se estima que en el mundo hay cerca de 1358 millones de km³, del cual solo el 2.5 % es agua potable (National Academies Press (US), 2000). De este total México dispone solo el 0.1 % el cual es utilizado en sectores como el agrícola, público e industrial (Informe del Medio Ambiente, s. f.; Visión general del Agua en México, s. f.). Posteriormente a su uso habitual las aguas sufren de contaminación de las actividades de estos distintos sectores que en ocasiones son vertidas en cuerpos grandes de agua superficiales sin un tratamiento previo lo que es fuente de contaminación de aguas superficiales. Los metales son una de las fuentes de contaminación del agua, uno de ellos es el cobre; este metal, aunque es un micronutriente esencial para los humanos, también puede ser dañino si sobrepasan los límites de consumo de 3.0 mg por día, esto puede generar enfermedades gastrointestinales o llegar a ingestas crónicas que dañan órganos como el hígado (Water, 2000).

Existen diversos procesos para remediación de aguas contaminadas con cobre, uno de los más utilizados es el de biopolímeros ya que son componentes naturales que pueden formar interacciones químicas con metales y no generan una contaminación adicional. Existen biopolímeros que se han utilizado en sistemas de

tratamiento de metales pesados como el quitosano, alginato y pectina.

El quitosano es un polisacárido policatiónico formado por unidades de N-acetilglucosamina y D-glucosamina que actúa como agente quelante interactuando con compuestos iónicos como el cobre y propiciando su remediación (Abram, 2004). Otro polisacárido utilizado en la remoción de metales es el alginato, el cual es un polisacárido obtenido a partir de algas pardas formado químicamente por unidades de ácido β -D-Manurónico y α -L-gulurónico ligados mediante enlaces (1-4) en diferentes secuencias de residuos, lo que lo hace una molécula polidispersa y de carácter poli-aniónico al ser disuelto en agua (Ore et al., 2020; Valentin et al., 2006). De naturaleza polianiónica similar al alginato se encuentra la pectina que es un biopolímero lineal formado principalmente con ácido galacturónico y unidades de ramnogalacturonano, su naturaleza le permite interactuar por fuerzas electrostáticas con iones como el cobre, es por ello su utilización en la remoción de metales (Adetunji et al., 2017).

El alginato y la pectina son considerados como hidrocoloides ya que posee la capacidad de disolverse en agua y formar materiales tipo gel. También el quitosano es un material del que se pueden formar materiales tipo gel, pero se disuelve en soluciones ácidas diluidas a diferencia del alginato y pectina. La formación de materiales tipo gel tiene aplicaciones en diversas áreas ya que consta de una fase continua formada por las cadenas de los polímeros entrecruzadas y una fase dispersa que es el fluido en el que se disolvió el polímero y que al formar el gel queda embebido en poros. A partir de estos materiales se pueden absorber/adsorber distintas sustancias que se internalizan en el gel por medio de los poros. Una de las formas de captar sustancias contaminantes es formar geles y que sustancias contaminantes interactúen con los componentes del gel quedando atrapados en la matriz (Zhao et al., 2023). Existen



geles con diferentes estructuras; sin embargo, la más utilizada es en forma de esfera ya que permite obtener una mayor exposición de área por volumen.

En el presente trabajo se realizó la formación de dos sistemas tipo gel en forma de esferas, uno formado por el sistema alginato-quitosano y otro de pectina-quitosano con el objetivo de utilizarlas para la remoción in vitro de agua contaminada con cobre (II).

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó alginato de sodio, pectina crítica, cloruro de calcio y sulfato de cobre marca Meyer, quitosano de bajo peso molecular de Sigma-Aldrich, ácido acético concentrado y agua destilada. Todos los compuestos utilizados en las pruebas fueron grado reactivo.

Formación de microesferas biopoliméricas

Se prepararon dos sistemas para formar las soluciones: en un primer sistema se disolvió alginato al 2 % peso/volumen (p/v) y aparte se preparó una solución de quitosano al 1 % p/v en ácido acético al 1 % p/v, esta solución fue combinada con una solución de cloruro de sodio al 5 % p/v dejando agitar por 1 hora. Para formar las esferas se utilizó una jeringa con la solución de alginato, posterior se fue goteando en la solución de quitosano-cloruro de calcio para formar geles por gelificación ionotrópica mediante gelificación ionotrópica; entre los biopolímeros alginato y quitosano se formaron microesferas.

Un segundo sistema de esferas se preparó de manera similar a la metodología utilizada para el alginato, este biopolímero se cambió por pectina crítica y el quitosano fue disuelto en una solución de ácido cítrico a una temperatura de 80 °C y posterior se combinó esta solución con otra solución con cloruro de calcio al 5 % p/v. Las esferas fueron preparadas por goteo de la solución

de pectina en la solución con cloruro de calcio y se dejaron madurar por 30 minutos con agitación.

Procedimiento de absorción de cobre (II) con microesferas alginato-quitosano

Para cuantificar la absorción de cobre (II) en las esferas se construyó una curva estándar de sulfato cúprico a diferentes concentraciones (0.1 M, 0.2 M, 0.3 M y 0.4 M) midiendo las absorbancias a una longitud de onda de 394 nm utilizando un espectrofotómetro de UV/Vis marca TermoFisher y se realizó un ajuste lineal de las absorbancias vs concentración para obtener un modelo de ajuste lineal.

Se les aplicó a las esferas la solución de sulfato de cobre para determinar la cantidad de cobre retenido, se tomaron como muestra 10 esferas del sistema alginato-pectina, para posterior incorporarlas a la solución de 100 mL de sulfato de cobre 0.5 M. Para el tiempo 0 se midió la absorbancia de la solución considerada y se obtuvieron los datos de la variación de absorbancia en la solución después de 1, 2, 3 y 24 h.

Procedimiento de absorción de cobre (II) con microesferas pectina-quitosano

Para este sistema se probó la absorción de cobre a diferentes pH (4, 7 y 10) ya que el sistema contenía un agente entrecruzante aniónico que le daba mayor resistencia a las esferas. Como solución de sulfato de cobre se utilizó una solución con 1000 ppm de sulfato de cobre de la cual se tomaron 100 mL en tres diferentes recipientes ajustando el pH con soluciones de NaOH 0.1 M y HCl 0.1M. Para la absorción del cobre se utilizaron 2 gramos de muestra y se midió la absorbancia de las soluciones de sulfato de cobre a las 24, 48 y 72 horas utilizando para su determinación la metodología desarrollada por Tapia et al. (2014) determinando la absorbancia en un espectrofotómetro de UV/Vis (Tapia et al., 2014).



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las **Figuras 1a) y 1b)** se observa la preparación por goteo y gelificación ionotrópica de las esferas de alginato y quitosano. En este proceso de gelificación al precipitar el alginato en la solución de cloruro de calcio con quitosano se produce el entrecruzamiento entre las cadenas de alginato formando estructuras conocidas como caja de huevo, en el que unidades de azúcares con carga aniónica interactúan con un ion calcio con carga positiva (**Figura 2a**) lo que da como resultado la formación de un gel aniónico (**Figura 2b**).

La adición de quitosano al ser de naturaleza catiónica interactúa con grupos funcionales del alginato que hayan quedado disponibles fortaleciendo el gel final. Para determinar la absorción de cobre por las microesferas se obtuvo una curva estándar obteniendo la absorbancia vs. concentración de sulfato de cobre. Al realizar un ajuste de los datos se obtuvo el modelo de ajuste del sistema lo que permitió determinar la concentración de las soluciones en donde se probó la absorción de cobre con las esferas. El modelo fue $Y = 0.069 + 0.0195$ con un coeficiente de determinación de 0.978 (**Figura 3**).



Figura I. Proceso de obtención de las esferas, 1a) Gelificación por goteo de las soluciones biopoliméricas y 1b) esferas gelificadas.

