CIIDIR OAXACA

2024
ISSN 2594-0171
VOL. 8, NO. 8

42 ANIVERSARIO CIIDIR OAXACA

REVISTA
CONTRIBUCIÓN AL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO EN OAXACA

CCCTO

PERSPECTIVAS CIENTÍFICAS Y PROGRESOS MULTIDISCIPLINARIOS EN AGRICULTURA, BIODIVERSIDAD Y RECURSOS NATURALES

Educación
Secretaría de Educación Pública

Instituto Politécnico Nacional
"La Técnica al Servicio de la Patria"

Instituto Politécnico Nacional
Unidad Profesional "Adolfo López Mateos"
Zacatenco, Alcaldía Gustavo A. Madero
C.P. 07738, Ciudad de México

2024
Contribución al Conocimiento Científico y Tecnológico en Oaxaca
Vol. 8, No. 8

Perspectivas Científicas y Progresos Multidisciplinarios en Agricultura, Biodiversidad y Recursos Naturales

Editores
Carlos Granados-Echegoyen
Gustavo Hinojosa-Arango

DIRECTORIO

Dr. Baldomero H. Zárate-Nicolás
Director CIIDIR Unidad Oaxaca

Dr. Gustavo Hinojosa-Arango
Subdirector Académico y de Investigación

Ing. Ángel Rosales-Torres
Subdirector de Servicios Educativos e Integración Social

Ing. Vicente de Jesús Ríos-Olivera
Subdirector Administrativo

Ing. Dulce María del Rosario Montaño-Hernández
Jefa del Departamento de Investigación

M. en C. María Yescas-León
Jefa del Departamento de Posgrado

Lic. Alberto de los Santos-Pérez
Jefe del Departamento de Servicios Educativos

Jefe de la Unidad Politécnica de Integración Social

C.P. Miriam Camila García-Prado
Jefa del Departamento de Capital Humano y Recursos Financieros

Ing. Víctor Luis González-Velasco
Jefe del Departamento de Recursos Materiales y Servicios

M. en C. Gabriel Isaías Cruz-Ruiz
Coordinador de Enlace y Gestión Técnica

L.I. Justo César Marcial-Aguilera
Jefe de la Unidad de Informática

Árbitros
Vol. 8, No. 8 CCCTO 2024

INSTITUCIONALES

Dr. Abimael López-Pérez - ablopezp@ipn.mx

M. en C. Aida Rubí Cruz-Luna - acruzl1600@alumno.ipn.mx

Dr. Andrea Selene López-Díaz - alopezd@ipn.mx

Dr. Ángel Saul Cruz-Ramírez - acruzr2000@alumno.ipn.mx

Dra. Beatriz Quiroz-González - bquirozg@ipn.mx

Dr. Dulce Itandehui Hernández-Aguilar - dhernandezag@ipn.mx

Biol. Eben Ezer Hu-Villamil - ehuv2400@alumno.ipn.mx

Dr. Fidel Diego-Nava – fdiego@ipn.mx

M. en C. Sergio Fabricio Cauich-Castillo - scahuichc2200@alumno.ipn.mx

M. en C. Gabriel Isaías Cruz-Ruiz - gicruzr@ipn.mx

Dra. Irene Chaparro-Hernández - ichaparroh1500@alumno.ipn.mx

M. en C. Israel Dionicio Y De Jesús - idionicioy2400@alumno.ipn.mx

Dra. Johanna Camila Gijsbers Alejandre - jgijsbersa2300@alumno.ipn.mx

M. en C. José Navarro Antonio - jnavarroa@ipn.mx

Dr. Josué Barragán Iglesias - jbarragani@ipn.mx

Dra. Juana Yolanda López Cruz - jylopez@ipn.mx

Dra. Laura Lourdes Gómez Hernández - lagomezh@ipn.mx

Dr. Oscar Tonathiu Antonio Gutiérrez - oantoniog@ipn.mx

Dr. Pastor Teodoro Matadamas Ortiz - pmatadamaso@ipn.mx

Dr. Salvador Isidro Belmonte Jiménez - jimenez@ipn.mx

Dra. Sunem Pascual Mendoza - sunempascual@gmail.com

NACIONALES

Dr. Alfonso Luna-Cruz. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH), Michoacán de Ocampo, México. alfonso.luna@umich.mx

M. en C. Carlos Fernández-Ríos. Universidad Tecnológica de los Valles Centrales de Oaxaca UTVCO, Oaxaca, México. cfernandezrios1@gmail.com

Dra. Esperanza Loera-Alvarado. Universidad Autónoma Chapingo, Morelia, Michoacán de Ocampo, México. esperanza.loera@umich.mx

Dra. Evert Villanueva Sánchez. Universidad Autónoma Chapingo, México. evillanueva1206@gmail.com

Dra. Florinda García-Pérez. Universidad NovaUniversitas, Sistema de Universidades Estatales de Oaxaca (SUNEO), Oaxaca, México. jafvavadoga@hotmail.com

Dr. Fulgencio Alatorre-Cobos. SECIHTI-Centro de investigación Científica de Yucatán A. C., Unidad de Bioquímica y Biología Molecular de Plantas, Yucatán, México. fulgencio.alatorre@cicy.mx

Dr. Gregorio Hernández-Salinas. Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico Superior de Zongolica, Departamento de Ingeniería en Innovación Agrícola Sustentable, Veracruz, México. gregorio_18_18@live.com.mx

M. en C. Jesús Alberto Camacho-Montoya. Universidad Tecnológica de la Sierra Sur de Oaxaca, Departamento de Manejo de Recursos Naturales, Oaxaca, México. alberto.camacho.1848@outlook.com

Dr. Juan Carlos Camacho-Chab. Universidad Autónoma de Campeche (UACAM), Centro de Investigación en Microbiología Ambiental y Biotecnología (CIMAB). Campeche, México. juanccam@uacam.mx

Dra. María J. García-Ramírez. Universidad Autónoma de Campeche, Facultad de Ciencias Agropecuarias Campus Escarcega, Campeche, México. mjgarcia@uacam.mx

Dr. Mario Miranda-Salcedo. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Michoacán de Ocampo, México. mmiranda8@hotmail.com

Dr. Salvador Ordaz-Silva. Universidad Autónoma de Baja California, Facultad de Ingeniería y Negocios San Quintín, Baja California, México. salvador.ordaz.silva@uabc.edu.mx

Dra. Yolanda Rodríguez-Pagaza. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), Departamento de Parasitología, Coahuila, México. ypagaza@hotmail.com

EXTRANJERO

Dr. Gonzalo Ivan Silva Aguayo. Universidad de Concepción, Facultad de Agronomía, Departamento de Producción Vegetal, Chile. gosilva@udec.cl

Dr. Joaquín Castro Montoya. Universidad de El Salvador, Instituto de Ciencias Agroalimentarias y Ambientales, San Salvador, El Salvador.

Dra. Leidy Julieth Salamanca-Canizales. Unidad Central del Valle del Cauca (UCEVA), Valle de Cauca, Colombia. ljsalamancac@unal.edu.co

Dra. Maureen Isabel Leyva-Silva. Instituto de Medicina Tropical Pedro Kouri, Departamento de Control de Vectores, La Habana, Cuba. maureen@ipk.sld.cu

M. en C. Oswaldo Rene Rodríguez-Flores. Universidad Nacional Agraria, Departamento de Protección Agrícola y Forestal, Laboratorio de Entomología Agrícola, Managua, Nicaragua. oroflores@yahoo.com

Comité Editorial

Editores en Jefes

Carlos Granados-Echegoyen
SECIHTI- Instituto Politécnico Nacional, Bioplanta – Unidad de Investigación y Colaboración para Bioensayos Entomológicos, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca (CIIDIR), Oaxaca, México. cgranadose@ipn.mx

Gustavo Hinojosa-Arango
SECIHTI- Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca (CIIDIR), Oaxaca, México. ghinojosa@ipn.mx

Editores Asociados

Dr. Demián Hinojosa-Garro. Universidad Autónoma de Campeche (UACAM), Laboratorio de Monitoreo Ambiental y Ecología Acuática, Centro de Estudios en Desarrollo Sustentable y Aprovechamiento de la Vida Silvestre (CEDESU), Campeche, México. dhinojos@uacam.mx

Dra. Nancy Alonso-Hernández. Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca (CIIDIR), Oaxaca, México. alonsoh_nancy@hotmail.com

Dr. Rafael Pérez-Pacheco. Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca (CIIDIR), Oaxaca, México. rperezp@ipn.mx

Dra. Yolanda Donají Ortiz-Hernández. Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca (CIIDIR), Oaxaca, México. yortiz@ipn.mx

Dr. Baldomero H. Zárate-Nicolás. Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca (CIIDIR), Oaxaca, México. bzarate@ipn.mx

Responsables de la Edición

Ing. Dulce María del Rosario Montaño Hernández
L. en E. Paulo Nava Arellanes

La Revista Contribución al Conocimiento Científico y Tecnológico en Oaxaca CCCTO, es una publicación del Instituto Politécnico Nacional (IPN) a través del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Oaxaca (CIDIR Unidad Oaxaca), Hornos No. 1003, Col. Noche Buena, Santa Cruz Xoxocotlán C.P. 71230. Oaxaca, México.
Teléfono: (951) 517 0610 Ext. 82769
ccctociidiroaxaca@ipn.mx • https://web.ciidiroaxaca.ipn.mx/cccto/

ISSN: 2594-0171
Hecho en México

Contribución al Conocimiento Científico y Tecnológico en Oaxaca CCCTO es el instrumento de comunicación científica del CIIDIR Unidad Oaxaca dependencia del Instituto Politécnico Nacional. Los artículos originales, revisiones y notas que se publican en la revista son sometidos a un proceso de revisión en el que intervienen al menos dos evaluadores especializados de instituciones de diversos países.

Los volúmenes publicados están disponibles en acceso abierto en:
https://web.ciidiroaxaca.ipn.mx/cccto/?q=numeros-publicados
La reproducción por cualquier medio de los textos publicados en esta revista podrá hacerse siempre y cuando se cite la fuente, incluyendo el nombre del autor, el nombre y número de la revista, y la dirección electrónica de la misma. Asimismo, los contenidos se pueden copiar, distribuir, mostrar y utilizar para cualquier propósito que no sea comercial sin previa autorización del Instituto Politécnico. Nacional. Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación Para más información escribir a:
ccctociidiroaxaca@ipn.mx • investigacionoaxaca@ipn.mx

Editores en Jefe:
Carlos Granados-Echegoyen / cgranadose@ipn.mx
Gustavo Hinojosa-Arango / ghinojosa@ipn.mx
Edición y Estilo: Nancy Alonso-Hernández / alonsoh_nancy@hotmail.com
Coordinación Editorial: Yolanda Rodríguez Pagaza, Alfonso Luna Cruz, Esperanza Loera Alvarado.

Para la conformación de este ejemplar se contó con la participación de profesores, investigadores, técnicos, estudiantes y profesionistas de diversas instituciones, quienes nos brindan una parte del quehacer científico que desempeñan en las diversas regiones de México y el mundo.

Contribución al Conocimiento Científico y Tecnológico en Oaxaca, Año 8, Vol. 8, Núm. 8, diciembre 2024, es una publicación anual editada por el Instituto Politécnico Nacional, a través del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional CIIDIR – Unidad Oaxaca. Calle Hornos No. 1003, Col. Noche Buena, Municipio de Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca. México, C.P. 71230. Teléfonos: 951 517 06 10, ext. 82769, http://www.ciidiroaxaca.ipn.mx/cccto/, Editor responsable: Dr. Carlos Granados-Echegoyen. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2017-060817174800–203. ISSN: 2594-0171, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este Número, Unidad de Informática del CIIDIR – UNIDAD OAXACA del IPN: L.I. Justo César Marcial Aguilera. Fecha de la última modificación, 31 diciembre de 2024. Tiraje: 100 ejemplares.

PRESENTACIÓN

La revista Contribución al Conocimiento Científico y Tecnológico en Oaxaca nace con el firme propósito de compartir y difundir avances científicos y tecnológicos que no solo enriquecen la región oaxaqueña, sino que abren puertas a la solución de problemas globales, generando estrategias viables para el bienestar social y el respeto al medio ambiente. En este número, la temática central, “Perspectivas Científicas y Progresos Multidisciplinarios en Agricultura, Biodiversidad y Recursos Naturales”, reúne un conjunto de investigaciones y proyectos que, destacan el esfuerzo colectivo de la comunidad científica en busca de soluciones a problemas apremiantes en el ámbito agropecuario, la conservación de la biodiversidad y la gestión sostenible de nuestros recursos naturales.

El conocimiento es un recurso invaluable, no solo porque fortalece a las instituciones y a los individuos que lo generan, sino porque su verdadero valor radica en su capacidad de ser compartido y aplicado para el bien común. En un mundo interconectado como el de hoy, la ciencia y la tecnología deben trascender las fronteras académicas y convertirse en herramientas accesibles para toda la sociedad. Este número de la revista tiene como propósito principal poner al alcance de los lectores un conjunto de investigaciones que poseen un potencial de aplicación en las diversas regiones de Mexico y el mundo.

El enfoque multidisciplinario y la colaboración entre diferentes campos del saber científico son elementos clave para abordar de manera efectiva los grandes retos del presente, tales como el cambio climático, la pérdida de biodiversidad y la seguridad alimentaria. Este número reúne estudios sobre la producción y protección vegetal y animal, la gestión sostenible del agua, el análisis de la economía circular y la inclusión social, así como la implementación de prácticas agrícolas que promuevan un desarrollo sostenible. A través de estos estudios, se demuestra que la ciencia puede ser una fuente invaluable de soluciones concretas que mejoren la calidad de vida de las comunidades, respeten el medio ambiente y generen una economía que fomente el bienestar común.

Es esencial, sin embargo, que estos conocimientos no se queden en el ámbito académico, sino que sean accesibles a todos los sectores de la sociedad. En este sentido, la labor de la academia se convierte en un eje fundamental para la formación de recursos humanos altamente capacitados, comprometidos con la solución de problemas locales y globales. La generación de conocimiento debe ser acompañada de un compromiso ético que garantice que sus beneficios sean compartidos equitativamente, sin discriminación alguna, y con una perspectiva de género que favorezca la inclusión de todas las voces en los procesos de innovación y toma de decisiones.

La formación de una comunidad científica diversa y colaborativa es vital para el progreso social. Los científicos no solo deben ser expertos en sus campos, sino también agentes de cambio que promuevan la justicia social, el respeto mutuo y la ética profesional. Este enfoque ético y responsable es congruente con la misión del Instituto Politécnico Nacional (IPN), que, bajo el lema "La Técnica al Servicio de la Patria", se dedica a formar profesionales que no solo se distingan por su alta capacidad técnica, sino también por su compromiso con la sociedad y su responsabilidad con el bienestar de la humanidad.

A través de este número, deseamos hacer un llamado a investigadores, estudiantes, académicos y a la sociedad en general, para que se unan en la tarea de compartir, aplicar y fortalecer el conocimiento científico en todas sus formas. Solo a través del trabajo conjunto y del compromiso con la ética y el respeto por el medio ambiente, podremos construir soluciones innovadoras y sostenibles que promuevan una vida digna para todos y, a la vez, preserven el equilibrio de nuestros ecosistemas.

La ciencia es, sin lugar a dudas, una herramienta poderosa para enfrentar los desafíos del presente y del futuro. Esta revista, con su enfoque multidisciplinario y su compromiso con el bienestar social y el respeto al entorno, se constituye como un espacio de reflexión y acción en el que el conocimiento es el motor del cambio hacia una sociedad más equitativa, inclusiva y respetuosa del medio ambiente.

Huélum, Huélum ¡Gloria!

Dr. Carlos Granados-Echegoyen **Dr. Gustavo Hinojosa-Arango**

CONTENIDO

Administración y Economía de Recursos Naturales

1 **Comparación del desempeño sensorial de consumidores intergeneracionales en la evaluación de tortilla artesanal producido en las altas montañas del estado de Veracruz, México** 16
Víctor Daniel Cuervo-Osorio, José Andrés Herrera-Corredor, Lorena Guadalupe Ramón-Canul, Gregorio Hernández-Salinas, Jorge Armida-Lozano, Jasiel Valdivia-Sánchez, Adán Cabal-Prieto*, Emmanuel de Jesús Ramírez-Rivera*

2 **Diagnóstico empresarial de capacitación, uso de TIC, financiamiento y asesoría especializada en las MiPyMes** 24
Gabriel Ruiz-Contreras, María Edith Quezada-Fadanelli*, Dana Paola Pérez-Castro, Marlene Munguía-Martínez, Erika María Gasperín-García

3 **Mujeres artesanas: patrimonio cultural y desarrollo en el municipio de Mendoza, Veracruz, México** 33
Mauricio Rojas-Ascensión*, Gregorio Hernández-Salinas, Luis Alfredo Hernández-Vásquez, Sergio Reyes-Rosas

Biodiversidad

4 **Aguadas: objetos clave para la conservación de la biodiversidad ante los efectos del cambio climático** 47
Oscar Gustavo Retana-Guiascón*, Jesús Vargas-Soriano

5 **Diversidad estacional de moscas Calliphoridae (Diptera) en la agencia municipal de Pueblo Nuevo, Oaxaca, México** 60
Saul Baños-Martínez, Alicia Fonseca-Muñoz, Agustín Hernández-Ramos*

6 **Etnobotánica de quelites en una comunidad Zapoteca de la sierra norte de Oaxaca, México** 67
Sunem Pascual-Mendoza*, Aleyda Pérez-Herrera*

7 **Gen mitocondrial COI como herramienta molecular para la identificación de larvas de *Lucilia sericata* (Diptera: Calliphoridae)** 76
Miguel Ángel Reyes-Avendaño*, Héctor Maximino Rodríguez-Magadan, Alicia Fonseca-Muñoz

8 **Percepción de la fauna silvestre mediante educación ambiental en la comunidad San Rafael Agua Pescadito, Chinantla, Oaxaca, México** 82
Guadalupe Vargas-Cruz, Ricardo Serna-Lagunes*, Gregorio Hernández-Salinas, Jorge Armida-Lozano, Carlos de Jesús Ocaña-Parada, Fernando Isaac Gastelum-Mendoza, Dulce María Ávila-Nájera, Luis Antonio Tarango-Arámbula

9 **Principales familias de Coleopteros de importancia forense en el municipio de Santa María del Tule, Oaxaca, México** 93
Yara Verástegui-Omaña, Martín Zurita-García, Alicia Fonseca-Muñoz*

Ingeniería

10 **Ciencia en Oaxaca: metaanálisis de tendencias, género e impacto local periodo 2017-2023** 99
Francisco Javier Mejía-Ochoa*, Gregorio Hernández-Salinas, Isaac Sánchez-Anastacio, Manuel González-Pérez, Carlos Granados-Echegoyen

11 **Riego, rendimiento y huella hídrica en Lima Tahití (*Citrus x latifolia* Tanaka) en alta densidad de plantación en Campeche** 106
Benigno Rivera-Hernández, Víctor Hugo Quej-Chi, Vianey González-Jiménez, Eugenio Carrillo-Ávila*, Raquel Olivia de los Santos de Dios

12 **Fases de la luna en las actividades de la milpa maya (Ichkool) en Campeche, México** 113
Mónica Jocelyn Sima-Te, Noel Antonio González-Valdivia*, Alicia Eugenia Puertovannetti-Arrollo, Isidra Pérez-Ramírez, Carina Rocha-Méndez

Producción y Protección Vegetal y Animal

13 **Actividad antifúngica de extracto de *Decatropis bicolor* y Lactobacilos en el crecimiento de dos patógenos de importancia en poscosecha** 122
Nadia Landero-Valenzuela, Brenda Moreno-Lara, Brenda Ponce-Lira, Petra Andrade-Hoyos, Luis Alfonso Aguilar-Pérez

14 **Adaptabilidad de cuatro especies de pitahaya a las condiciones del clima y edafológicas en un leptosol en Chiná, Campeche, México** 129
Luis Fernando Chi-Yeh, Noel Antonio Valdivia-González*, Pedro Salvador-Morales

15 **Características físicas, organolépticas y digestibilidad *in vivo* en ovinos de silos de maíz adicionados con follaje de *Morus alba* y *Guazuma ulmifolia*** 135
José Guadalupe Zarate-López, Erika Abril Toledo-Tec, Bernardino Candelaria-Martínez*

16 **Comportamiento productivo de pollos Cobb 500 suplementados con harina del follaje de arbóreas tropicales** 140
Dahlia Amarilis De la Cruz-Velueta, Bernardino Candelaria-Martínez*

17 **Consumo voluntario y ganancia de peso de conejos alimentados con pellets a base de follaje de *Morus alba* y *Brosimum alicastrum*** 145
Carmi Elizama Cen-González, Yessenia Guadalupe Rodríguez-Jiménez, Bernardino Candelaria-Martínez*

18 **Densidad de siembra y componentes principales de calabaza chihua (*Cucurbita argyrosperma* Huber) en Campeche, México** 150
Mónica Beatriz López-Hernández, Antonio Villalobos-González, Enrique Arcocha-Gómez, Noel Antonio González-Valdivia, Roberto Carlos Gómez-García

19 **Diagnóstico de los agroecosistemas cañeros de la localidad de Villa Madero, Campeche** 157
Julio Emmanuel Sosa-Zaldívar, Bernardino Candelaria-Martínez, Elvira María Quetz-Aguirre, Salvador Partida-Sedas, Adán Cabal-Prieto, Emmanuel de Jesús Ramírez-Rivera*, Víctor Daniel Cuervo-Osorio*

20 **Diagnóstico del comportamiento de producción de chayote de las altas montañas del estado de Veracruz** 164
Isabel Castillo-Martínez*, Hilario García-Martínez, Rogelio Limón-Rivera, María Guadalupe López-Chompascle, Evelin Rojas-Huerta, Diego Isaac Mendoza-Juárez

21 **Efecto de la inoculación de bacterias promotoras de crecimiento vegetal sobre la germinación de agaves** 168
José Abimael Campos-Ruíz, Hazael Obed Ramírez-Maces, Elí Secundino Porras-Ramírez, Víctor Hugo Vásquez-Luna, Santiago Justino Hernández-Hernández, Fidel Alejandro Castro-Pérez, Nancy Alonso-Hernández

22 **Evaluación de enfermedades de calabaza chihua (*Cucurbita argyrosperma* Huber) en campo** 175
Arianeth Pech-Alemán, Carlos Eduardo Álvarez-Hernández, Stephan Rönicke, Mónica Osnaya-González, Noel Antonio González-Valdivia*

23 **Fenología del árbol Ramón (*Brosimum alicastrum* Swartz.)** 180
Beatriz Hernández-Avendaño, Mayra Y. de la Cruz-De Jesús, Emmanuel de Jesús Ramírez-Rivera, Ricardo Serna-Lagunes, Adán Cabal-Prieto, Víctor D. Cuervo-Osorio, Carlos Granados-Echegoyen, Rubén Purroy-Vásquez, Gregorio Hernández-Salinas*

24 **Rizobacterias aisladas en cultivo de maíz (*Zea mays* L.) con potencial biofertilizante** 189
Yaritza Yolanda Quintal-Vargas, Mónica Beatriz López-Hernández*, Arely Anayansi Vargas-Díaz

Administración y Economía de Recursos Naturales

Comparación del desempeño sensorial de consumidores intergeneracionales en la evaluación de tortilla artesanal producido en las altas montañas del estado de Veracruz, México

Víctor Daniel Cuervo-Osorio [1], José Andrés Herrera-Corredor [2], Lorena Guadalupe Ramón-Canul [1], Gregorio Hernández-Salinas [3], Jorge Armida-Lozano [3], Jasiel Valdivia-Sánchez [3], Adán Cabal-Prieto [4]*, Emmanuel de Jesús Ramírez-Rivera [3]*

[1]Tecnológico Nacional de México /Instituto Tecnológico de Chiná, Campeche, México. [2]Colegio de Postgraduados, Campus Córdoba, Veracruz, México.[3]Tecnológico Nacional de México /Campus Zongolica, Veracruz, México.[4]Tecnológico Nacional de México /Campus Huatusco, Veracruz, México. *Autor para correspondencia acabalp@huatusco.tecnm.mx; ejramirezrivera@zongolica.tecnm.mx.ipn.mx

Recibido: 01/10/24; Aceptado: 02/12/24; Publicado en línea: 20/12/24

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue comparar el desempeño sensorial de consumidores intergeneracionales en la evaluación de tortillas artesanales. Se evaluaron cuatro grupos de consumidores generacionales (Baby Boomers, generación X, Y y Z) conformados por 100 consumidores en cada grupo. Se evaluó una lista de atributos sensoriales usando una escala de intensidad de 10 puntos. El desempeño sensorial involucró análisis de discriminación y consenso usando herramientas estadísticas univariadas y multivariadas. Los resultados demostraron que los paneles de consumidores BB, generación X, generación Y y generación Z obtuvieron un porcentaje de discriminación del 27, 82, 73 y 36%, respectivamente. En términos de consenso, los paneles de las generaciones X y Y fueron consensuales. Se concluye que los consumidores generacionales X y Y tuvieron el mejor desempeño sensorial en términos de discriminación y consenso.

Palabras clave: Consumidores generacionales, Intensidad, Discriminación, Consenso Sensorial.

ABSTRACT

The objective of this research was to compare the sensory performance of intergenerational consumers in the evaluation of artisanal tortillas. Four generational consumer groups (Baby Boomers, Generation X, Y, and Z) were evaluated, consisting of 100 consumers in each group. A list of sensory attributes was evaluated using a 10-point intensity scale. Sensory performance involved discrimination and consensus analysis using univariate and multivariate statistical tools. The results showed that the BB, Generation X, Generation Y, and Generation Z consumer panels obtained a discrimination percentage of 27, 82, 73, and 36%, respectively. In terms of consensus, the panels of Generations X and Y were consensual. It is concluded that Generation X and Y consumers had the best sensory performance in terms of discrimination and consensus.

Key words: Generational Consumers, Intensity, Discrimination, Sensory consensus.

INTRODUCCIÓN

La población mexicana es el principal consumidor de tortilla en el mundo con un consumo anual de 1 millón de toneladas y un consumo per cápita de 79.5 kg de tortillas en las zonas rurales y 56.7 kg en las urbanas (Colín-Chávez et al. 2020). La tortilla artesanal, es considerada un alimento relacionado con la identidad nacional y patrimonio cultural (Iuga et al. 2019). Sin embargo, el consumo de tortilla artesanal ha disminuido debido a la incorporación de alimentos industrializados que pone en peligro la pérdida de las tradiciones gastronómicas, por lo que es necesario documentar las experiencias sensoriales de tortillas artesanales (Rivera-Chavira et al. 2021). Actualmente, los consumidores pueden ser clasificados por generaciones de acuerdo con el año en que nacieron. Por ejemplo, existen consumidores considerados Baby Boomers (1946-1964), generación X (1965-1980) generación Y (1981- 2000) y generación Z (1997-2012), lo cuales tiene idiosincrasias posiblemente diferentes a cerca de los alimentos artesanales, debido a las experiencias de situaciones políticas,

económicas, familiaridad con el alimento y la dependencia de la tecnología (Wahyuningsih et al. 2022). Lo antes mencionado se sustenta con la teoría generacional que indica que el juicio de los consumidores se basa en las experiencias, actitudes y creencias (Lazarevic, 2012). De acuerdo con Van Rijswijk et al. (2008) el conocimiento acerca de un producto y la familiarización con el mismo puede influir en la caracterización sensométrica de los alimentos. Por tal motivo, el objetivo de esta investigación fue comparar el desempeño sensorial de consumidores intergeneracionales en la evaluación de tortillas artesanales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Origen de las tortillas. Se recolectaron tortillas artesanales elaboradas con diferentes razas de maíz producidas en localidades de las Altas Montañas del Estado de Veracruz (Cuadro 1). Las tortillas artesanales se empacaron al alto vacío Marca Oster (Modelo FoodSaver® FM394) para evitar su deterioro sensorial durante el traslado hasta el laboratorio.

Cuadro 1. Características eco geográficas de los agroecosistemas con las razas de maíz nativas evaluadas en el estado de Veracruz.