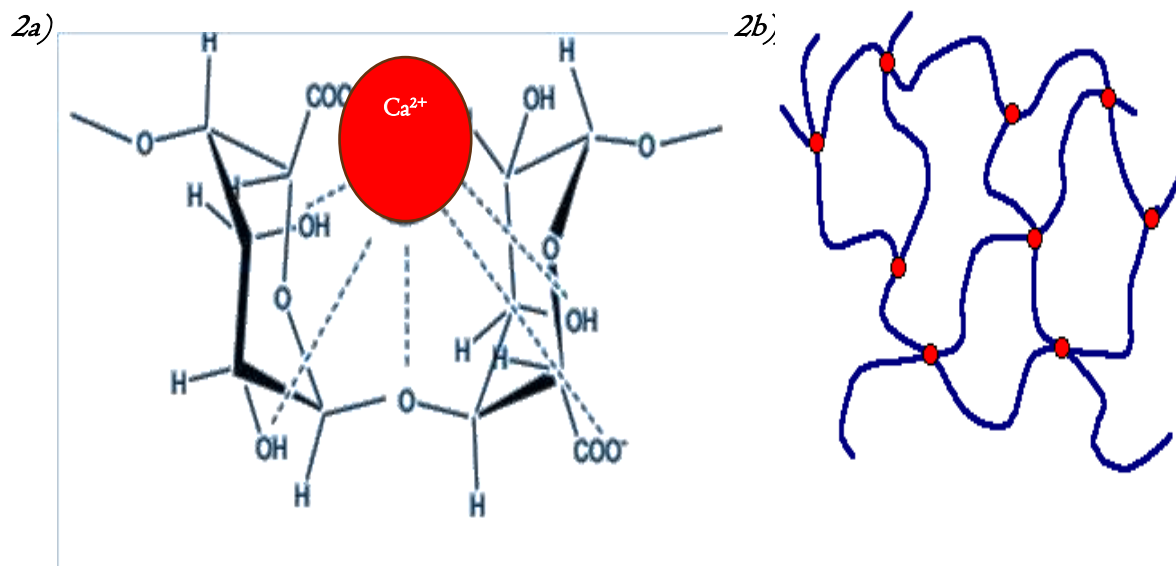


Figura 2. Interacción a) unidades de alginato con calcio formando la estructura conocida como caja de huevo b) representación de entrecruzamiento de las cadenas que forman el gel.

En el proceso de absorción de cobre en las esferas de alginato-quitosano se observó un cambio de coloración en las esferas, esto indica una retención del cobre. Adicional a esta comprobación se midió la absorción utilizando un espectrofotómetro de la solución 0.5 M de sulfato de cobre, observándose una disminución de la absorbancia con respecto al tiempo (**Figura 4**).

En el proceso de elaboración de las esferas de alginato-pectina se observó que las esferas

resultaban con mayor firmeza y estabilidad que las esferas de alginato, una posible razón sería que el agente entrecruzante utilizado es de tipo aniónico lo que permitirá unir las cadenas de quitosano con pectina por interacciones iónicas (Dziadek et al., 2022). En la **Figura 5** se observan las microesferas obtenidas por este método inicialmente y después de someterla al proceso de absorción de Cobre a diferentes pH.

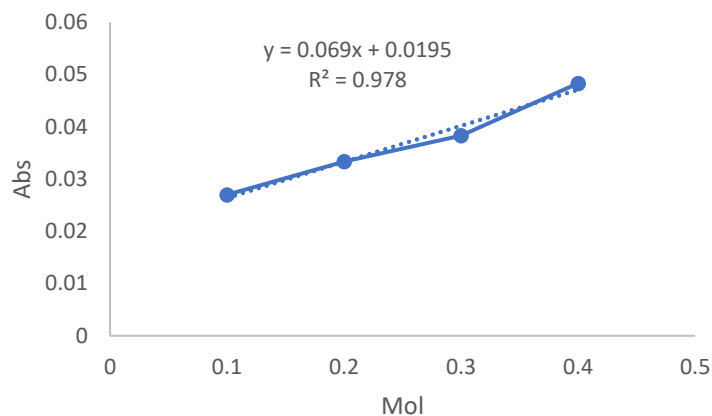


Figura 3. Curva estándar de absorción (Abs) de cobre en función de la concentración (Mol).

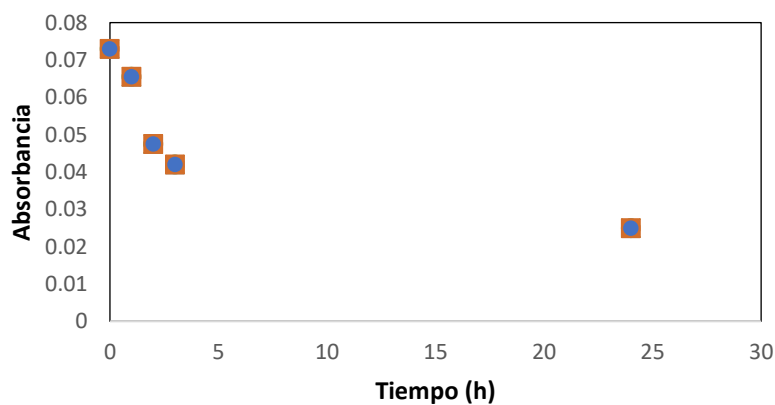


Figura 4. Absorción de sulfato de cobre determinando la absorbancia vs. tiempo.

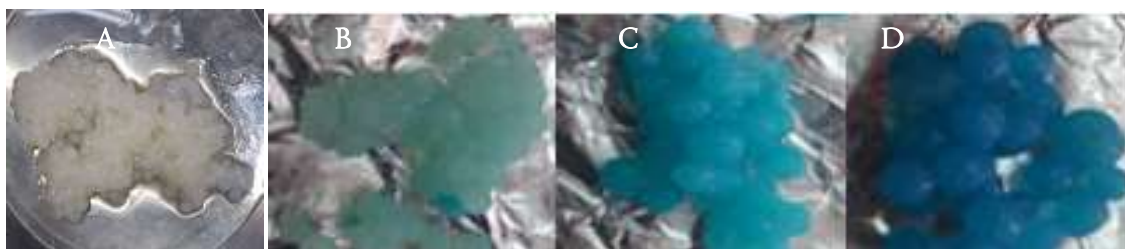


Figura 5. Esferas pectina-quitosano A) inicio, B) pH 4, C) pH 7, D) pH10.

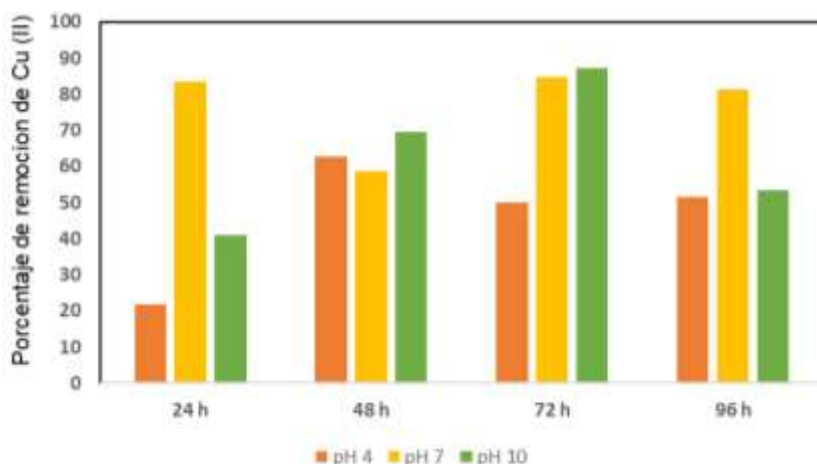


Figura 5. Porcentaje de remoción de Cu (II) en esferas pectina-quitosano en función del pH (4, 7, 10) a diferentes tiempos (24, 48, 72 y 96 h).

Al someter las esferas a diferentes pH se determinó el porcentaje de remoción de cobre (II) representado en la **Figura 6**. Esto nos indica que a pH neutro y pH 10 se alcanzan mayores valores de remoción de cobre que a pH ácidos, por lo que nos indicarían que las esferas del sistema quitosano-pectina sería más efectivas en la remoción de cobre en aguas contaminadas neutras o alcalinas.

CONCLUSIONES

Se obtuvieron dos tipos diferentes de esferas biopoliméricas aplicadas en la remoción de cobre (II). El sistema alginato de sodio-quitosano mostrando una mayor disminución de cobre en las soluciones a las 24 horas indicando que el cobre realizó un proceso de adsorción con las esferas gelificadas al internalizarse y siendo atrapado debido a las interacciones electrostáticas entre los grupos funcionales de alginato y quitosano. En las esferas de pectina cítrica-quitosano se observó mayor eficiencia de atrapamiento de cobre a pH neutro y alcalino en la remoción de cobre, esto indica que en esas condiciones los grupos

funcionales de la pectina prevalecen generando mayor interacción con el cobre debido a su naturaleza polianiónica. El desarrollo de estos materiales y su eficiencia en la remoción de cobre a diferentes condiciones permiten visualizarlos como materiales elaborados a partir de componentes naturales y sustentables con potencial aplicación en la remoción de cuerpos de agua contaminados con cobre.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Tecnológico Nacional de México por su apoyo al proyecto de investigación con Formación y caracterización fisicoquímica de hidrogeles de alginato de sodio-mucílago como sistemas de absorción de colorantes en aguas contaminadas que forma parte de los proyectos aceptados de la convocatoria 2023 de Proyectos de Investigación científica, Desarrollo Tecnológico e Innovación y del cual se deriva el presente trabajo de investigación.



REFERENCIAS

- Abram, P. A. H. I. (2004). *Quitina y Quitosano: Obtención, caracterización y aplicaciones*. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Adetunji, L. R., Adekunle, A., Orsat, V. & Raghavan, V. (2017). Advances in the pectin production process using novel extraction techniques: A review. *Food Hydrocolloids*, 62, 239-250.
<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.08.015>
- Dziadek, M., Dziadek, K., Salagierski, S., Drozdowska, M., Serafim, A., Stancu, I.-C., Szatkowski, P., Kopec, A., Rajzer, I., Douglas, T. E. L. & Cholewa-Kowalska, K. (2022). Newly crosslinked chitosan- and chitosan-pectin-based hydrogels with high antioxidant and potential anticancer activity, *Carbohydrate Polymers*, 290, 119486.
<https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2022.119486>
- Informe del Medio Ambiente. (s. f.). <https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe18/index.html>
- Ore, B., Y., Pichilingue, L., E. R., Valderrama-Negrón, A. C., Ore, B., Y., Pichilingue, L., E. R. & Valderrama-Negrón, A. C. (2020). Extracción y caracterización del alginato de sodio de la macroalga *Macrocystis pyrifera*. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 86(3), 276-287.
<https://doi.org/10.37761/rsqp.v86i3.300>
- Tapia, N., Huizar, R., Yarango, A. & Rojas, P. (2014). Estudio de la adsorción de Cu(II) a partir de solución acuosa por perlas de pectina. *Revista Peruana de Química e Ingeniería Química*, 17, 21-26.
- Valentin, R., Horga, R., Bonelli, B., Garrone, E., Di Renzo, F. & Quignard, F. (2006). FTIR spectroscopy of NH₃ on acidic and ionotropic alginate aerogels. *Biomacromolecules*, 7(3), 877-882.
<https://doi.org/10.1021/bm050559x>
- Visión general del Agua en México. (s. f.). *Agua.org.mx*. <https://agua.org.mx/cuanta-agua-tiene-mexico/>
- Water Facts—Worldwide Water Supply*. (s. f.). <https://www.usbr.gov/mp/arwec/water-facts-ww-water-sup.html>
- National Academies Press (US). (2000). *Introduction. Copper In Drinking Water* - NCBI Bookshelf.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK225402/>
- Zhao, C., Liu, G., Tan, Q., Gao, M., Chen, G., Huang, X., Xu, X., Li, L., Wang, J., Zhang, Y. & Xu, D. (2023). Polysaccharide-based biopolymer hydrogels for heavy metal detection and adsorption. *Journal of Advanced Research*, 44, 53-70.
<https://doi.org/10.1016/j.jare.2022.04.005>



APLICACIÓN PARA PREDECIR EL VOLUMEN FUSTAL DE ESPECIES FORESTALES
(VERSIÓN I): UNA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA DE ACCESO LIBRE

APPLICATION FOR PREDICTING THE VOLUME OF FOREST SPECIES (VERSION I): AN
OPEN-ACCESS TECHNOLOGICAL INNOVATION

Pablo Antúnez

*Universidad de la Sierra Juárez, División de Estudios de Porgado-Instituto de Estudios Ambientales, Ixtlán,
Oaxaca, 68725. Autor de correspondencia: pantunez@gmail.com.*

RESUMEN

En el ámbito de la gestión forestal, la estimación precisa del volumen de los troncos es esencial. Para cubrir esta necesidad, se desarrolló una aplicación que calcula el volumen del fuste a partir del diámetro normal y la altura total del árbol. Esta herramienta utiliza un modelo predictivo optimizado mediante datos dasométricos de 6453 árboles. A fin de minimizar los errores de predicción, el ajuste del modelo combina técnicas de mínimos cuadrados no lineales y regresión cuantílica, evaluando de este modo todos los sectores de la distribución condicional. A diferencia de los modelos convencionales, esta aplicación ofrece una ventaja significativa al adaptar los parámetros a las dimensiones específicas de cada arbolado, en lugar de aplicar un único conjunto de parámetros a todos los datos. La validación del modelo, realizada con 184 observaciones independientes, demostró una mejora del 62.5 % en comparación con el mejor modelo del sistema biométrico nacional. La interfaz intuitiva permite una introducción de datos rápida, facilitando el cálculo del volumen en metros cúbicos, lo cual beneficia tanto a los técnicos forestales como a propietarios de bosques destinados a la producción maderable.

Palabras clave: ingeniería forestal, manejo forestal, predicción automática.

ABSTRACT

In forestry management, accurately estimating trunk volume is essential. To address this need, an application was developed to calculate stem volume using the normal diameter and total height of the tree. This tool leverages a predictive model optimized with dasometric data from 6,453 *Pinus patula* (Schiede ex Schltdl. et Cham) trees. To minimize prediction errors, the model fit combines nonlinear least squares with quantile regression techniques, thereby assessing all segments of the conditional distribution. Unlike conventional models, this application offers a notable advantage by adjusting parameters to the unique dimensions of each tree stand rather than applying a single parameter set across all data. Model validation with 184 independent observations showed a 62.5% improvement over the top model in the national biometric system. Its intuitive interface enables fast data entry, streamlining volume calculation in cubic meters, which benefits both forestry professionals and timber forest owners.



Index words: forest engineering, forest management, automatic prediction.

INTRODUCCIÓN

En el actual contexto de la gestión forestal, la medición precisa del volumen de un bosque es fundamental para la planificación y sostenibilidad de los recursos forestales (Gschwantner et al., 2021; Bornand et al., 2023). El cálculo volumétrico de los troncos individuales y de la madera comercial se basa en diversos métodos, siendo los modelos alométricos los más utilizados debido a su precisión, ya que incorporan medidas específicas de los árboles (Chave et al., 2014; Vonderach et al., 2018). Así, la estimación del volumen de los árboles implica la búsqueda de funciones que describan adecuadamente la relación alométrica entre sus dimensiones (West, 2004; Prodan et al., 2007). No obstante, la aplicabilidad de estos modelos está limitada por su rango de calibración, lo que significa que su robustez depende de la procedencia temporal y espacial de los datos utilizados para su entrenamiento (Bornand et al., 2023).

La importancia de calcular con precisión el volumen de los árboles individuales radica en su influencia sobre las estimaciones a nivel de unidad de manejo o de todo un predio. Debido a los cambios en la morfología de los árboles (Kangas et al., 2020) y en la composición del bosque (Temesgen et al., 2015), es necesario recalibrar o actualizar los modelos alométricos. Una alternativa a este desafío es el uso de nuevas tecnologías, como los algoritmos de aprendizaje supervisado, que pueden detectar relaciones complejas no perceptibles por analistas humanos (Antúnez et al., 2024), así como la combinación de técnicas de regresión, como la regresión de cuantiles, que permiten evaluar diferentes sectores de la distribución de los datos. No obstante, la utilización de estas herramientas requiere habilidades informáticas, conocimiento de

programas especializados, nociones de estadística y habilidades para interpretar resultados. Estos requisitos representan una barrera para muchos tomadores de decisiones, incluidos propietarios y gestores de bosques.