Raza	Municipio	Localidad	Altitud (msnm)	Tipo de suelo	Tipo de clima	Precipitación (mm)
Cónico X Olóton	Xoxocotla	Xoxocotla	2379	Vertisol Crómico	C(m) (f)	1200-1500
Chiquito Cónico	Tequila	Ex Hacienda Tlazololapan	1166	Acrisol Húmico	(A)C (m)	2000-2500
Tehuipango	Tehuipango	Tlalchichilco	2267	Luvisol Crómico	(A)C(m)(f)	1500-2000
Ratón	Tezonapa	Atlipozonia	82	Acrisol Ortico	Am	2500-4000
Cónico Xoxocotla	Xoxocotla	Xoxocotla	2115	Luvisol Crómico	C(m) (f)	1200-1500

Conformación de paneles de consumidores. Se conformaron cuatro grupos de consumidores generacionales Baby Boomers (BB), Generación X (GX), Generación Y (GY) y Generación Z (GZ). Se seleccionaron consumidores de acuerdo con los siguientes criterios: 1) año de nacimiento para su asignación en alguna generación como BB (1946-1964), GX (1965-1980), GY (1981-1996) ó GZ (1997-2012) (Koksal, 2019); 2) consumo de tortillas artesanales al menos una vez por semana; 3) disponibilidad para la realización de las pruebas; 4) buen estado de salud; 6) no aversión al producto (ISO 11035:1994). Se reclutaron un total de 100 consumidores para cada generación para realizar tres diferentes experimentos.

Técnica sensorial. Se aplico la técnica de intensidad a un total de 400 consumidores (100 consumidores por generación) quienes evaluaron los siguientes atributos sensoriales: maíz-F, nixtamal-F, dulce-BT, agrio-BT, crudo-F, humo-F, sequedad en boca, suave en boca, salado-BT, nixtamal-A, agrio-A, humo-A y rancio-A. Cada consumidor uso una escala no estructurada de 10 cm para determinar la intensidad de cada muestra de tortilla para cada atributo sensorial (Worch et al. 2010). A cada consumidor se le proporcionó agua para eliminar posibles sabores y residuos de la muestra anterior.

Análisis estadístico del desempeño: poder discriminante y consenso. Se determino el poder de discriminación de panel de consumidores usando el siguiente modelo de ANOVA a un factor (tortillas):

$$Yik = \mu + \beta k + Yiks$$

Donde Yiks representa el resultado de un panelista i para la repetición s en el producto k; μ es la media general; βk es efecto producto; y eijk es el terminó error del modelo con eiks ˜ N (0, σ2) (Tomic et al. 2007). Posteriormente se aplicaron las técnicas Tucker-1 para analizar el consenso entre paneles y el método Manhattan para determinar la variabilidad explicada en los dos primeros componentes principales para cada atributo por panel de consumidores (Tomic et al. 2010). Todos los análisis estadísticos se realizaron el programa XLSTAT, versión 2020 (Addinsoft, New York, NY, USA).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis del desempeño: poder discriminante y consenso. Los resultados del poder de discriminación se muestran en el Cuadro 2. Se observa que el panel de consumidores BB solo pudo discriminar ($p<0.05$) las muestras de tortillas en función de los atributos sensoriales sabor dulce, sabor crudo y textura suave en boca. El panel de consumidores de la generación X fue discriminante en los atributos sabor a maíz, sabor dulce, sabor agrio, sabor humo, sequedad en boca, textura suave en boca, olor a nixtamal, olor agrio y olor a humo. El panel de consumidores de la generación Y fue discriminante en los atributos sabor maíz, sabor dulce, sabor agrio, sabor crudo, sabor humo, sequedad en boca, textura suave en boca y olor a humo mientras que el panel de consumidores de la generación Z solo fue discriminante en los atributos sabor dulce, sabor agrio, sabor humo, y olor agrio. Por lo tanto, los paneles de consumidores BB, generación X, generación Y generación Z obtuvieron un porcentaje de discriminación del 27, 82, 73 y 36%, respectivamente (Figura 1).

Cuadro 2. Valores de probabilidad del ANOVA a un factor.

Atributo	BB	GX	GY	GZ
Sabor a maíz	0.466	**0.001**	**0.012**	0.230
Sabor a nixtamal	0.124	0.149	0.124	0.507
Sabor dulce	**<0.0001**	**<0.0001**	**<0.0001**	**0.002**
Sabor agrio	0.160	**<0.0001**	**<0.0001**	**<0.0001**
Sabor crudo	**0.024**	0.648	**<0.0001**	0.193
Sabor a humo	0.235	**<0.0001**	**<0.0001**	**<0.0001**
Sequedad en boca	0.087	**<0.0001**	**<0.0001**	0.236
Textura suave en boca	**0.011**	**<0.0001**	**0.007**	0.282
Olor a nixtamal	0.303	**<0.0001**	0.873	0.512
Olor agrio	0.056	**<0.0001**	0.181	**<0.0001**
Olor a humo	0.779	**0.023**	**0.022**	0.821

BB (1946-1964), generación GX (1965-1980), generación GY (1981-1996); generación GZ (1997-2012). Los valores en negritas indican diferencias significativas

En la Figura 2 se muestran los resultados de la comparación del consenso sensorial entre paneles generacionales. Se observa que para los atributos sensoriales de sabor maíz, nixtamal, dulce, agrio, crudo, olor agrio y olor humo al menos tres paneles de consumidores generaciones se ubican de manera muy cercana, indicando un consenso en la evaluación de las tortillas artesanales. Siendo el panel de consumidores BB quienes se ubican de manera alejada al resto de los paneles de consumidores, indicando una diferencia en la evaluación en los atributos sensoriales sabor a maíz, sabor agrio, olor nixtamal y olor agrio. Por su parte, el panel de consumidores de la generación X difiere al resto de los paneles en la evaluación de los atributos sabor a maíz, sabor crudo y textura suave en boca. El panel de consumidores de la generación Z, no tiene un consenso con el resto de los paneles en la evaluación de los atributos sabor a nixtamal, sequedad en boca, olor a nixtamal. Mientras que el panel de consumidores de la generación Y, difiere al resto de los paneles en la evaluación de los atributos sabor humo y textura suave en boca.

En la Figura 3, se muestran el resultado del método Manhattan. Se observa que el panel de consumidores de la generación X alcanza una variabilidad alta (superior al 70%) en los dos primeros

componentes principales para la evaluación del atributo sabor a maíz mientras que el resto de los paneles de consumidores requieren más de dos componentes principales (CP) para alcanzar al menos el 70% de la variabilidad de los datos. Para el caso del atributo sabor a nixtamal todos los paneles de consumidores, con excepción del panel de la generación Y, obtuvieron una variabilidad superior al 70% usando los dos primeros CP. Para el atributo sabor dulce se observó en el panel de la generación X que su mayor variabilidad la encuentra en el CP número 2 (barras en color gris claro), mientras que el resto de los paneles su mayor variabilidad la obtuvieron en el componente principal uno.

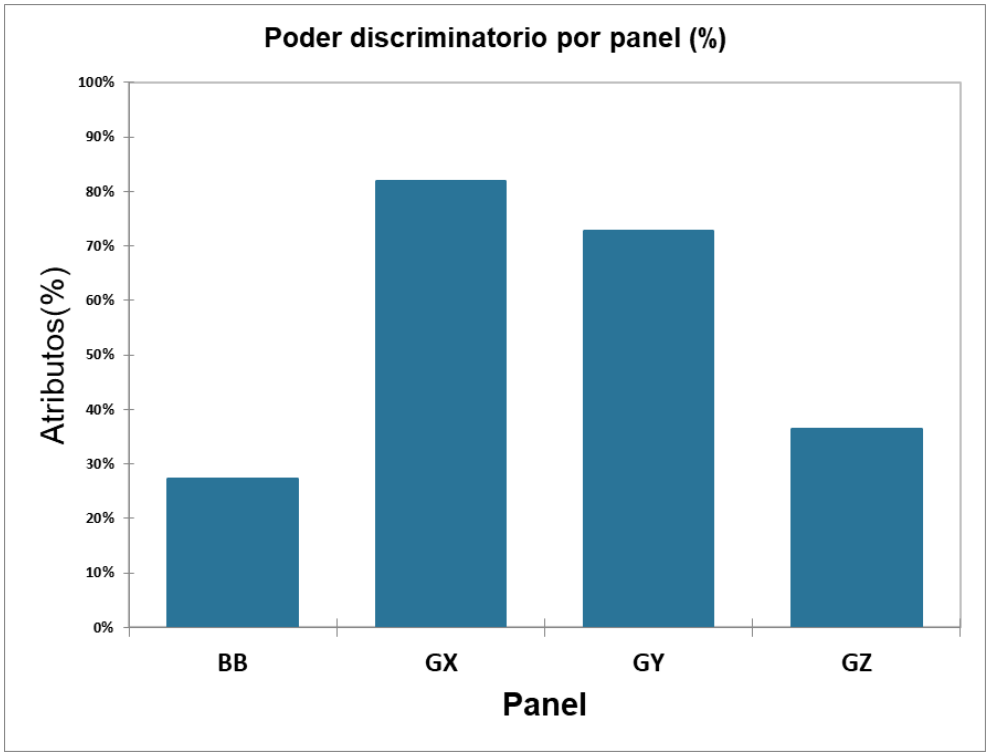


Figura 1. Porcentaje de discriminación por panel de consumidor generacional. BB (1946-1964), generación GX (1965-1980), generación GY (1981-1996); generación GZ (1997-2012)

Para el caso del atributo sabor agrio se observa que todos los paneles (con excepción del panel BB) muestran su mayor variabilidad en el CP número 2 (barras en color gris claro). Para el atributo sabor a crudo todos los paneles requieren más de CP ya que no alcanzan al menos el 70% de la variabilidad. Para el sabor humo se puede observar que todos los paneles, con excepción de los consumidores de la generación Y, su mayor variabilidad se encuentra en el CP uno, aunque solo los paneles de la generación Y y Z solo alcanzaron una variabilidad mayor al 70%.

En olor a nixtamal se muestra que los paneles BB y generación X tuvieron su mayor variabilidad en el CP uno, mientras que el resto de los panales lo obtuvieron en el CP dos. En el atributo olor agrio solo el panel BB tuvo una variabilidad menor al 70% y para el atributo olor a humo los paneles de las generaciones X y Y fueron quienes obtuvieron una variabilidad superior al 70% y en el CP uno, mientras que los paneles mostro un resultado contrario. Los resultados de la discriminación sensorial de los paneles están en concordancia con lo indicado por Tomic y colaboradores en el año 2007 y 2010. De acuerdo con Cerjak et al. (2014), la alta discriminación pudo deberse a que los consumidores se conectan con su pasado y su cultura a través de los alimentos artesanales. Sin embargo, las diferencias encontradas en la discriminación entre paneles pudieron deberse a que los consumidores más longevos están asociados con alimentos artesanales en comparación de las generaciones más

jóvenes quienes consumen comidas de procesamiento rápido como pizza, hamburguesas, entre otros (Espinoza-Ortega, 2021).

En el caso del atributo sequedad en boca se puede observar que los paneles de las generaciones BB, X, Y obtuvieron su mayor variabilidad en el CP uno, aunque todos los paneles alcanzaron porcentajes de varianza superiores al 70%. En el atributo textura suave en boca se observa que todos los paneles (con excepción del panel de consumidores X) obtuvieron % de varianza superiores al 70% aunque solo el panel BB obtuvo la mayor variabilidad en el CP uno y el resto de los paneles en el CP dos.

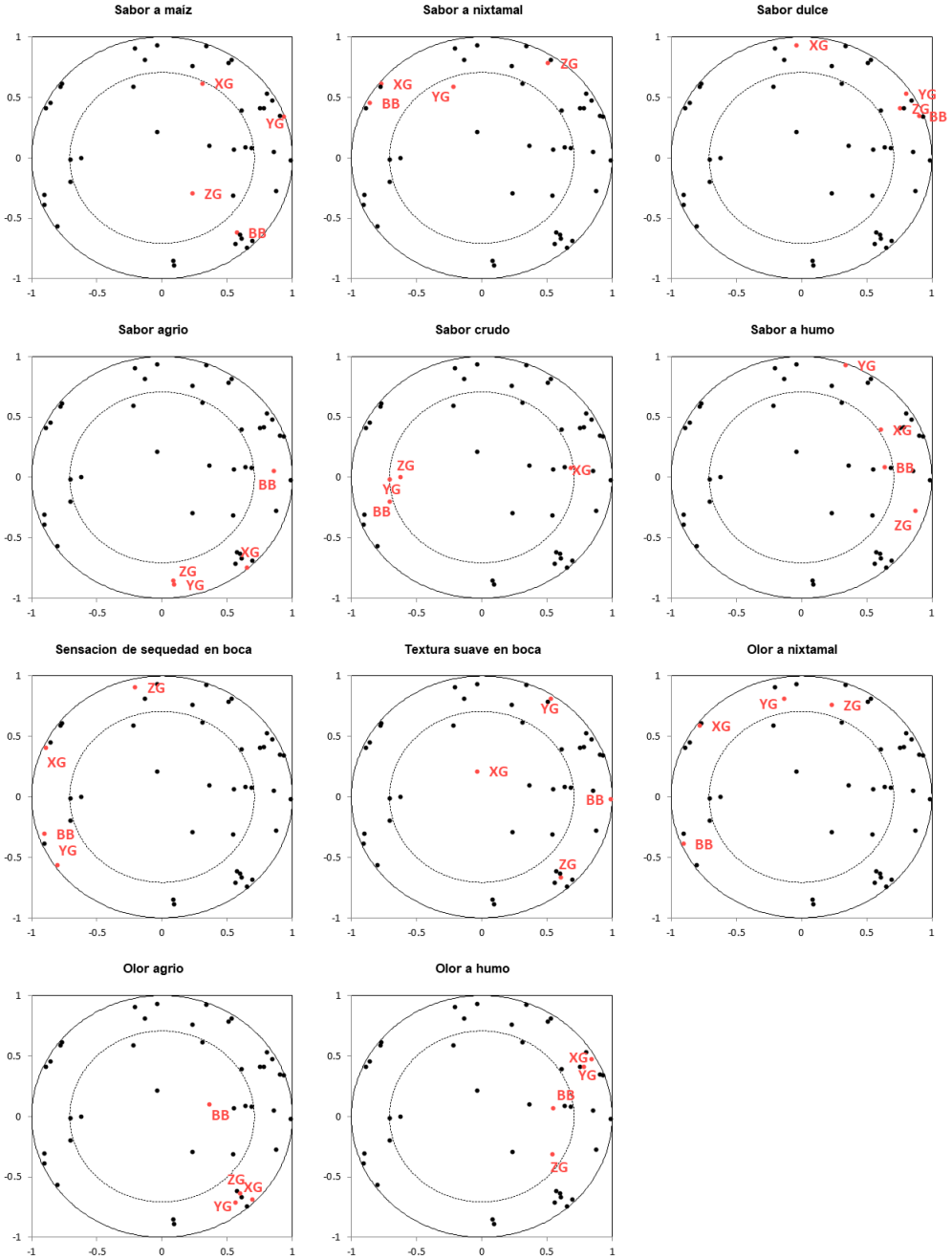


Figura 2. Técnica Tucker-1 para análisis del consenso sensorial entre paneles. BB (1946-1964), generación GX (1965-1980), generación GY (1981-1996); generación GZ (1997-2012).