Desarrollar una aplicación que prediga el volumen de los árboles, ajustando automáticamente los parámetros según el tamaño de los mismos (Antúnez et al., 2023), puede ofrecer múltiples ventajas que optimizan la gestión forestal. El diámetro normal y la altura de los árboles son métricas estándar en silvicultura (Rustagi y Loveless, 1991; Prodan et al., 1997), y su inclusión en una aplicación reduce la posibilidad de errores de medición asociados a variables más subjetivas o complejas. Con una calculadora de volumen, los propietarios y tomadores de decisiones pueden ingresar estas medidas en sus dispositivos y recibir de inmediato una estimación del volumen del fuste. Esta inmediatez permite tomar decisiones sobre el terreno, facilitando la evaluación y ajuste de estrategias de gestión en tiempo real.

El objetivo fue desarrollar una aplicación capaz de predecir el volumen del fuste con corteza de pino, a partir de la altura total y el diámetro a 1.30 m sobre el nivel del suelo, con una interfaz sencilla para el usuario. La capacidad de la aplicación para procesar datos de variables simples y medibles en el campo acelera considerablemente el proceso de estimación del volumen. Tanto si se accede a ella a través de un ordenador como de un teléfono móvil, la aplicación proporciona predicciones inmediatas, facilitando la cuantificación y evaluación de la existencia volumétrica disponible.

MATERIALES Y MÉTODOS

Análisis de datos y técnicas de regresión

Para la primera versión de la aplicación, se usó una base de datos proporcionada por la Comisión



Nacional Forestal de México (CONAFOR). De un total inicial de 6467 observaciones de *Pinus patula* Schiede ex Schltdl. et Cham., se eliminaron 14 debido a medidas inconsistentes (por ejemplo, alturas no razonables en relación con los diámetros). Finalmente, se trabajó con una base de datos que contenía 6453 observaciones, con diámetros que varían entre 7.5 cm y 72.4 cm, y alturas entre 1.7 m y 36.5 m. Estos datos fueron generados durante la ejecución de proyectos financiados por la propia Comisión Nacional Forestal y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (actualmente Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías).

El modelo utilizado para entrenar la aplicación versión I es una variación del modelo alométrico general de dos parámetros, expresado como $v = a * dn^b * h^c$, propuesto por Schumacher-Hall (1933). En esta ecuación, (v) representa el volumen del fuste con corteza, (dn) es el diámetro normal, y (h) es la altura total del árbol.

Inicialmente, los parámetros del modelo se estimaron mediante el método de mínimos cuadrados no lineales. Este paso fue fundamental para capturar la relación no lineal entre el volumen del fuste y las variables predictoras. Sin embargo, para abordar la heterogeneidad en la varianza de los errores y reducir los efectos de los datos extremos, se implementó la técnica de regresión de cuantiles. Esta técnica permite reducir el impacto de los valores atípicos y determinar el contenido volumétrico de los árboles a medida que cambian sus dimensiones.

En total, se generaron parámetros locales para los cuantiles $\tau=0.05, 0.10, 0.15, 0.20, 0.25, 0.30, 0.40, 0.50, 0.60, 0.70$ y 0.80 . Cada τ -ésimo cuantil se corresponde con una de las 11 categorías diamétricas del conjunto de datos analizados. De este modo, al introducir las medidas de diámetro y altura, la aplicación selecciona automáticamente

los parámetros adecuados según las dimensiones del árbol para el cálculo volumétrico, a diferencia de los modelos convencionales que utilizan un conjunto único de parámetros para todos los árboles.

La descripción detallada de la aplicación combinada de la regresión no lineal y la regresión de cuantiles se puede consultar en Antúnez et al. (2023), donde se presenta un enfoque eficaz para evitar el efecto de apalancamiento y el impacto de los datos atípicos. Asimismo, este enfoque es útil para analizar datos con alta variabilidad, donde las relaciones son complejas o cuando los supuestos de la regresión no se cumplen.

Funcionalidades principales de la aplicación e interfaz de usuario

La aplicación presenta una interfaz intuitiva y fácil de usar, con dos campos de entrada diseñados para introducir las medidas del árbol: el diámetro normal, que debe ser superior a 7.5 cm, y la altura total (Figura 1). Estas medidas pueden obtenerse directamente en el campo mediante herramientas de medición, como un altímetro (comúnmente conocido como "pistola Haga") o un clinómetro. Alternativamente, también es posible utilizar datos provenientes de una base de datos confiable.

Una vez introducidas las medidas, la aplicación calcula y devuelve el volumen de madera en metros cúbicos, considerando la corteza del árbol. Aunque el modelo subyacente es capaz de estimar el volumen de árboles con diámetros superiores a 100 cm, durante la fase de validación se observó que proporciona resultados más precisos cuando el diámetro del árbol se encuentra en el rango de 7.5 cm a 100 cm. Este rango asegura una mayor consistencia y exactitud en las proyecciones del volumen, lo cual es esencial para aplicaciones prácticas y decisiones informadas en el ámbito forestal.



Calculadora de volumen



Diámetro normal (cm):

Altura total (m):

Calcular volumen

Figura I. Vista del interfaz del usuario.

Para visualizar el resultado, es necesario presionar el botón etiquetado como "Calcular volumen". Si se introduce un diámetro normal inferior a 7.5 cm, aparecerá un mensaje emergente alertando al usuario sobre la necesidad de proporcionar un valor superior a este umbral. El resultado del cálculo se presenta en la parte inferior de la interfaz, acompañado de una nota aclaratoria y referencia. En esta nota *MCNL* se refiere a mínimos cuadrados no lineales, el método estadístico utilizado para el ajuste de los parámetros del modelo. Además, se proporciona una referencia a una publicación donde se detalla el método empleado, facilitando así la comprensión y la transparencia del proceso de cálculo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Validación del modelo

En la validación del modelo, se realizó una comparación de los resultados con el modelo más eficaz propuesto por Vargas-Larreta et al. (2017).

Este estudio sirvió como referencia para evaluar el rendimiento del enfoque presentado en este trabajo, dado que los modelos reportados por esos autores se ajustaron utilizando una base de datos robusta recopilada en los principales bosques templados de México. Además, los autores probaron múltiples modelos y seleccionaron el mejor modelo de volumen para cada especie y región.

En general, el error de predicción se redujo en un promedio del 26 % con respecto al mejor modelo del sistema biométrico. Por otro lado, el modelo utilizado en esta investigación fue sometido a una evaluación exhaustiva árbol por árbol, empleando una base de datos de 184 observaciones de *Pinus patula* recolectadas en la Sierra Norte de Oaxaca. De estas, en 115 casos, el enfoque demostró una mayor precisión en comparación con el mejor modelo del sistema biométrico. Específicamente, los valores obtenidos con el modelo en esta aplicación se aproximaron más a los valores observados en el 62.5 % de los casos.



A pesar de estos resultados alentadores, la versión actual de esta herramienta tecnológica ofrece oportunidades de mejora. Por ejemplo, podrían refinarse los parámetros del modelo explorando otros métodos de análisis o aplicando un proceso de selección de datos más riguroso para optimizar aún más su rendimiento y precisión. Se espera que la siguiente versión de esta aplicación incorpore estas mejoras, así como la inclusión de más especies forestales.

En la predicción del volumen y la biomasa, numerosos estudios reportan resultados con indicadores de bondad de ajuste deseables, como coeficientes de determinación superiores a 0.95 y errores de predicción muy reducidos. Sin embargo, en la práctica, varios de los modelos publicados en la literatura científica, especialmente en México y Latinoamérica, no reflejan la realidad debido a las condiciones ecológicas locales, al manejo forestal y a problemas metodológicos en la construcción de los modelos.

En este contexto, es común encontrar propuestas de modelos de volumen y biomasa que no cumplen con la aleatoriedad en el muestreo, o donde las muestras son pequeñas o insuficientes para la población o especie estudiada. A menudo, los árboles analizados son seleccionados a discreción, cumpliendo ciertas características (por ejemplo, árboles dominantes). En otras ocasiones, los investigadores buscan resultados confirmatorios y, cuando estos no se obtienen, manipulan sus datos mediante técnicas de transformación o eliminación de valores extremos, lo que compromete la validez de las hipótesis sobre la contribución de los predictores y el uso adecuado de la estadística inferencial.

Aunado a lo anterior, es de destacar que el razonamiento subyacente de la regresión tradicional se basa en el comportamiento medio de los datos. En escenarios de alta variación, los enfoques convencionales pueden no capturar

adecuadamente los valores extremos o las respuestas individuales a cambios unitarios en los predictores. Esto es particularmente importante en los extremos de la distribución, donde la linealidad y la constancia de la relación pueden no mantenerse (Cook y Weisberg, 1983; Muller y Stadtmuller, 1987). En este sentido, la combinación de métodos alternativos con enfoques tradicionales (Antúñez et al., 2024) podría mejorar significativamente la predicción de las variables de interés en el campo forestal.

Acceso a la aplicación

La aplicación está disponible de forma gratuita para el público y se puede acceder a través del siguiente enlace: <https://antunez-volume.tiiny.site>. Además, la versión actual también está disponible como aplicación móvil para dispositivos Android, y puede ser instalada mediante el siguiente enlace: <https://github.com/analistaanalist/volume/raw/main/app-release.apk>.

La versión actual de la aplicación ofrece la posibilidad de funcionar en modo sin conexión (offline) una vez que se han instalado los componentes necesarios en una computadora de escritorio o laptop. Es importante mencionar que, al momento de redactar este documento, el servidor donde se aloja la aplicación es gratuito y podría experimentar fallos. En caso de que esto ocurra, se puede solicitar el programa utilizando el correo electrónico del autor de correspondencia.

CONCLUSIONES

La combinación de los métodos de mínimos cuadrados y regresión no lineal de cuantiles implementados en la construcción de la aplicación mejora la predicción de variables de interés en el ámbito forestal. Al construir la primera versión de la aplicación, se usaron datos de *Pinus patula*, sin



embargo, el resultado devuelto puede sugerir el volumen aproximado de cualquier especie de pino. Naturalmente, habría una mayor aproximación al volumen real para *Pinus patula*. En la siguiente versión de esta aplicación se espera incluir más especies y un modelo capaz de hacer predicciones usando como predictor el diámetro normal sin comprometer la precisión. Precisión y ventajas: (a) Minimización del error de predicción: A diferencia del enfoque convencional, donde el cálculo del volumen se hace usando los mismos parámetros independiente de la dimensión del arbolado, en esta aplicación la predicción se realiza según la clase diamétrica del árbol, lo que reduce significativamente el error de predicción. (b) Reducción del efecto de datos atípicos: Al segmentar la distribución diamétrica, se reduce o anula el efecto de datos atípicos y no afectan de manera significativa a la predicción global. (c) Minimización del efecto Leverage: El método también minimiza o anula el efecto Leverage, que es la influencia que pueden tener puntos individuales en la regresión, al distribuir los árboles en diferentes clases diamétricas. (d) Ventajas de QR. La regresión de cuantiles no requiere del cumplimiento de los supuestos de la regresión.

REFERENCIAS

- Antúñez, P., Wehenkel, C., Basave-Villalobos, E., Calixto-Valencia, C.G., Valenzuela-Encinas C., Ruiz-Aquino F. & Sarmiento-Bustos D. (2024) Predictive modeling of volume and biomass in *Pinus pseudostrobus* using machine learning and allometric approaches. *In print*.
- Antúñez, P., Wehenkel, C., Hernández-Díaz, J. C. & Garza-López, M. (2023). Quantile regression as a complementary tool for modelling biological data with high variability. *Journal of Tropical Forest Science*, 35(2), 130-140.
- Bornand, A., Rehush, N., Morsdorf, F., Thürig, E., & Abegg, M. (2023). Individual tree volume estimation with terrestrial laser scanning: Evaluating reconstructive and allometric approaches. *Agricultural And Forest Meteorology*, 341, 109654. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2023.109654>
- Chave, J., Réjou-Méchain, M., Búrquez, A., Chidumayo, E., Colgan, M. S., Delitti, W. B., Duque, A., Eid, T., Fearnside, P. M., Goodman, R. C., Henry, M., Martínez-Yrizar et al. (2014). Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees. *Global Change Biology*, 20(10), 3177-3190. <https://doi.org/10.1111/gcb.12629>
- Cook, R. D., and Weisberg, S. (1983). Diagnostics for heteroscedasticity in regression. *Biometrika*, 70(1), 1-10. <https://doi.org/10.1093/biomet/70.1.303>
- Gschwantner, T., Alberdi, I., Bauwens, S., Bender, S., Borota, D., Bosela, M., Bouriaud, O., Breidenbach, J., Donis, J., Fischer, C., Gasparini et al. (2021). Growing stock monitoring by European National Forest Inventories: Historical origins, current methods and harmonisation. *Forest Ecology and Management*, 505, 119868. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119868>
- Muller, H., & Stadtmuller, U. (1987). Estimation of Heteroscedasticity in Regression Analysis. *The Annals of Statistics*, 15(2). <https://doi.org/10.1214/aos/1176350364>
- Prodan M, Peters R., Cox F., and Real P. (1997). *Mensura forestal. Serie de Investigación y Evaluación en Desarrollo Sostenible*. San José, Costa Rica. IICA, GTZ. 561 p.
- Rustagi, K. P., & Loveless, R. S. (1991). Improved cubic volume prediction using a new measure of form factor. *Forest Ecology and Management*, 40(1-2), 1-11.



[https://doi.org/10.1016/0378-1127\(91\)90087-c](https://doi.org/10.1016/0378-1127(91)90087-c)

Schumacher, F.X. (1933). Logarithmic expression of timber-tree volume. *Journal of Agricultural Research*, 47(9), 719-734.
<https://ci.nii.ac.jp/naid/10029733560/>

Vargas-Larreta, B., Corral-Rivas, J. J., Aguirre-Calderón, O. A., López-Martínez, J. O., De los Santos-Posadas, H. M., Zamudio-Sánchez, F. J., Treviño-Garza, E. J., Martínez-Salvador, M., & Aguirre-Calderón, C. G. (2017). SiBiFor: Sistema Biométrico Forestal para el manejo de

los bosques de México. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 23(3), 437-455.

<https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2017.06.040>

West, P. W. (2004) *Tree and forest measurements*. Springer-Verlag. Berlin, Germany. 167 p

<https://doi.org/10.1007/978-3-662-05436-9>



APLICACIÓN MÓVIL PARA EL SEGUIMIENTO DE ENTREGAS DE PRODUCTOS PREFABRICADOS POR HERROZINC

MOBILE APPLICATION FOR TRACKING DELIVERY OF PREFABRICATED PRODUCTS BY HERROZINC

Esperanza Belen Mesinas Santiago, Ambrosio Cardoso Jiménez[§], Rubén César Reyes Juárez, Hiber Yair
Ambrosio López

*Tecnológico Nacional de México, Campus Valle de Oaxaca (ITVO). Ex hacienda de Nazareno, Xoxocotlán,
Oaxaca, México. C.P. 71233. §Autor de correspondencia: (ambrosio.cj@voaxaca.tecnm.mx).*

RESUMEN

El proyecto busca solucionar los problemas de Herrozinc Prefabricados en Oaxaca, causados por la transcripción manual de números de lote, lo que ha generado errores y afectado la eficiencia de las operaciones de la empresa. La propuesta consiste en desarrollar una aplicación móvil que optimice la captura de datos y mejore la gestión del inventario, eliminando los errores de transcripción. La solución incluye una interfaz intuitiva y el uso de Firebird 2.5 para gestionar la base de datos, integrándola con el sistema Invewin (solución integral de administración empresarial). Además, incorpora *OCR* (reconocimiento óptico de caracteres) para identificar productos de manera precisa, mejorando la eficiencia del registro de entregas. La aplicación también automatiza la generación de archivos PDF y actualiza las listas de productos en tiempo real, ahorrando tiempo y recursos. Como resultado, se han reducido los errores y los retrasos en la facturación, facilitando el trabajo en las maniobras y entregas a través de la aplicación móvil.

Palabras clave: optimizar captura de datos, reconocimiento óptico de caracteres, registros, scrum.