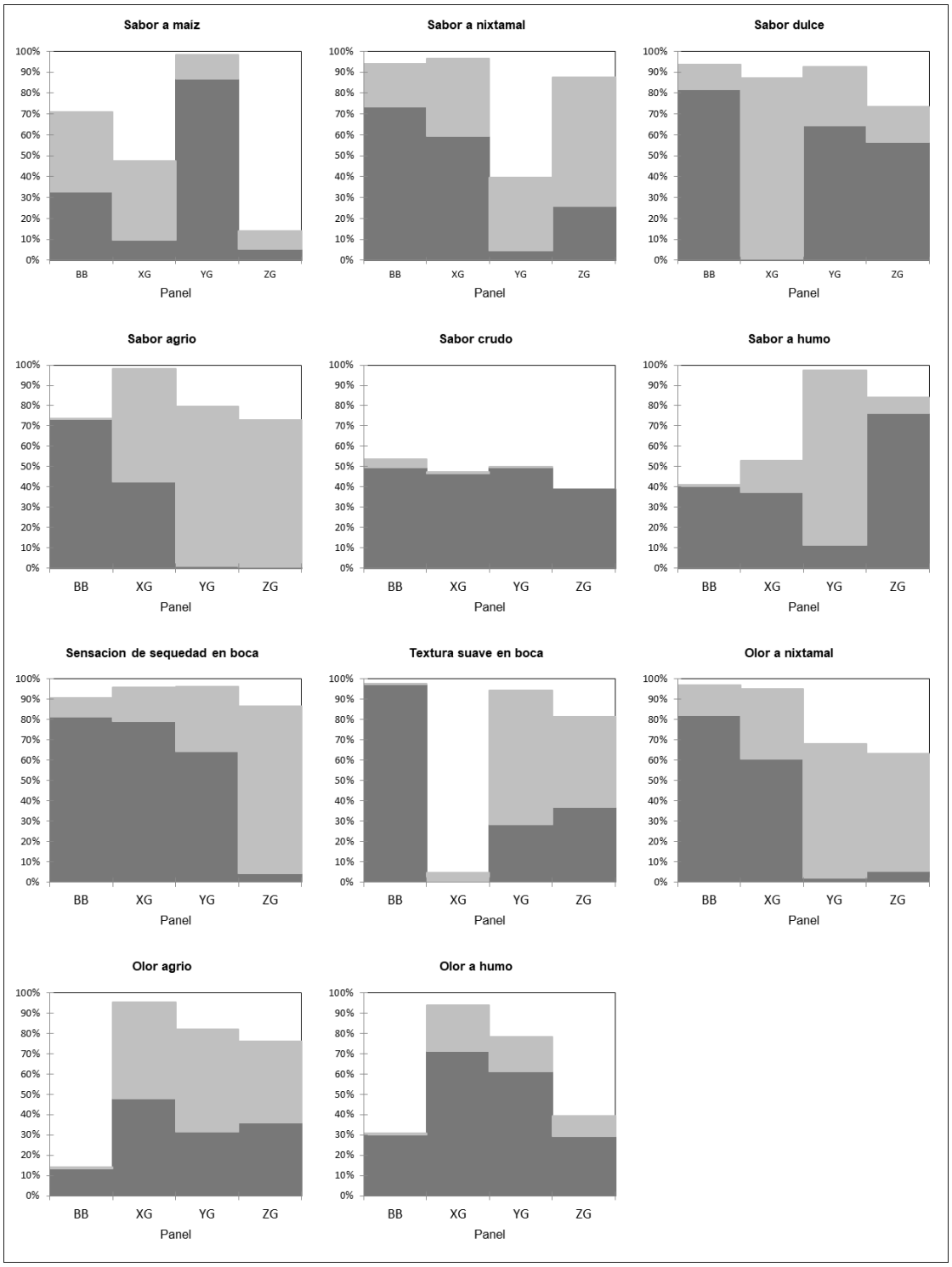


Figura 3. Técnica de Manhattan para la explicación de la variabilidad. El eje vertical representa el porcentaje de variabilidad explicada. El eje horizontal es corresponde a cada panel de consumidores generacional. El color oscuro y claro representan los componentes principales uno y dos, respectivamente.

CONCLUSIÓN

Se concluye que los consumidores generacionales X y Y tuvieron el mejor desempeño sensorial en términos de discriminación y consenso. Estos resultados demuestran que las experiencias y familiarización del consumidor con los diferentes alimentos consumidos a través de los años son un factor que influyen en los resultados sensoriales. Por lo tanto, el factor generacional debe ser un punto que considerar en la realización de nuevos estudios sensoriales con fines de caracterización y análisis de la preferencia del consumidor basada en aspectos como las emociones, recuerdos, intención de compra, entre otros.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Programa para el Desarrollo Profesional Docente (PRODEP) por el financiamiento otorgado para el proyecto "Análisis del agroecosistema con maíz nativo y sus subproductos en comunidades originarias de las Altas Montañas de Veracruz como estrategia de conservación y seguridad alimentaria" con clave IDCA 33857 dentro del marco para el Fortalecimiento de cuerpos académicos.

REFERENCIAS

Cerjak, M., Haas, R., Brunner, F., & Tomic, M. (2014). What motivates consumers to buy traditional food products? Evidence from Croatia and Austria using word association and laddering interviews. British Food Journal, 116(11), 1726-1747.

Colín-Chávez, C., Virgen-Ortiz, J. J., Serrano-Rubio, L. E., Martínez-Téllez, M. A., & Astier, M. (2020). Comparison of nutritional properties and bioactive compounds between industrial and artisan fresh tortillas from maize landraces. Current Research in Food Science, 3, 189–194.

Espinoza-Ortega, A. (2021). Nostalgia in food consumption: Exploratory study among generations in Mexico. International Journal of Gastronomy and Food Science, 25, 100399.

International Organization for Standardization. (1994). ISO 11035: Analyse Sensorielle – Recherche et sélection de descripteurs pour l'élaboration d'un profil sensoriel par approche multidimensionnelle. International Organization for Standardization.

Iuga, M., Ávila-Akerberg, V. D., González-Martínez, T. M., & Mironeasa, S. (2019). Consumer preferences and sensory profile related to the physico-chemical properties and texture of different maize tortilla types. Foods, 8(11), 533.

Koksal, M. H. (2019). Differences among baby boomers, Generation X, millennials, and generation Z wine consumers in Lebanon. International Journal of Wine Business Research, 31(3), 456–472.

Lazarevic, V. (2012). Encouraging brand loyalty in fickle generation Y consumers. Young Consumers, 13(1), 45-61.

Rivera-Chavira, B. A., Morales-Corral, D., Gómez-Méndez, M. G., & Nevárez-Moorillon, G. V. (2021). Consumo responsable de la tortilla de maíz, una herencia que debemos cuidar. Temas de Ciencia y Tecnología, 25(73), 9-14.

Tomic, O., Nilsen, A., Martens, M., & Næs, T. (2007). Visualization of sensory profiling data for performance monitoring. LWT - Food Science and Technology, 40(2), 262-269.

Tomic, O., Luciano, G., Nilsen, A., Hyldig, G., Lorensen, K., & Næs, T. (2010). Analyzing sensory panel performance in a proficiency test using the Panel Check software. European Food Research and Technology, 230, 497-511.

Van Rijswijk, W., Frewer, L. J., Menozzi, D., & Faioli, G. (2008). Consumer perception of traceability: A cross-national comparison of the associated benefits. Food Quality and Preference, 19(5), 452-464.

Wahyuningsih, N. H., Yeni, Y. H., & Roostika, R. (2022). A comparative study of generations X, Y, Z in food purchasing behavior: The relationships among customer value, satisfaction, and Ewom. Cogent Business & Management, 9(1), 1-20.

Worch, T., Lê, S., & Punter, P. (2010). How reliable are the consumers? Comparison of sensory profiles from consumers and experts. Food Quality and Preference, 21(3), 309-318.

XLSTAT Statistical Software for Excel. (2020). Retrieved from https://www.xlstat.com/

Diagnóstico empresarial de capacitación, uso de TIC, financiamiento y asesoría especializada en las MiPyMes

Gabriel Ruiz-Contreras[1], María Edith Quezada-Fadanelli[1]*, Dana Paola Pérez-Castro[2], Marlene Munguía-Martínez[1], Erika María Gasperín-García[3]

[1]Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico Superior de Zongolica, Veracruz, México. [2]Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico Superior de Zongolica, Veracruz, México. [3]Universidad Politécnica De Huatusco, Veracruz, México.
*Autor para correspondencia: edith_quezada_p40@zongolica.tecnm.mx

Recibido: 03/10/24; Aceptado: 02/12/24; Publicado en línea: 20/12/24

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue realizar un diagnóstico empresarial de las variables capacitación, uso de TIC, financiamiento y asesoría especializada en las Micro, Pequeñas y Medianas empresas (MiPyMes) del Municipio de Camerino Z. Mendoza, Veracruz, México que permitieran la generación de propuestas de estrategias empresariales. Material y Métodos: Estudio cuantitativo, descriptivo y transversal. La población de estudio fueron las MiPyMes, con una muestra representativa de 378 empresas. Los datos se recabaron mediante la técnica de encuesta dirigida a los dueños o administradores de los negocios, utilizando un cuestionario de preguntas cerradas de tipo dicotómicas y opción múltiple, validado mediante juicio de expertos. Resultados: Las MiPyMes predominantes fueron de mediana edad (5 a 24 años) representando un 20% del total, siendo el sector mayoritario el comercio (32%), y de este el giro predominante fueron los abarrotes (9%), cocinas económicas (3%), farmacias (2%) y ferreterías (1%); por otra parte respecto a las variables analizadas, los empresarios indicaron que un 9% cuenta con un programa de capacitación, un 24% mencionó utilizar las TIC, un 5% ha tenido acceso a algún tipo de financiamiento y un 4% ha solicitado asesoría especializada. Conclusiones. Se requiere fomentar la capacitación empresarial, fortalecer el acceso a la financiación, incrementar la adopción de tecnologías de información y comunicaciones, así como impulsar la asesoría especializada en las MiPyMes.

Palabras clave: MiPyMes, capacitación, TIC, financiamiento, asesoría especializada.

ABSTRACT

The objective of this study was to carry out a business diagnosis of the variables training, use of ICT, financing and specialized advice in Micro, Small and Medium Enterprises (MSMEs) of the Municipality of Camerino Z. Mendoza, Veracruz, Mexico for the proposal of business strategies. Material and Methods: Quantitative, descriptive and cross-sectional study. The study population was MSMEs, with a representative sample of 378 companies. Data were collected using the survey technique aimed at business owners or managers, using a questionnaire of closed questions of dichotomous and multiple choice, validated by expert judgment. Results showed that the predominant SMEs are middle-aged (5 to 24 years) representing 20% of the total, with the majority sector being commerce (32%), and of this the predominant line of business were groceries (9%), kitchen stoves (3%), pharmacies (2%) and hardware stores (1%); on the other hand, regarding the variables analyzed, the entrepreneurs indicated that 9% have a training program, 24% mentioned using ICT, 5% have had access to some type of financing and 4% have requested specialized advice. Conclusions. It is necessary to promote business training, strengthen access to financing, increase the adoption of information and communications technologies, as well as promote specialized advice in MSMEs.

Key words: MSMEs; training; ICT; financing; specialized advice.

INTRODUCCIÓN

Las MiPyMES mexicanas son un motor de crecimiento y fuentes de empleo, a pesar de la gran participación que tienen en la economía y el desarrollo del país; la escasez de información ha obstaculizado su crecimiento, la competitividad y su permanencia en el mercado (Rodríguez y Romero, 2021). Acorde con el Instituto Nacional de Geografía e Información (INEGI, 2020) las

MiPyMes mexicanas son el eje de la economía, contribuyendo con el 52% de los ingresos del país y empleando a 27 millones de personas, que representan el 68.4 % de la fuerza laboral total del sector empresarial; su distribución a lo largo del territorio es variada, con mayor concentración en la región sur donde la mayoría se concentran en el comercio, y en la región norte, aunque el número es menor, aún realizan diversas actividades del tipo industrial.

Las MiPyMes son muy importantes para la estabilidad, la prosperidad y la igualdad de la economía de un país en su conjunto. Esto brinda oportunidades para el emprendimiento y la innovación, especialmente para grupos marginados e individuos con recursos limitados. Asimismo, este sector ayuda a crear una distribución más equilibrada y equitativa de las actividades económicas en varias regiones del país. A través de su importante contribución al empleo, al aumento de los ingresos y al PIB (Hurdawaty & Tukiran, 2024). Diversas investigaciones se han centrado en el papel preponderante que tiene las MiPyMes en la economía de los países y los retos que afrontan. Madrid et al. (2019) analizó los factores clave que influyen en el desarrollo empresarial de las microempresas peruanas donde se identificaron variables de medición para los factores que se derivaron de una revisión de datos empíricos y validados para contextos específicos.

El sector empresarial de las MiPyMes experimentaría ventajas significativas como resultado de una mayor cooperación internacional y crecimiento entre los países miembros, así como un aumento en el apoyo y promoción de este sector (Rosero, 2021). Maksimova (2018) en un estudio realizado en Guanajuato, México determinó que los atributos de las MiPyMes son significativos para la difusión de empleos y del sector económico a nivel regional, nacional e internacional. De igual forma Melgarejo (2013) planteó la importancia de las MiPyMes y cómo podrían financiarse utilizando una fuente alternativa como las Sociedades Financieras Populares (SOFIPO) siendo una opción más viable que el financiamiento convencional, a pesar de su mayor costo, ofrece más oportunidades para otorgar crédito y seleccionar clientes potenciales. Por otra parte, el diagnóstico empresarial es una herramienta de gestión organizacional que su importancia radica en identificar la situación actual del negocio en aspectos administrativos, operativos y financieros (Bernal-Domínguez et al. 2014), misma que se utilizará en este estudio a fin de brindar mayor conocimiento del estado actual de las Mipymes.