ABSTRACT

The project aims to address the issues faced by Herrozinc Prefabricados in Oaxaca, caused by the manual transcription of product batch numbers, which has led to errors and affected the efficiency of the company's operations. The proposal involves developing a mobile application to optimize data capture and improve inventory management, eliminating transcription errors. The solution includes an intuitive interface and the use of Firebird 2.5 to manage the database, integrating it with the Invewin system (a comprehensive business management solution). Additionally, it incorporates *OCR* (optical character recognition) to accurately identify products, improving the efficiency of delivery records. The application also automates the generation of PDF files and updates product lists in real time, saving time and resources. As a result, errors and delays in invoicing have been reduced, facilitating work in handling and deliveries through the mobile application.

Index words: delivery tracking, optimize data capture, optical character recognition, records, scrum.



INTRODUCCIÓN

Según Tomar (2016), en la era actual, el desarrollo de aplicaciones móviles ha experimentado un auge significativo, impulsado por los avances tecnológicos y la proliferación de dispositivos que han transformado la manera en que las personas realizan sus actividades, tanto en el ámbito laboral como en el entretenimiento. En este contexto, optimizar procesos mediante soluciones tecnológicas se ha vuelto esencial para agilizar tareas y reducir errores. Por otra parte, Bhav y Kulkarni (2020) analizan el impacto que el desarrollo de aplicaciones móviles tiene en el ámbito empresarial.

Herrozinc Prefabricados enfrenta un desafío crítico en sus operaciones: el proceso manual de transcripción de números de lote para sus productos ha generado una alta tasa de errores, afectando la eficiencia y precisión en la gestión de datos. Estos errores ralentizan la actualización de la base de datos utilizada por varias áreas de la empresa, lo que impacta negativamente la gestión del inventario y el control de productos vendidos y en existencia. Además, la corrección constante de errores en la captura de datos ha demostrado ser ineficiente, afectando negativamente la precisión y confiabilidad de los registros.

En este trabajo se propone desarrollar una aplicación móvil que ofrezca una solución integral a estos desafíos. La aplicación está diseñada para optimizar los procesos de registro y gestión de datos en Herrozinc Prefabricados, mejorando la precisión y eficiencia en el seguimiento de productos, y eliminando los problemas derivados de la transcripción manual a través de OCR (IBM, n.d.).

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el desarrollo del proyecto siguiendo los principios de la Guía de Scrum (Schwaber &

Sutherland, 2020). Esta metodología se basa en la idea de dividir un proyecto en ciclos cortos e iterativos llamados sprints, que suelen durar entre 1 y 4 semanas. Scrum se enfoca en la entrega continua de incrementos funcionales del producto a lo largo de cada sprint, lo que permite adaptarse rápidamente a los cambios y mejorar la calidad del producto final.

Para lograr un producto de alta calidad se asignaron los roles de la siguiente manera: scrum master a Ambrosio Cardoso Jiménez cuya función principal fue la de coordinar y facilitar el proceso de desarrollo del proyecto, product owner a la Lic. Celina Rosales Sánchez quién representó el interés de la empresa su principal responsabilidad fue maximizar el valor del producto que se desarrolló y finalmente el rol developer a Esperanza Belen Mesinas Santiago quien programó cada una de las funciones de la aplicación móvil.

Planificación

Se revisó la estructura organizacional y la identificación de los niveles operativos del sistema. También se especificaron los procesos que tienen lugar cuando se llevan a cabo las órdenes de entrega, esto implica la captura de datos correspondientes. Respondiendo a las siguientes preguntas: ¿cómo se asignan?, ¿cuándo ocurren?, ¿cuándo terminan?, ¿qué se está haciendo? ¿y cuál es la estructura de cada tipo de datos existente?, ¿qué proceso sigue el agente encargado luego de que el agente en maniobras finaliza la entrega y cómo afecta el proceso al área?; todo lo anterior fue explicado por el product owner.

Durante el proceso de determinación de los requisitos funcionales se detectaron los siguientes roles que existen en el sistema de base de datos de la empresa: agente encargado: supervisa las maniobras del almacén al entregar a clientes o fletes, es también el encargado de capturar los datos correspondientes dentro del sistema, la



visualización y búsqueda de cualquier producto evaluando las entregas realizadas. Agente maniobras: encargado de llevar los registros de productos existentes y por entregar dependiendo del producto, también es encargado de supervisar que los productos se entreguen en buenas condiciones al cliente correspondiente. Administrador de sistema: es el encargado de dar de alta nuevo material y autoriza permisos para las nuevas series que se ingresan al sistema de los productos correspondientes, también revisa los productos que se registran en ventas y de los que realmente se entregan físicamente. Administradores de ventas: son encargados de recabar los datos del cliente al hacer una compra, donde se toma nota del nombre completo, domicilio, número telefónico y el producto que requiere con las cantidades correspondientes, estos crean la salida para poder ser entregadas.

Desarrollo

En esta fase se realizaron tres sprints, con la participación activa del product owner, el scrum master y el developer. En el sprint I se trabajó con el diseño del módulo de conexión a la base de datos existente y las consultas para validación de datos; para ello se usó Android Studio como entorno de desarrollo de interfaces (**Figura I**).

En el sprint 2 se avanzó con el diseño preliminar de la interfaz usando para ello jetpack compose con material design 3. Jetpack Compose “es un kit de herramientas moderno diseñado para simplificar el desarrollo de interfaces de usuario. Combina un modelo de programación reactivo con la concisión y facilidad de uso del lenguaje de programación Kotlin” (Android Developers, n.d.). Por otra parte, Material Design es un sistema adaptable de pautas, componentes y herramientas que respaldan las mejores prácticas de diseño de interfaces de usuario (Material Design, n.d.). El resultado de este sprint son las siguientes interfaces (**Figura 2 a y b**).

```
public class ConnectionHelper { no usages
    public static Connection getConnection() {
        String host = "$host";
        String port = "3058";
        String Classes ="org.firebirdsql.jdbc.FBDriver";
        String database = "/db/HERRAZINC.FDB";
        String username = "*****";
        String password = "*****";
        String url= "jdbc:firebirdsql://" + host + ":" + port + "/" + database;
        Connection connection = null;

        StrictMode.ThreadPolicy policy = new StrictMode.ThreadPolicy.Builder().permitAll().build();
        StrictMode.setThreadPolicy(policy);
        try {
            Class.forName(Classes);
            connection = (Connection) DriverManager.getConnection(url, username, password);
        } catch (ClassNotFoundException e) {
            e.printStackTrace();
        } catch (SQLException e) {
            e.printStackTrace();
        }
        return connection;
    }
}
```

Figura I. Clase para la conexión a la base de datos.

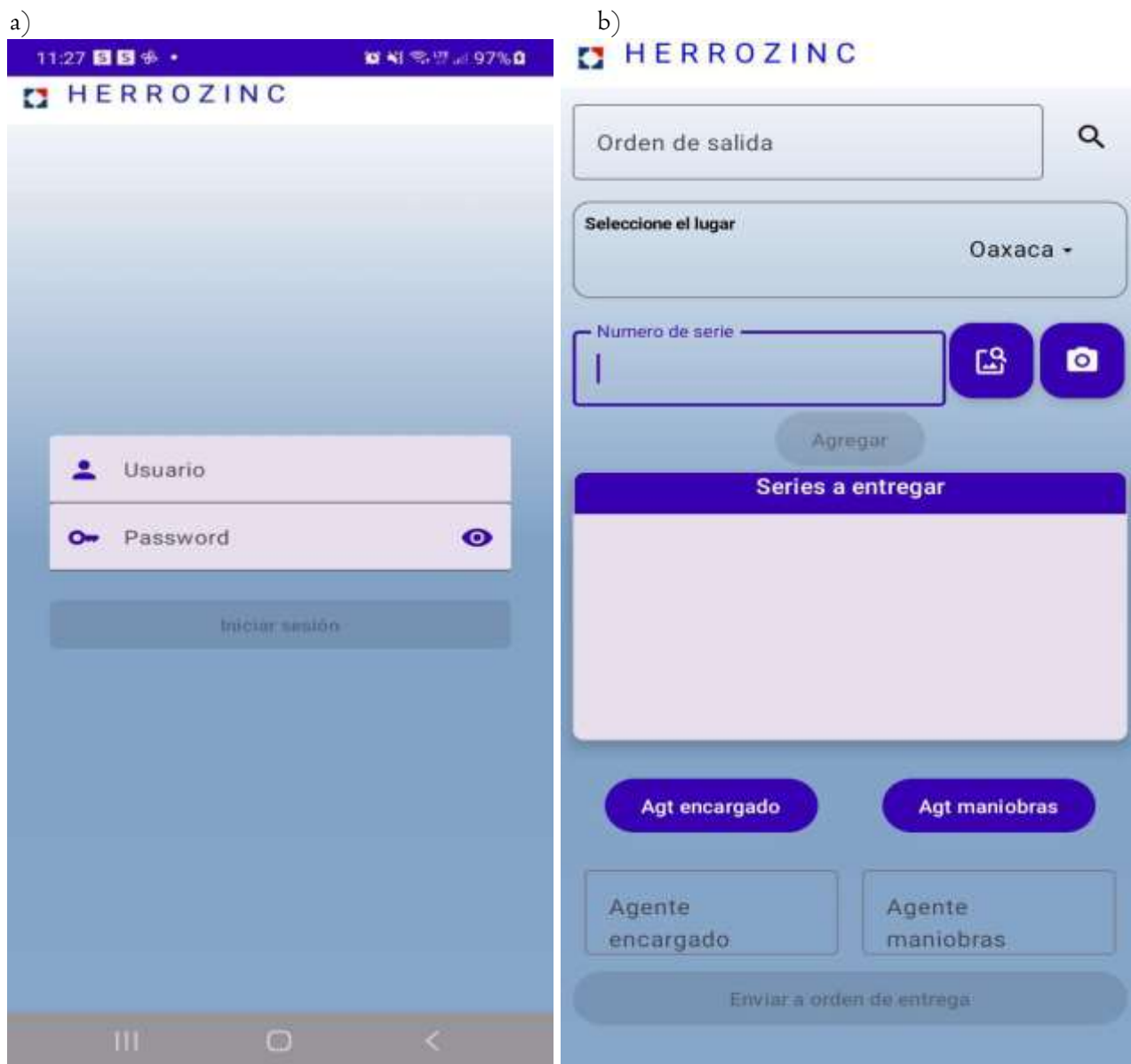


Figura 2. Autenticación (a) y orden de salida (b).

En la **Figura 2 (a)** el usuario debe proporcionar su correo y la contraseña, con ello la aplicación le permitirá realizar las operaciones a la que está autorizada, en la **Figura 2 (b)** se presenta la interface para la orden de salida de los productos ahí mismo se puede tomar la imagen a través del botón que tiene asociado el ícono de la cámara y

se presenta la vista previa como se muestra en la **Figura 3 (a)**. Para el reconocimiento óptico de caracteres se usó la librería play-services-mlkit-text-recognition versión 19.0.0, un producto de uso libre desarrollado por google; finalmente se valida el cliente a quién se le hará la entrega del producto como aparece en la **Figura 3 (b)**.

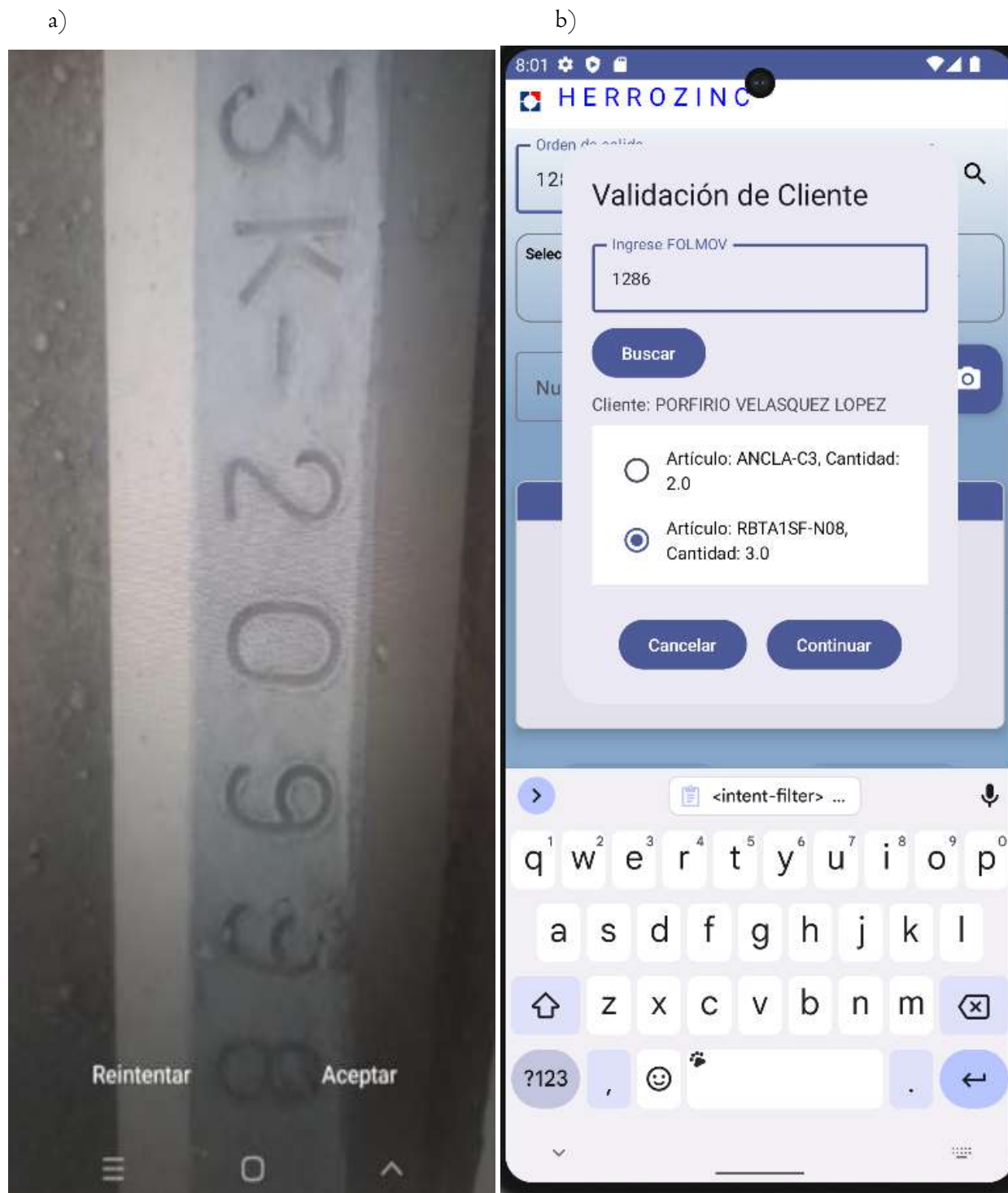


Figura 3. Capturador de caracteres (a) y validación del cliente (b).



En el sprint 3 “Las pruebas de software permiten controlar la calidad y funcionalidad de cualquier producto que se desarrolle; son la mejor garantía de que éste no presenta fallos y se comporta adecuadamente” (UNIR México, n.d.). Existen diferentes tipos de pruebas de software. Cada una tiene sus propias particularidades y, por lo tanto, aplicaciones distintas dependiendo de cuál sea el objetivo. Por un lado, están las pruebas unitarias cuya finalidad es probar cada una de las funciones de forma individual, en este caso en los sprints anteriores se llevaron a cabo estas pruebas de forma implícita.

En esta fase las pruebas se centraron en la funcionalidad, integración, aceptación y rendimiento. Con la prueba de funcionalidad se comprobó las funciones de la app para establecer la usabilidad y las características definidas en los requisitos; en la integración se comprobó la interoperabilidad con la base de datos preexistente en la empresa y la integración entre los módulos de la misma app y finalmente en la prueba de rendimiento se trata de evaluar el tiempo de respuesta ante cargas de trabajo diferentes y en condiciones reales en este caso se distribuyó la aplicación a los trabajadores involucrados en el proceso, todos ellos contaban con Sistema operativo Android mínimo de la versión 9. Si hicieron las correcciones y adecuaciones pertinentes quedando la aplicación lista para su uso en producción.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El resultado obtenido es una aplicación móvil que permite el reconocimiento automático de caracteres usando la cámara de la aplicación o seleccionando una imagen desde la galería como se muestra en la **Figura 4**. Los caracteres reconocidos son buscados de inmediato en la base de datos; si el producto existe, se agrega a la lista de productos

a entregar. En caso de que no se encuentre el producto, se muestra un mensaje indicando que el producto es inexistente, o bien, un aviso si el producto ya ha sido entregado previamente.