En base a lo anterior, el objetivo planteado para este estudio fue realizar un diagnóstico empresarial de las variables capacitación, uso de TIC, financiamiento y asesoría especializada en las MiPyMes del Municipio de Camerino Z. Mendoza, Veracruz, México para la generación de propuestas de estrategias empresariales. Por otra parte, las preguntas de investigación planteadas fueron ¿cuál es la situación actual de las MiPyMes del municipio de Camerino Z. Mendoza, Veracruz, respecto a las variables de capacitación, asesoramiento especializado, uso de TIC y de acceso a financiamiento? así como ¿qué estrategias empresariales se pueden generar a partir del diagnóstico empresarial?

MATERIALES Y MÉTODOS

La participación en este estudio fue voluntaria, los administradores o dueños de los negocios fueron informados de los objetivos y alcances de la investigación, las pruebas fueron administradas de manera individual en el periodo de septiembre 2023 a mayo de 2024. El tipo de investigación fue descriptiva, la cual de acuerdo a Arias (2012), consiste en las características de los hechos, fenómenos, individuos o grupos para establecer sus estructuras o acciones y con base a ello se detallarán las características de la población sujetas de estudio y su situación actual.

El diseño utilizado fue transversal dado que los datos se recopilan en un momento específico del tiempo, su propósito es describir variables y analizar su ocurrencia y relación en un momento específico (Hernández et al. 2014). La hipótesis de estudio fue “Las MiPyMes del municipio Camerino Z. Mendoza, Veracruz, México tienen una baja capacitación, uso de TIC, acceso a financiamiento y asesoramiento especializado”.

La población objeto del estudio fueron los dueños o administradores de aquellas micro, pequeñas y medianas empresas que tuvieran un establecimiento local o fijo. Tomando en cuenta la información de los cuadernillos municipales de Camerino Z. Mendoza Camerino Z. Mendoza (2022) arrojó que se cuenta con 2250 unidades económicas, de los cuales se calculó una muestra significativa que de acuerdo a los autores Hernández-Sampieri et al. (2017), define que la muestra es el subconjunto de la población para el cual se recopilan datos, definiéndose con precisión, teniendo un alcance de antemano y debe ser representativo de la población.

Para el cálculo de la muestra se utilizó la siguiente fórmula que de acuerdo a López (2024), define que la población finita es aquella en la que el número de valores que la integran tiene un fin.

Datos:

Nivel de confianza (Z): 95 %

Probabilidad (p): 0.5

q: (1-p) =0.5

Margen de error (e): 5% =0.05

Población (N): 2250

n=(N*Z^2*p*q)/(e^2*(N-1)+Z^2*p*q)

n=(2250*〖1.96〗^2*0.5*0.5)/(〖0.05〗^2*(2250-1)+〖1.96〗^2*0.5*0.5)

n=329

La técnica utilizada para la recopilación de datos fue una encuesta, que de acuerdo a Westreicher (2020), es una forma de resumir datos de un grupo de personas que pueden ser cualitativa y/o cuantitativa. Para evaluar el estado de las empresas, el cuestionario está dividido con base a las variables de capacitación, TIC, financiamiento y asesoría especializada, con un total de 31 ítems, cuya escalas de respuesta son del tipo dicotómicas y opción múltiple; para la realización de este cuestionario se recurrió a la plataforma Typeform (https://www.typeform.com/es/) la cual es un software diseñado para elaborar y aplicar cuestionarios en línea mediante dispositivos móviles directamente con la población objeto de estudio, permitiendo recopilar la información en tiempo real en una base de datos para consultar el avance y estado de cada encuestador.

Para dar validez al contenido del cuestionario se utilizó la técnica de “juicio de expertos” aplicando un instrumento diseñado por Escobar-Pérez y Cuervo-Martínez (2008) en el cual se consideran cuatro aspectos a evaluar: suficiencia, claridad, coherencia y relevancia. La evaluación se realizó mediante baremos de una escala Likert, que de acuerdo con Sánchez et al. (2018) un baremo, es un estándar cuantitativo que se establece luego de un proceso de investigación llamado estandarización o normalización de un instrumento cuyo resultado de la validez es alto el cual abarca desde un mínimo de 94 y un máximo de 124 y la calificación de los jueces se sitúa entre los 122 y 124 por lo tanto es aprobatorio. A continuación, se muestra en la Figura 1 el resultado de la síntesis de las calificaciones las cuales en la Figura 2 indican una calificación de 121-124 lo cual significa aprobatoria.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Respecto a los datos demográficos mostraron que, de los 378 negocios encuestados, 54 son dueños, 94 son administradores y 230 no respondieron, como se muestra en la Figura 3A. En la Figura 3B, se muestran los grados de estudios, los cuales se aprecian que 13 tienen primaria, 31 secundaria, 54 preparatoria, 46 licenciatura, 1 de posgrado y 233 no respondieron. En la Figura 3C, se muestran la edad de las empresas estudiadas: 61 jóvenes (de 0 a 4 años de operación), 76 de mediana edad (de 5 a 24 años de operación), 8 son viejas (más de 25 años de operación) y 233 no respondieron. En la Figura 3D y 3E, se presentan los diferentes giros de negocios que se encuentran en el municipio de

Camerino Z. Mendoza, resaltando que 33 son de abarrotes, 12 de cocinas económicas, 7 son de farmacias, 7 papelerías, 30 son de otros giros y 206 no respondieron. En la Figura 3F, se visualiza que un 9% cuenta con un programa de capacitación, un 30% no tiene un programa de capacitación y un 61% no respondieron.

		DATOS GENERALES								CAPACITACIÓN							TIC							FINANCIAMIENTO			ASESOSÍA ESPECIALIZADA						
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	P21	P22	P23	P24	P25	P26	P27	P28	P29	P30	P31	Total
SUFICIENCIA	Juez 1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	124
	Juez 2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	124
	Juez 3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	124
	Juez 4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	124
	Juez 5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	124
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	P21	P22	P23	P24	P25	P26	P27	P28	P29	P30	P31	Total
CLARIDAD	Juez 1	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	123
	Juez 2	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	122
	Juez 3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	122
	Juez 4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	122
	Juez 5	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	122
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	P21	P22	P23	P24	P25	P26	P27	P28	P29	P30	P31	Total
COHERENCIA	Juez 1	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	123
	Juez 2	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	122
	Juez 3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	121
	Juez 4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	122
	Juez 5	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	122
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	P21	P22	P23	P24	P25	P26	P27	P28	P29	P30	P31	Total
RELEVANCIA	Juez 1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	124
	Juez 2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	124
	Juez 3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	124
	Juez 4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	124
	Juez 5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	124

Figura 1. Resumen de validación por jueces. Nota: Resumen de la evaluación por los cinco jueces que validaron el cuestionario.

Construcción de escala de valoración

Escala de Likert	Mínimo	Máximo
	1	4

Nro de ítems	31
Nro de niveles	3

Baremo para tres niveles

	Mínimo	Máximo
Bajo	31	62
Medio	63	93
Alto	94	124

Figura 2. Escala de valoración. Nota. Baremación de los valores para saber si nuestro cuestionario fue aprobado o no. Las principales limitantes del estudio fueron la poca apertura de los sujetos de estudio, los negocios cerrados, personal ocupado e incidencias propias del trabajo de campo.

En la Figura 4A, se visualiza que los negocios aplican con frecuencia la capacitación de la siguiente manera: 14 mensualmente, 6 trimestral, 5 de forma semestral, 8 de forma anual y 345 no respondieron. En la Figura 4B, se presenta el tipo de capacitación impartida, de las cuales 25 prefieren la forma presencial, 3 de manera virtual, 5 de manera híbrida y 345 no respondieron. En la Figura 4C, se visualizan los temas en los que se enfocan actualmente la capacitación, siendo 9 en calidad, 17 ventas, 17 en atención de clientes, 17 en servicio al cliente y 305 no respondieron. En la Figura 4D, se presenta que un 24% utiliza las herramientas digitales, 15% no utiliza las herramientas y un 61% no respondieron. En la Figura 4E, se muestran las herramientas digitales que ocupan los negocios,

mostrando que 31 ocupan paquetería office, 43 redes sociales, 35 WhatsApp Messenger, 16 WhatsApp Business, 13 sistemas de gestión de clientes y 230 no respondieron. En la Figura 4F, se presentan las herramientas tecnológicas de comunicación que facilitan la coordinación entre sus colaboradores las cuales son que 73 son grupos de WhatsApp, 45 son llamadas telefónicas, 3 son videoconferencias, 3 son Email interno, 4 son mensajes de texto y 246 no respondieron.

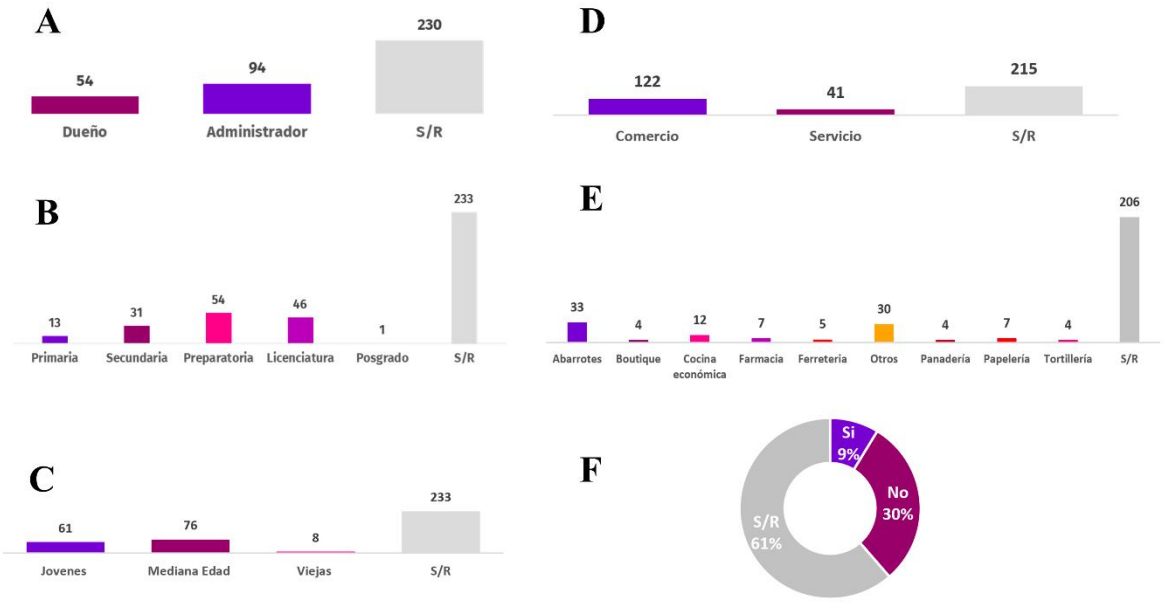


Figura 3. A) Cargo de los colaboradores de los negocios, B) Grado de estudios, C) ¿Cuántos años lleva en función la empresa?**,** D) Sector del negocio, E) Giro de los negocios, F) ¿Se cuenta con un programa de capacitación?

En la Figura 5A, se presentan los canales de comunicación que utilizan para interactuar con sus clientes y vemos reflejado que 53 son WhatsApp Messenger, 18 son WhatsApp business, 28 son Facebook, 35 son llamadas telefónicas y 230 no respondieron. En la Figura 5B, se visualiza que un 5% si ha contado con algún tipo de financiamiento, 34% no cuenta con algún tipo de financiamiento y un 61% no respondieron. En la Figura 5C, se muestran que 5 negocios tienen un financiamiento de tipo público, 12 negocios tienen un financiamiento de tipo privado y 361 no respondieron. En la Figura 5D, se visualizan los motivos por los cuales no se cuenta con un financiamiento, 6 por altas tasas de interés, 9 porque son costosas, 12 son privados, 10 por falta de conocimiento, 17 son negocios familiares, 60 no lo ven necesario y 264 no respondieron. En la Figura 5E, se visualiza que un 4% si ha solicitado una asesoría especializada externa para apoyar su desarrollo y un 33% no lo han solicitado y un 63% no respondieron. En la Figura 5F, se presentan las áreas específicas en las cuales en el negocio han sido objeto de asesoría, siendo 4 en financiación, 4 en servicio al cliente, 6 en atención al cliente, 4 en técnica, 4 en calidad y 348 no respondieron.

Los objetivos del estudio fueron alcanzados de acuerdo a los resultados obtenidos de primera mano, se observó que la mayor parte de las MIPYMES del municipio son negocios que aunque sean pequeños impulsan la economía del municipio, sin embargo la mayoría de ellos no cuentan con herramientas esenciales en la organización, por ejemplo respecto a un organigrama jerárquico, sólo el 3% cuenta con él, un 35% no tiene y un 62% no respondieron; de igual manera se observó que un 15% solo tiene un 1 colaborador, un 9% tiene 2 colaboradores, un 3% con 8 colaboradores, 3% con 4 colaboradores, 2% con 5 colaboradores, 1% con 6 colaboradores y un 1% con 7 colaboradores.

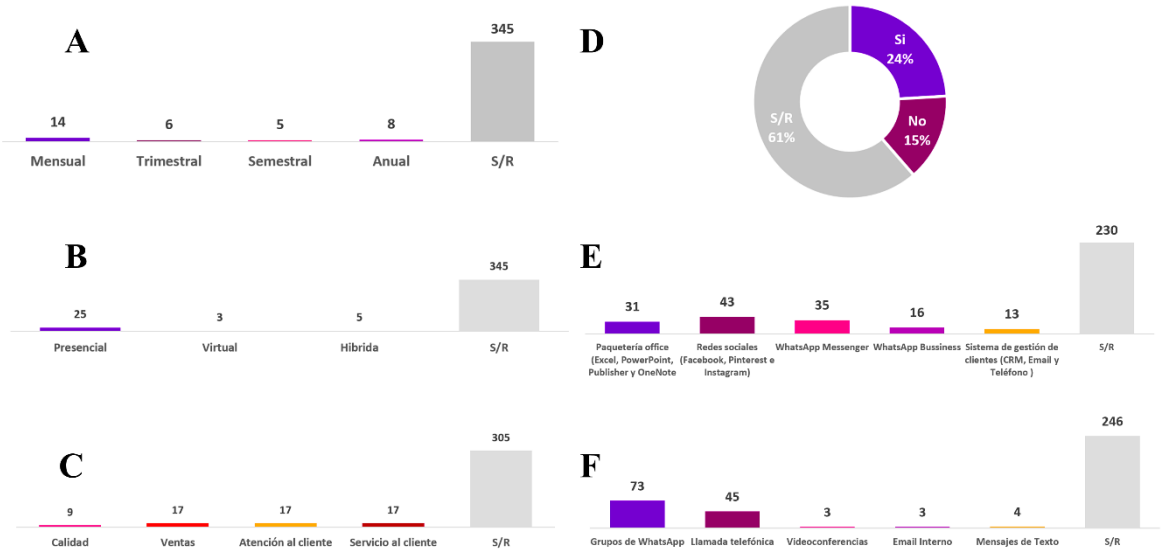


Figura 4. A) ¿Con qué frecuencia se aplica la capacitación?, B) ¿Cómo se imparte la capacitación?, C) ¿En qué temas se enfoca actualmente la capacitación?, D) ¿Utiliza herramientas digitales para el funcionamiento de su negocio?, E) Menciona cuáles ocupan, F) ¿Qué herramientas tecnológicas de comunicación utilizan para facilitar la coordinación entre los colaboradores?

Por otra parte, la capacitación mostró que un 6% realiza un diagnóstico de necesidades de capacitación, un 5% no lo hace y un 89% no respondieron; respecto a la capacitación García-Barragán (2008) enfatiza la importancia de los programas de capacitación y desarrollo en las MIPYMES ya que, al tener colaboradores mejor capacitados, los problemas internos se pueden resolver fácilmente además de disminuir la rotación de personal.

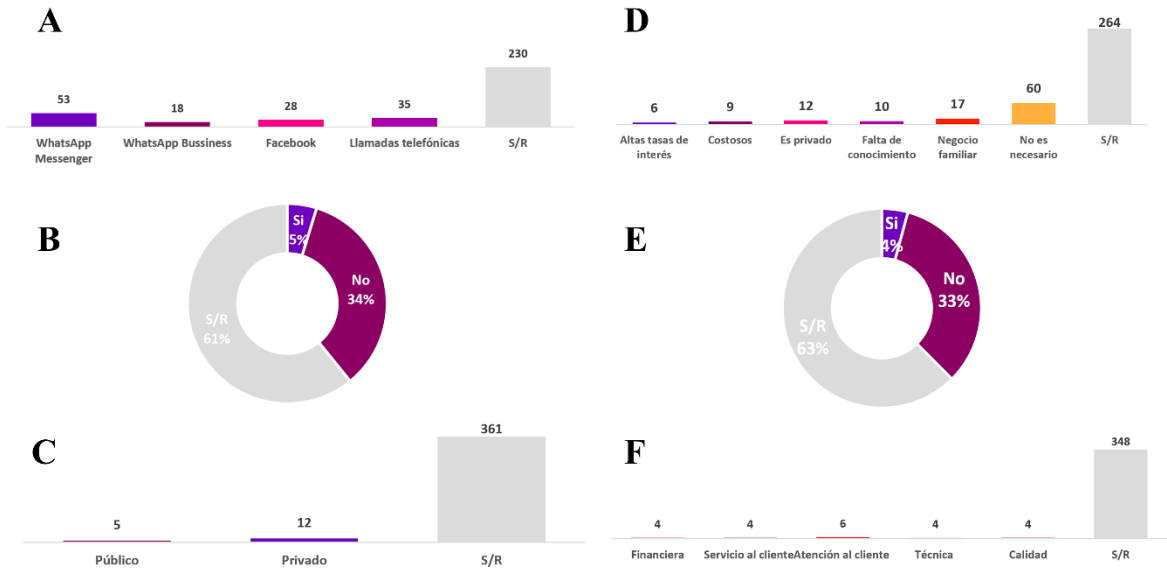


Figura 5. A) ¿Qué canales de comunicación utiliza el negocio para interactuar con sus clientes?, B) ¿Ha contado con algún tipo de financiamiento?, C) ¿De qué tipo?, D) Razón por la que no cuentas con un financiamiento, E) ¿Ha solicitado asesoría especializada externa para apoyar su desarrollo y crecimiento empresarial?, F) ¿Qué áreas específicas del negocio han sido objeto de asesoría?

Como de igual manera los porcentajes de las TIC que se presentaron tienen conexión con lo que menciona Correa (2015) ya que hablo sobre la capacidad de tecnologías de información, capacidades organizacionales y desempeño organizacional en MiPyMes señala la relación que existe entre la implementación de las tecnologías de información y las mejoras en el desempeño y sus resultados expusieron que si existe una relación positiva.

Algo importante por resaltar respecto a la capacitación de los empleados en las tecnologías de información de manera efectiva en sus tareas diarias, es el hecho que un 9% de las empresas ofrece este tipo de capacitación, el 17% no la ofrece y un 74% no respondieron, estos resultados corroboran lo comentado por Islas-Pineda et al. (2020) sobre los factores de las TIC que contribuyen a mejorar el desempeño del negocio de las MiPyMes, indicando cómo las inversiones financieras y aplicando buenas estrategias de implementación de las TIC cooperan a mejorar el rendimiento de las MiPyMes obteniendo mayores oportunidades de mejora e impulsando a los negocios.

Con base a los resultados arrojados y analizando que los negocios necesitan de un apoyo para reforzar o consultar información, se propuso el "desarrollo de un plan de capacitación digital inclusiva" mediante una aplicación de software diseñada para funcionar en dispositivos móviles (APP) enfocado a los emprendedores de las altas montañas en el estado de Veracruz, México, cuyo propósito será identificar las necesidades de capacitación de los emprendedores del municipio, elaborar un programa de aprendizaje ilustrativo, didáctico y lúdico considerando las necesidades identificadas. Los principales ejes temáticos serán: ventas (estrategias de ventas y servicio al cliente), TIC (aplicación de las tecnologías de la información), finanzas (educación financiera) y fiscal (guías para trámites fiscales). Algunos elementos propuestos para la APP son: diagnóstico (evaluación de la gestión de la empresa), repositorio (ejes temáticos), configuración (personalización de la App), usuarios (registro de datos), comunicación (redes sociales) y evaluación (medición del desempeño) todo esto orientado a que con ello el personal de las MiPyMes pueda consultar en tiempo y forma, información de interés y ayudarles en su formación.

Dentro de las limitaciones presentadas a lo largo del estudio, se observó que la mayor parte de los dueños o administradores de los negocios optaron por no responder las encuestas, asimismo en la aplicación de las encuestas la mayor parte del tiempo hubo rechazo a contestar o cuestionamiento sobre el uso de la información o si la información proporcionada se mantendría bajo confidencialidad, ya que se tocaban temas entorno a lo económico, comprendiendo esa desconfianza dado a que temían que la información se compartiera con el municipio u otra entidad y pudieran afectar su negocio.

CONCLUSIÓN

De acuerdo al estudio se hace notorio que las MiPyMes del municipio de Camerino Z. Mendoza, Veracruz, presentan grandes retos como la mayoría de este tipo de empresas en el país y en Latinoamérica; por ejemplo carencia de un estructura que dé soporte a su organización, como la falta de organigramas jerárquicos, el poco interés por la capacitación de sus colaboradores y el impacto que este tiene, ya que al ser una capacitación debe de ser realizada constantemente para optimizar tanto los procesos como para que el personal esté más preparado ante los cambios, de igual manera se ve que las TIC tienen fuerte relevancia ya que al ser un medio muy utilizado para casi todos los negocios dan ese impulso pero se debe de profundizar más sobre las nuevas tecnologías y usarlas a su favor, sobre el tema del financiamiento se observó que muchas ellas no acceden porque no tienen conocimiento y sobre ello igual se debe analizar las maneras de que accedan a programas para su apoyo y finalmente en el tema de la asesoría la mayor parte no lo ve necesario, pero se puede apreciar que hay muchas oportunidades que necesitan de una asesoría.

Dado lo anterior, es importante apoyar a las MiPyMes del municipio objeto de estudio por medio de estrategias que apoyen e impulsen a los negocios, por ello resaltando el plan de capacitación digital que se manejara y conforme se estudie a profundidad tener mejores alcances y pueda ser

implementado en más lugares de la región abriendo puertas a la permanencia de estos negocios y reestructurando algunos apoyos para que más de ellas puedan acceder a mejores oportunidades. Para investigaciones futuras se propone realizar estudios del impacto de la implementación de las estrategias empresariales en la competitividad de las unidades de estudio. Finalmente se comprobó la hipótesis referente a que las MiPyMes del Municipio de Camerino Z. Mendoza, Veracruz, México tienen una baja capacitación, uso de TIC, acceso a financiamiento y asesoramiento especializado.

REFERENCIAS

Arias, F. G. (2012). El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica (6ta ed.). Editorial Episteme.

Bernal-Domínguez, C. E., Mora-Palazuelos, G. G., Arellano-Unzaga, K. M., & Torres-Carrillo, L. (2014). La alternativa del diagnóstico empresarial para la gestión directiva en las pequeñas empresas comerciales en Sinaloa. Telos, 16, 278-299.

Correa, O. M. (2015). Capacidad de tecnologías de información, capacidades organizacionales y desempeño organizacional en MIPYMES bogotanas que comercializan con textiles (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá, Facultad de Ciencias Económicas, Colombia.

Escobar-Pérez, J., & Cuervo-Martínez, Á. (2008). Validez de contenido y juicio de expertos: Una aproximación a su utilización. Avances en Medición, 6(1), 27-36.

García-Barragán, A. E. (2008). Diseño de un programa de capacitación y desarrollo para los dueños directivos de las MIPYMES manufactureras en México (Tesis de maestría). Universidad Nacional Autónoma de México.

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación (6.a ed.). McGraw-Hill Interamericana Editores.

Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, R., & Baptista-Lucio, P. (2017). Selección de la muestra. 25p.

Hurdawaty, R., & Tukiran, M. (2024). Strategies to increase the competitiveness of micro, small and medium enterprises (MSMEs): A narrative literature review. South Asian Journal of Social Studies and Economics, 21(1), 112-125.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2020). Estadísticas a propósito del día de las micro, pequeñas y medianas empresas. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

Islas-Pineda, J. A., López-Pérez, J. F., & Palomo-González, M. Á. (2020). Factores de las TIC que contribuyen a mejorar el desempeño del negocio de las MIPYMES. Contaduría y Administración, 65, 1-20.

López, J. F. (2024). Población estadística: Qué es, tipos y ejemplos. Economipedia. https://economipedia.com/definiciones/poblacion-estadistica.html#:~:text=La%20población%20estadística%20es%20el,grande%20que%20se%20considera%20ilimitado

Madrid, V. A. K., Montes, A. P. C., & Carrasco, G. J. A. (2019). Factores y variables que determinan el crecimiento de microempresas del subsector confección en el Emporio Gamarra, 2017.

Maksimova, E. (2018). Las MIPYMES y su importancia en la generación de empleo en el estado de Guanajuato (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional Autónoma de México.

Melgarejo, T. R. A. (2013). Fuentes alternas de financiamiento a corto plazo para las MIPYMES en México (Tesis de maestría). Universidad Nacional Autónoma de México.

Rodríguez, E. R., & Romero, N. M. (2021). MIPYMES en México: Relevancia, retos y potencialidades. Revista Iberoamericana de Investigación en Educación, 2, 1-8.

Rosero, R. K. J. (2021). Análisis del sector empresarial de los organismos regionales y su incidencia en la competitividad internacional de las MIPYMES del Carchi (Tesis de maestría). UPEC, Ecuador.

Sánchez, H., Reyes, C., & Mejía, K. (2018). Manual de términos en investigación científica, tecnológica y humanística. Universidad Ricardo Palma.

Westreicher, G. (2020). Encuesta. Economipedia. https://economipedia.com/definiciones/encuesta.html

Mujeres artesanas: patrimonio cultural y desarrollo en el municipio de Mendoza, Veracruz, México

Mauricio Rojas-Ascensión[1]*, Gregorio Hernández-Salinas[1], Luis Alfredo Hernández-Vásquez[1], Sergio Reyes-Rosas[1]

[1]Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Zongolica. Zongolica, Veracruz, México.
*Autor para correspondencia: mauricio_rojas_152@zongolica.tecnm.mx

Recibido: 05/10/24; Aceptado: 02/12/24; Publicado en línea: 20/12/24

RESUMEN

Esta investigación tiene como objetivo reconocer y preservar el conocimiento tradicional de las mujeres artesanas de barro en La Cuesta, Municipio de Camerino Z. Mendoza, contribuyendo así a la promoción del patrimonio cultural y el desarrollo comunitario en la región. A través de un enfoque integral, se analizarán los contextos social, ambiental y económico en los que se desenvuelven las artesanas, destacando su identidad, necesidades y contribuciones a la cultura local. La investigación se centra en la documentación y sistematización del conocimiento tradicional de las mujeres artesanas de barro, incluyendo sus técnicas, herramientas y materiales. También se explorarán las formas en que las artesanas enfrentan los desafíos de la globalización y la modernización, y cómo mantienen vivas sus tradiciones y costumbres. En el contexto social, se analizarán las estructuras organizativas, los roles y responsabilidades de las artesanas, así como sus relaciones con la comunidad y las instituciones locales. En el contexto ambiental, se evaluará el manejo y conservación de los recursos naturales, como el agua, suelo, flora y fauna, y cómo las artesanas aplican su conocimiento tradicional para mantener el equilibrio ecológico. Finalmente, en el contexto económico, se examinarán los costos de inversión y producción de las actividades artesanales, agrícolas, pecuarias y forestales, y cómo estas actividades contribuyen al desarrollo económico local. Esta investigación es fundamental para: -Preservar el patrimonio cultural de las mujeres artesanas de barro. - Fortalecer el desarrollo comunitario y económico en La Cuesta. -Promover la valorización de la identidad cultural local. -Evitar el abandono de conocimientos tradicionales ante la globalización. A través de esta investigación, se busca contribuir a la construcción de una sociedad más justa, equitativa y sostenible, donde las mujeres artesanas de barro puedan seguir desarrollando sus tradiciones y contribuyendo al bienestar de su comunidad.

Palabras clave: Desarrollo comunitario, Mujeres, artesanías de barro, cultura, conservación, sistematización.