Existen trabajos similares, como Simple OCR Implementation on Android with Google's ML Kit (Gawron, 2018), donde el autor concluye lo siguiente: “When using an on-device version, detection is limited to the Latin-based languages. Scanned images must have a decent resolution to get good results. Detector doesn't recognize some of the letters or confuses them. Also, there are some problems with the text written vertically. To get better results, cloud version, other specialized OCR software or custom Tensorflow model are required”. Esta conclusión hace alusión a una versión anterior de la librería. Sin embargo, esta librería ha mejorado en sus versiones sucesivas en este trabajo se implementó la versión 19.0.0. Otro trabajo relacionado a este tema es “Using Google MLKit Text Recognition to Scan Tabular Data” (Mossakowski, 2023), en ello se aborda el reconocimiento de datos tabulares y para tener mayor precisión el autor propone una serie de códigos adicionales para hacer más eficiente el reconocimiento de esos datos mediante técnicas de identificación de cuadros y ordenarlos correctamente.

Finalmente, otro artículo en donde se demuestra la recuperación de caracteres a través de la misma biblioteca, pero tomando los datos directamente desde la cámara es “Recognize, Identify Language and Translate text with ML Kit and CameraX: Android” (Google, 2024). Es importante recalcar que la OCR es una técnica de reconocimiento de imágenes, que involucran técnicas como lo son la binarización, segmentación, normalización, esqueletización y proyecciones (Medina-Ángel, 2018) y según los autores resultan más eficientes



que las técnicas de redes neuronales que han sido estudiados también por (Cuevas, 2012) y la correlación entre objetos.

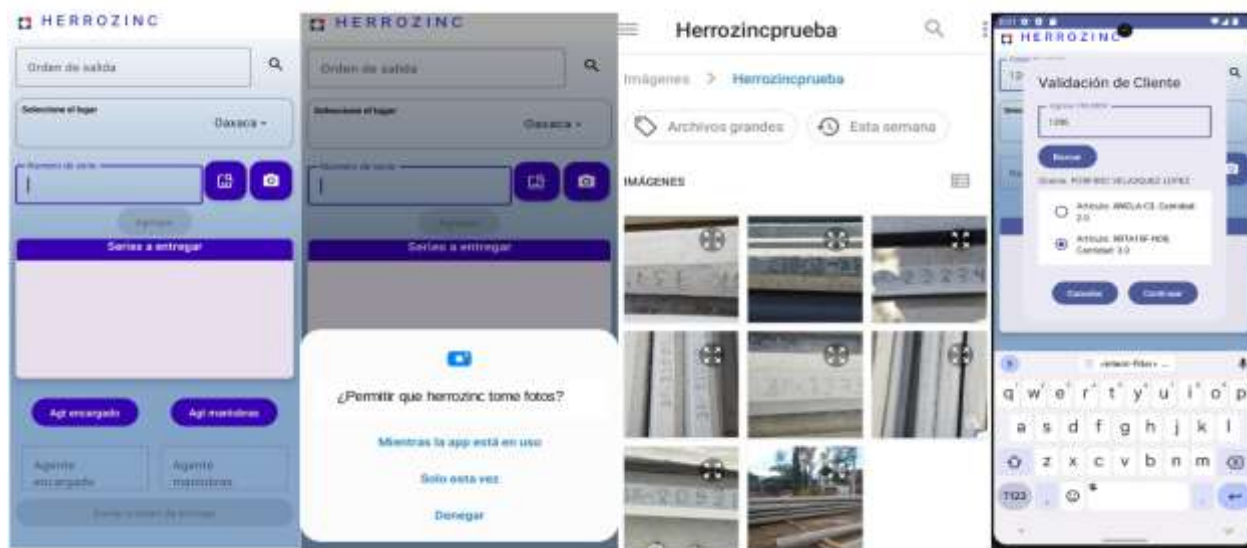


Figura 4. Pantallas de la aplicación móvil con reconocimiento óptico de caracteres.

CONCLUSIONES

La aplicación móvil con reconocimiento óptico de caracteres (OCR) optimiza la recuperación de los números de lote de los productos prefabricados de **Herrozinc**. Esta funcionalidad permite a los usuarios acceder a la información desde la cámara del dispositivo o desde la galería de imágenes. Además, la aplicación contribuye a agilizar los procesos de búsqueda, registro y entrega de productos. Esto resulta en beneficios significativos para los encargados de las maniobras, ya que les facilita el registro de entrega de los productos. A su vez, la empresa en su conjunto se ve favorecida, ya que se solucionan los atrasos en la facturación y las validaciones de entrega en diversas áreas.

REFERENCIAS

- Android Developers. (n.d.). *Jetpack Compose Basics*. Google.
<https://developer.android.com/codelabs/jetpack-compose-basics?hl=es-419#0>
- Bhave, K., & Kulkarni, A. (2020). The impact of mobile application development on business. *International Journal of Information Management*, 52, 102054.
- Cuevas Q., F. (2012). Reconocimiento de caracteres con redes neuronales. *Revista Investigación y Tecnología*, 1, 1-12.
- Gawron, L. (2018). *Simple OCR implementation on Android with Google's ML Kit*.
<https://tsh.io/blog/simple-ocr-implementation-on-android-with-googles-ml-kit/>
- Google. (2024). *ML Kit: Analyze Images with CameraX*.



<https://developer.android.com/codelabs/mlkit-android-translate#7>

IBM. (n.d.). *Optical character recognition*. IBM Think. <https://www.ibm.com/mx-es/think/topics/optical-character-recognition>

Material Design. (n.d.). *Material Design*. Google. <https://m3.material.io/>

Medina-Ángel, G., Calderón Segura, Y. Y., & Burlak, G. (2018). Reconocimiento de caracteres mediante OCR (Optical Character Recognition). *Programación Matemática y Software, 10*(1), 44-56.

Mossakowski, D. (2023). Using Google MLKit text recognition to scan tabular data. HackerNoon.

<https://hackernoon.com/using-google-mlkit-text-recognition-to-scan-tabular-data>

Tomar, S. (2016). *Mobile Application Development: All The Basics You Need To Know*. CreateSpace Independent Publishing Platform

Schwaber, K., & Sutherland, J. (2020). Guía de Scrum: *La guía definitiva para Scrum: Las reglas del juego*. Scrum.org. <https://scrumguides.org/docs/scrumguide/v2020/2020-Scrum-Guide-Spanish-European.pdf>

UNIR México. (n.d.). *Pruebas de software: en qué consisten, tipos y fases*. <https://mexico.unir.net/noticias/ingenieria/pruebas-software/>



DIRECTORIO

Maestro Ramón Jiménez López- Director General, Tecnológico Nacional de México (TecNM)

Dr. Jesús Olayo Lortía- Responsable del Despacho de los Asuntos, Competencia de la Dirección de
Posgrado, Investigación e Innovación (TecNM)

Dra. Marisa Guadalupe Flores Aguilar- Directora (ITVO)

Dr. José Raymundo Enríquez del Valle - Subdirección Académica (ITVO), (jose.ev@voaxaca.tecnm.mx)
- Editor Asociado Revista Institucional

Dr. Yuri Villegas Aparicio-Jefe de la DEPI-ITVO, (yuri.va@voaxaca.tecnm.mx) - Editor Asociado
Revista Institucional

Dr. Gerardo Rodríguez Ortiz (gerardo.ro@voaxaca.tecnm.mx) - Editor en jefe Revista Institucional
DEPI-ITVO

MC. Arely Concepción Ramírez Aragón (arely.ra@voaxaca.tecnm.mx)/MC, Alfonso Aurelio Bautista
Avendaño (alfonso.ba@voaxaca.tecnm.mx) - coordinación de soporte Revista Institucional DEPI-ITVO

Mayores informes:

Revista Mexicana de Agroecosistemas

Domicilio conocido

Ex-hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca, México

C. P. 71233

Tel. y Fax: 01(951) 5170444, 5170788

Correo: rmae@voaxaca.tecnm.mx, rmae.itvo@gmail.com

<https://revistaremaeitvo.mx/index.php/remae/index>