ABSTRACT

This research aims to recognize and preserve the traditional knowledge of women potters in La Cuesta, Camerino Z. Mendoza, contributing to the promotion of cultural heritage and community development in the region. Through a comprehensive approach, this study analyzes the social, environmental, and economic contexts in which these artisans operate, highlighting their identity, needs, and contributions to local culture. The research focuses on documenting and systematizing the traditional knowledge of women potters, including techniques, tools, and materials. It also explores how artisans face globalization and modernization challenges while maintaining their traditions and customs. This study examines: - Social structures, roles, and responsibilities of artisans - Environmental resource management and conservation - Economic costs and production of artisanal, agricultural, livestock, and forestry activities. This research is crucial for: - Preserving cultural heritage of women potters - Strengthening community and economic development in La Cuesta - Promoting local cultural identity - Preventing loss of traditional knowledge due to globalization. This study seeks to contribute to building a more just, equitable, and sustainable society where women potters can continue developing their traditions and contributing to their community's well-being.

Key words: Community development, Women, clay crafts, culture, conservation, systematization.

INTRODUCCIÓN

Unos de los primeros trabajos referidos a la problemática social de nuestros días fueron realizados en 1994 por Pierre Bourdieu este trabajo trata de aprehender las realidades sociales como construcciones históricas y cotidianas. El trabajo se desarrolló a partir de metodologías cualitativa, histórico, comparativo y el método de comprensión cómo se desenvuelve el ser humano en el entorno social. Los resultados obtenidos de este trabajo fueron el concepto de representación social, en otras palabras, es una tentativa innovadora para articular las relaciones entre el individuo y la sociedad. Durante los primeros años de la década de los veinte, un grupo de intelectuales mexicanos se dio a la tarea de poner por primera vez ante los ojos del mundo, las artes de México la literatura, la música, la pintura, el grabado, la escultura y, principalmente, las artesanías, como parte del proceso de integración de nuestra identidad nacional surgido después de la Revolución de 1910. En realidad, esos primeros años marcaron el inicio de la revaloración de nuestra cultura y el reconocimiento de que el arte en México tenía manifestaciones importantes, y que una de éstas era precisamente la de las artesanías populares, representada por múltiples objetos hechos con los más variados materiales y técnicas (Espejel, 2014). Hablando de igual manera de cultura y tradición en nuestro país existen diversos trabajos enfocados dentro de los cuales se encuentra la elaboración de vasijas y ollas de barro negro dentro del poblado de San Bartolo Coyotepec, Oaxaca. Cambiando el color y el brillo del barro bajo una técnica de conocimiento que asegura le fue heredado por sus antepasados, encontrándose dentro de las 10 artesanías más representativas en México (Murillo, 2019). Las artesanías destacan la función social del arte, al que se suma el aporte personal de quienes en ellas trabajan y su importante rol en la defensa y mantenimiento de la tradición y herencia cultural de un pueblo, comunidad o país (Knapik & Król, 2023).

El Instituto Nacional de Estadística y Geografía con el apoyo del Consejo Nacional para la Cultura y Artes realizó en el 2012 la Encuesta Nacional de Consumo Cultural en México en donde dicha información recabada arrojó que nuestro país cuenta con un total de 12 millones 896 mil 833 artesanos. La elaboración de artesanías tradicionales es una de las actividades más productivas y de mayor tamaño en el sector de la cultura, generando más de 96 millones 620 mil pesos de Producto Interno Bruto y 340 mil 286 puestos de trabajo. Es decir, que tres de cada 10 empleos en el sector cultural, corresponden a la labor artesanal (ENCCUM, 2012). Cabe mencionar que para poder llevar a cabo una investigación es necesario conocer el entorno en que se pretende trabajar, para ello es importante llevar a cabo un estudio social ya que estos son importantes debido a la disciplina que tienen al estudiar al ser humano como un ser social y cultural relacionándose así en una sociedad base a una buena dinámica organizativa entre el grupo o grupos que la conforman para poder llegar a una resolución de conflictos que existan dentro del entrono así enseñando al grupo a llegar un consenso (Avruch, 2022).

Muchos ejemplos muestran que en el siglo XXI las mujeres no sólo han avanzado en el reconocimiento de sus derechos laborales y sociales, sino que han alcanzado puestos o trabajan en áreas que antes eran patrimonio exclusivo de los hombres. La Declaración y Plataforma de Acción de Beijing, aprobada por los Estados miembros en 1995, destaca a las mujeres y la economía como una de las 12 principales esferas de preocupación. Los 189 gobiernos que firmaron el acuerdo se comprometieron a llevar a cabo acciones específicas para alcanzar objetivos concretos para mejorar el papel de las mujeres en la economía (Debusscher, 2015). A lo largo de las investigaciones los diferentes autores se han enfocado en temas de cultura y del impacto que ha tenido dentro de un grupo social enriqueciendo el arte mexicano, tanto en encuentros y desencuentros de diversas culturas. Por ello se considera importante realizar un estudio. Desde el siglo XVI se puede observar un proceso de vinculación cultural entre grupos sociales con orígenes diversos, que producen diversas propuestas artísticas (Smith, 1998).

En estos procesos la mujer es parte fundamental del desarrollo artístico dando lugar, en algunos casos a la generación de un ingreso económico, además de desempeñar los roles como madres y esposas, para ello es importante crear un estudio comunitario en el cual se pueda crear un proceso de documentación y análisis de información acerca de cómo se desenvuelven las mujeres artesanas en los ámbitos culturales y sociales (Flores & Montes, 2022). El estudio de comunidad tiene como propósito identificar las características sociopsicológicas, económicas, históricas, geográficas y culturales que inciden en el bienestar de la población de cada una de las familias, los grupos y la comunidad en su conjunto (Torre, 2010). El estudio comunitario es importante ya que por medio de él se pueden generar alternativas y-o soluciones de acuerdo a las necesidades de las diferentes personas que conforman un grupo social, haciendo así una investigación verídica que pueda ayudar a las autoridades municipales y a la misma comunidad teniendo un documento ya registrado en el cual se puedan llevar a cabo propuestas de mejora.

El objetivo del presente estudio fue documentar el conocimiento tradicional de las mujeres artesanas, de la comunidad de La Cuesta, Camerino Z Mendoza, Veracruz, México. Ya que es importante conocer los estudios anteriores para dar relevancia a los conocimientos que han ido adquiriendo a lo largo de su vida. Así mismo la aportación económica que realizan a través de sus conocimientos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Zona de estudio. El área en estudio (La comunidad de la Cuesta) se localiza en el Municipio Camerino Z. Mendoza del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave México y se encuentra en las coordenadas GPS: Longitud: -97.170833 Latitud: 18.789444 La localidad se encuentra a una mediana altura de 1540 metros sobre el nivel del mar.

Figura 1. Ubicación del área de estudio.

La población total de La Cuesta es de 1503 personas, de cuales 740 son masculinos y 763 femeninas. Su principal actividad económica es la agricultura y el arte a través de la elaboración de productos de barro y la comercialización de los mismos. Su lengua natal es el náhuatl, y portan un traje típico que se conforma por la bayeta, el ilpicalt, huaraches, etc. Para crear sus alimentos utilizan leña y carbón, y el cultivo que más predomina es el maíz; el cual sirve para el autoconsumo, para los animales, para siembra y venta de este. El presente trabajo de investigación es de carácter descriptivo, llevado a cabo bajo la metodología de Geilfus en su manual 80 herramientas y Daniel Selener en su manual de sistematización, provocando procesos de aprendizaje. La documentación se llevó a cabo dentro de la comunidad de la Cuesta, municipio de Camerino Z. Mendoza en donde se trabajó con mujeres artesanas, para conocer el conocimiento tradicional que aplican en su espacio productivo; así como

la coordinación, asociación y organización en el desarrollo de los procesos artesanales tales como bordados, gastronomía, trabajos de madera, y en especial el barro, ya que es la práctica o actividad ancestral más sobresaliente de esa comunidad. De igual modo conocer las formas de vida, las necesidades, las potencialidades y problemáticas que afrontan las familias artesanas. Cabe mencionar que durante el trabajo de investigación diagnóstica se aprendió sobre la cultura y creencias de las artesanas, así como de su visión y misión. Pero de igual modo su conocimiento en otras áreas no artesanales como el manejo tradicional de los sistemas de producción, pecuario, agrícola y forestal. Para el presente trabajo se tomó en cuenta el manual de las 80 herramientas del cual se emplearon las siguientes: El dialogo semi- estructurado el cual tiene como objetivo; recolectar información general o específica mediante diálogos con individuos (informantes clave), grupos familiares (familias representativas) o grupos enfocados (Brown & Danaher, 2019). En la comunidad de la cuesta se aplicó esta técnica considerando a los informantes claves en la cual participaron un grupo de artesanas y familias las cuales también se dedican a la artesanía y fueron de gran ayuda por que aportaron la información valiosa para la investigación que se llevó a cabo.

Otra de las herramientas empleadas fue La estrategia de vida. Cuyo objetivo es: entender las diferentes posibilidades de ingreso que se ofrecen a la gente de la comunidad, y las condiciones de acceso a estas fuentes de ingreso todo en la propia visión de la gente. Se utilizó esta herramienta para saber qué a que se dedican y si solo realizan una sola labor o aparte de realizar artesanías a que más se dedican las mujeres artesanas. La herramienta análisis organizacional/ diagrama de ven; se aplicó para conocer las organizaciones y grupos activos en la comunidad, y como sus miembros los visualizan; entender las interacciones que tienen estas organizaciones entre sí. Otra herramienta fue el análisis FODA para así poder atender a las necesidades y situaciones que se pudieran presentar durante el trabajo de investigación. Cuyo objetivo es realizar una evaluación "ex- ante" de las principales alternativas priorizadas, para tratar de comprar ventajas e inconvenientes, prever posibles problemas. Una herramienta que nos ayudó para recopilar los datos sobre el grupo de personas fue el perfil de grupo el cual se encarga de lo siguiente: Es un método rápido y conveniente para entender en sentido general las características socio-económicas, cualitativas y cuantitativas (Enceng et al. 2025).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este apartado se describen los resultados obtenidos de la metodología aplicada a las mujeres artesanas referido a su modo de vida, de producción y relación con los recursos naturales dividido en tres contextos social, ambiental y económico, donde se analizan las características de cada uno de los ejes como se presentan a continuación:

Contexto Social. Misión: "Crear los mejores productos artesanales y de seguir transmitiendo su conocimiento a las nuevas generaciones para seguir con la práctica que es la herencia que ha sido adquirida a través del tiempo y de sus antepasados (bisabuelas, abuelas y madres)". Visión: "Ser artesanas con honestidad, respeto y con mira a la productividad de artesanías de barro beneficiando a las actuales y futuras generaciones mediante su conocimiento". Objetivos: Transmitir sus saberes a las nuevas generaciones evitando la perdida de este conocimiento tradicional que viene de generación en generación. Valores: Las mujeres artesanas tiene fijada sus valores que han adquirido de sus padres y abuelos tales como: a) el Respeto Para las mujeres el respeto es saludar, a toda la gente de la comunidad sin importar su credo, su posición social. También entra el hablar con serenidad no ser grosero y hablar con un tono moderado aun que exista enojo. b). Honestidad Para ellas es un valor fundamental y es de suma importancia ellas han inculcado a sus hijos en no tomar algo que no les pertenece, y devolver todo aquello que se llegase a encontrar en el camino que pertenece a otro. c). - Solidaridad Para las artesanas la solidaridad es apoyar al desvalido o al que necesita, ellas tienen como dicho "hoy por ellos mañana por nosotras". d). - Tolerancia Dentro de la comunidad, las artesanas practican la tolerancia respetando las opiniones, ideas o actitudes de las demás personas,

aunque no coincidan con las de ellas. e). - Humildad con las artesanas existe este valor no como signo de pobreza, sino que al tener ciertos conocimientos ellas no son prejuiciosas, por saber más que otra; si no al contrario, comparten su conocimiento, para que otras puedan repetir el mismo trabajo o desarrollar uno nuevo mejor que el de ellas.

Figura 2. Vestimenta típica de las mujeres de la comunidad en estudio.

La lengua nativa: en la Cuesta se habla la lengua náhuatl. Para las artesanas su lengua es de suma importancia, es la herencia que ellas han recibido de sus padres y abuelos, es algo que a ellas enorgullece porque es parte de su cultura, de su forma de vida e identidad. La Vestimenta: Su indumentaria consiste en la bayeta, blusas llamadas sanjuaneras, reboso de hilo, huaraches; utilizan un ilpicaltl (cintilla) que se la colocan en la cintura, se peinan haciéndose trenzas sujetas con pasadores diamantados (Figura 2).

Dentro de la joyería de este grupo de mujeres indígenas encontramos aretes largos y perlados, así como collares llamativos de piedras. Sólo las mujeres las que tienen su traje típico; los hombres visten con pantalón y camisa moderna, algunos usan sombrero de palma. Religión: Las religiones que se profesan dentro de la comunidad son la católica, Testigos de Jehová y La Luz del Mundo. La religión que profesan las artesanas de barro es la católica, dentro de la cual celebra a San Martin de Porres, y se congregan cada ocho días para celebrar la Eucaristía según sus creencias de las artesanas. En los hogares de las artesanas cuentan con ídolos a las cuales les guardan respeto, y les rinden culto cada determinado tiempo. Las tradiciones: Dentro de la comunidad como tradición se tiene la a).- Fiestas de muertos celebrada el 31 de octubre, 01, 02 y 03 de noviembre de cada año, consiste en la puesta de ofrendas con diversidad de alimentos, bebidas, flores y velas, b).- Xochitlalis “Puesta flores” es otra de las tradiciones que tiene la comunidad de ofrecer a la madre tierra flores y agradecimientos por la productividad, por las cosechas Formas de organización en la comunidad: La comunidad está

organizada de acuerdo a diferentes comités: a) Comité escolar conformado por un presidente, secretario y tesorero. Encargado de vigilar la educación de los niños y del mantenimiento de las aulas b). - Comité de agua. encargado de vigilar las tuberías y manejo de los nacimientos de agua, conformado por un presidente, secretario y tesorero. c). - Comité de Faenas o tequios Esta organización está integrada por el agente municipal de la comunidad y su cabildo; el agente municipal es el que ordena al cabildo a reunir a la comunidad para ciertas labores. las faenas o tequios son actividades comunitarias que se realizan de manera colectiva para mantener a la comunidad ordenada (limpieza de calles, cunetas, atención a derrumbes en épocas de lluvias, atención a los incendios en tiempos de sequias, etc.) Fiestas patronales: La fiesta patronal se organiza mediante una mayordomía que está conformada por los tiachkas (mayordomos). El mayordomo es el que se encargan de arreglar la iglesia con flores o adornos artificiales, asear el templo, y agenda la misa con anticipación con el encargado de la iglesia (sacristán). Fiestas familiares: Cuando se trata de una fiesta familiar esta se organiza por la propia familia; un mes antes se les hace la invitación a los familiares principales y un día antes de la fiesta la señora de la casa junto con otras mujeres invitadas realiza los preparativos; ponen el nixtamal, limpian el frijol y el arroz, hacen las compras y se encargan de preparar todos los alimentos para la fiesta.

Organización de las mujeres artesanas. Dentro de la comunidad existen 763 mujeres de las cuales 20 son artesanas dedicadas a la labor del manejo del barro, cada artesana se organiza con su familia, el rol del hombre en este oficio es realizar las labores más pesadas como acarrear el barro, la leña y llevar los productos (comales) al mercado. Si en la familia hay hijas, son las que ayudan a la mamá a realizar el proceso de la elaboración, preparación de los materiales. Por lo regular comienzan a trabajar el barro durante las tardes, (que ellas llaman tiempo libre), ya que en la mañana a medio día realizan otras labores como: las del hogar, trabajos en campo, cuidado del traspatio y de sus animales domésticos.

Contexto ambiental. En lo que refiere a lo ambiental, las actividades que realizan las artesanas tienen que ver mucho con los recursos naturales por lo tanto las mujeres cuidan del medio ambiente y están agradecidas con la madre tierra por la riqueza y materia prima que les brinda (barro, leñas, agua, minerales, entre otros). Conocimiento en el aprovechamiento y manejo de los recursos naturales: La comunidad se encuentra localizada dentro de un área forestal, donde predominan especies vegetales como: Pinos, encinos, ocotes, y de fauna silvestre se encuentran: ardillas, zorrillos, tlacuaches, coyotes, etc. Una parte de aprovechamiento es de colecta y otra parte es de transformación (aserió de maderas y elaboración de carbón) en el bosque se práctica la agricultura bajo el conocimiento tradicional y agroecológico es decir no se emplean pesticidas ni maquinaria para las labores culturales solo el conocimiento empírico como el uso de estiércoles de animales para la fertilización de los cultivos , en cuanto a la actividad forestal como la elaboración del carbón es de manera artesanal, solo en la extracción de madera se ocupa la motosierra, las familias tiene claro que los bosques deben ser aprovechados de manera racional por la intervención de la CONAFOR. Las artesanas tienen un conocimiento sobre el recurso suelo, conocen que cultivos puede ser aptos en cada área de su territorio. Las artesanas identifican las arcillas como el barro para su artesanía, es una práctica ancestral que vienen arrastrando desde la época primitiva para elaborar sus utensilios de cocina como son: cazuelas, ollas, jarros, platós y comales. En el de la elaboración de los comales utilizan principalmente el barro amarillo, el suelo barroso de color café lo usan para sus siembras (Cuadro 1).

Cuadro 1. Clasificación de suelo según los artesanos de la comunidad en estudio.

No.	Tipo	Usos	Color	Textura
1	Suelo de bosque	Para cultivar maíz	Oscuro	Suave y suelto
2	Suelo negro	Para cultivo de haba, flores	Oscuro	Suelto
3	Suelo barroso	Para cultivo de calabaza y frijol	Café	Pegajoso
3	Tierra barroso	Para la artesanía	Amarillo oxido	Pegajoso

Conocimiento etnobotánico. Las mujeres artesanas poseen conocimientos sobre cientos de especies vegetales. Ellas identifican fácilmente las especies vegetales observándolas, oliéndolas y probándolas, es decir las clasifican de acuerdo a su uso y así se tienen a las plantas medicinales "xihpatlih", plantas comestibles "quelites", de ornato, forrajeras, etc. En el Cuadro 2 se muestran algunas de estas plantas.

Cuadro 2. Clasificación de plantas según las artesanas de la comunidad.

No.	Nombre local	Nombre científico	Uso
1	Astayatl	*Artemisia vulgaris*	Cura la frialdad
2	Alota	*Ruta graveolens*	Para dolor interno
4	Maistra	*Artemisia absinthium*	Para dolores y tos
5	Kilmeh	Grupo de quelites género *Amarantus*	Comestibles

Conocimiento en el manejo y conservación de las semillas. De acuerdo a el dialogo que se tuvo con las artesanas se descubrió que su conocimiento acerca de semillas está basado en la selección, conservación y su aprovechamiento. En el momento de la selección se fijan en el color, tamaño, y textura. Por lo regular son las semillas de maíz y calabaza, las que más se conservan (Figura 3).

Figura 3. Conservación de la semilla de maíz.

Contexto Económico-Productivo. En este apartado se describen las actividades productivas de la comunidad, las cuales permiten generar ingresos y satisfacer necesidades básicas como alimentación, educación y salud. 1) Producción agrícola. La agricultura es una de las principales actividades económicas de la comunidad. Destaca el agroecosistema milpa, donde se cultivan maíz, frijol, calabaza, haba y flores. Además, en los traspatios y patios se encuentran árboles frutales como perales, manzanos, ciruelos, duraznos y plátanos. Una parte de esta producción se destina al autoconsumo, mientras que el excedente se comercializa en ciudades cercanas como Ciudad Mendoza, Nogales, Río Blanco y Orizaba, generando ingresos complementarios. Dentro del agroecosistema milpa y los patios también se obtienen otros productos como quelites, hongos, flores, forrajes y plantas medicinales. El manejo de estos agroecosistemas es tradicional, con labores realizadas mediante herramientas como azadones, arados, machetes y cavadores. Los terrenos de

cultivo, ubicados en laderas pronunciadas, suelen tener una extensión de 1 a 3 tareas (equivalentes a 500-1,500 m²). El costo total de producción para una tarea (500 m²) es de aproximadamente $1,200 pesos mexicanos. 2) Producción pecuaria. La ganadería de traspatio es otra actividad relevante en la comunidad. Este sistema incluye la cría, reproducción y engorde de aves, cerdos, borregos y animales de carga. Entre los productos obtenidos destacan el huevo y la carne, que son utilizados tanto para el consumo familiar como para la venta. El manejo del ganado es tradicional: los cerdos se crían en chiqueros construidos con materiales locales, mientras que las aves se mantienen en corrales pequeños o deambulan libremente por el entorno (Figura 4A y 4B). Estas prácticas permiten a las familias aprovechar al máximo los recursos disponibles para su sustento y generación de ingresos.

Figura 4. A) Corral para animales porcinos, B) Ave de traspatio: Guajolote en libertad.

Producción y Aprovechamiento de Recursos en la Comunidad

Reproducción y Manejo de Animales

La reproducción de animales en la comunidad se basa en la selección de los mejores ejemplares para las cruzas.

- **Alimentación:**
    - **Porcinos:** Se alimentan con granos de maíz y desperdicios provenientes de la cocina.
    - **Aves:** Su alimentación incluye restos de cosechas, hierbas o arvenses y agua de masa techada (agua utilizada para lavar las manos al moler).

Una vez que los animales alcanzan un peso adecuado, como en el caso de cerdos y borregos, estos se destinan a la venta en pie o en canal. En caso de enfermedad, son tratados con remedios caseros o medicamentos veterinarios.

- **Precios de venta:**
    - Cerdo o borrego: $2,500.00 a $3,000.00
    - Guajolote: $600.00 a $800.00
    - Gallina: $150.00 a $200.00

Manejo y Aprovechamiento Forestal

Las mujeres de la comunidad poseen un profundo conocimiento de las especies maderables y no maderables del bosque. Saben identificar qué recursos pueden recolectar para su consumo, como leñas adecuadas para la cocción de alimentos y el horneado de productos artesanales de barro, como los comales.

- **Producción de carbón vegetal:** Se elabora principalmente por los hombres, aunque las mujeres participan en su comercialización. El carbón se vende en la comunidad o se transporta a Ciudad Mendoza.
    - Precio por costal: $200.00 a $250.00
- **Elaboración de muebles rústicos:** Los hombres también fabrican muebles de madera como sillas, mesas, tocadores, camas y alacenas. Los precios varían según el tipo de mueble y oscilan entre $200.00 y $2,500.00.

Producción Artesanal

a) Gastronomía Artesanal: La preparación de alimentos es una tradición basada en el conocimiento ancestral transmitido de generación en generación. Entre los platillos típicos que elaboran las mujeres destacan:

- Mole, chilmole y chilcaldo
- Caldo de gallina
- Tamales (xokotamal y nakatamal)
- Atole de granillo (kuanextli')
- Tortillas y otros alimentos tradicionales

Algunos de estos productos se comercializan en el mercado de Ciudad Mendoza, contribuyendo a la economía local.

b) Artesanía de Barro: La artesanía de barro incluye la elaboración de comales, utensilios esenciales en la cocina para la cocción de tortillas, tostado de café, semillas, chile y ajonjolí.

- **Materiales y proceso:** Los comales se fabrican con una mezcla de barro amarillo y tebernal (mármol), extraídos de la naturaleza por las artesanas. Para transportar los materiales pesados, se utilizan caballos o burros, y una vez recolectados, se almacenan en lugares protegidos del sol y la lluvia hasta su uso.
- **Herramientas y materiales de apoyo:**
    - **Metlapil y metate:** Para moler el mármol
    - **Olotes:** Usados húmedos para quitar el exceso de barro en el comal formado
    - **Espátula:** Para despegar el barro de la mesa de trabajo
    - **Alisador (esponja):** Para alisar el comal y evitar grumos
    - **Harnero o tamiz:** Tamiza el mármol y el barro, eliminando impurezas

- **Cubetas:** Para almacenar el barro y el mármol
- **Medidor (lata de sardina):** Para medir el barro y el mármol
- **Moldes:** Comales viejos, conocidos como "mamas", que sirven para moldear los nuevos productos

Costos de producción: El barro es la principal materia prima utilizada en la elaboración de comales. Según entrevistas realizadas, los costos asociados incluyen materiales de apoyo, con datos detallados presentados en un cuadro correspondiente (Cuadro 3).

Cuadro 3. Costo de producción para una docena de comales.

Materiales	Cantidad	Costo unitario ($)	Costo total ($)
Barro	1 y ½ carga	80	80
Pedernal	½ carga	180	180
Leña	1 carga	100	100
Residuos de carbón	1 bulto	50	50
Moldes			
Extra chico	7	15	105
Chico	9	25	225
¾	15	40	600
Grande	10	80	800
Mano de obra	5	150	750
Total			**2,140**

Medidas y precios del comal. En cuanto a las medidas de los camales, depende mucho del gusto de cada familia, ya que no todas utilizan el mismo, esto se debe a que las familias son conformadas por diferente número.

Cuadro 4. Medidas y precios para la instalación de un comal.

Concepto	Medida en diámetro	Precio
Extra chico	24 cm	$10.00
Chico	32 cm	$20.00
1/4	48 cm	$30.00
Grande	50.6 cm	$40.00

Procesos de elaboración del comal. Para la fabricación del comal de barro cocido se emplean diversas técnicas en el tratamiento del material. A continuación, se detallan los principales pasos del proceso: a) Molido del barro: El barro se muele utilizando un molino de mano o un metlapil de piedra, asegurándose de eliminar los grumos. Una vez molido, el barro se deja reposar. b) Trituración y cocción del mármol: El mármol se coloca al fuego para cocerse, facilitando así su trituración. Luego, se muele sobre una piedra en forma de metate hasta obtener un polvo fino. c) Purificación del mármol: El polvo fino obtenido del mármol se pasa por un tamiz fino para eliminar impurezas. Este polvo se utiliza posteriormente para mezclarlo con el barro. d) Mezcla del barro con el mármol molido: Una vez purificado el mármol, se mezcla con el barro humedecido hasta lograr la textura ideal. Es fundamental evitar que la mezcla quede rugosa, ya que esto podría ocasionar que el comal se rompa o tenga grumos, impidiendo que cumpla su función correctamente. e) Formación de bolas de barro: La masa de barro mezclada se estira y se corta en tiras, que luego se forman en pequeñas bolitas. El número de bolitas indica la cantidad de comales que se producirán. Después, cada bola se golpea y se moldea en forma circular, utilizando polvo de mármol para evitar que la mezcla se adhiera a la mesa. f) Colocación del comal en la base: Una vez formada la base circular, se coloca en un molde y se extiende, retirando el exceso de barro con la ayuda de olotes. Con las manos, se ajusta la forma

circular y se suaviza la superficie con una esponja para eliminar cualquier imperfección. g) Secado del comal: El comal moldeado se deja reposar durante 15 días para que se seque completamente. Durante este tiempo, se coloca sobre el piso o las vigas del techo de la casa, aprovechando la circulación de aire y el calor del ambiente para compactar el barro. h) Pre-cocción u horneado inicial: La pre-cocción se lleva a cabo colocando los comales alrededor de un fogón, sostenidos por ollas de barro. Esto les permite comenzar el proceso de cocción. i) Estivación de los comales: Se apilan hasta 15 comales formando una estructura o monumento, que luego se cubre con troncos de leña seca. Esto permite un calentamiento uniforme y controlado. j) Cocción de los comales (horneado): Después de la apilación, los comales se tapan con láminas de madera para conservar el calor, asegurando así una cocción óptima. k) Enfriamiento de los comales cocidos: Al terminar la quema de la leña, se retiran las láminas o cubiertas, y los comales se dejan enfriar. Una vez fríos, se sacan y se colocan en el suelo para que reposen hasta estar listos para su almacenamiento. l) Acomodo para la venta: Finalmente, las artesanas colocan entre 5 y 10 comales en un reboso, atándolo al frente de su cuerpo para llevar los comales en su espalda. Este proceso se realiza con cuidado para evitar que los comales se rompan durante el transporte (Figura 5).

Figura 5. A) Secado de los comales, B) Pre-cocción de los comales, C) Horneado de los comales, D) Forma de transportar los comales.

Transporte para la venta. Una vez colocados los comales en su reboso, las artesanas los trasladan desde su casa hasta la carretera, donde toman el transporte. Al abordar, se dirigen hacia Ciudad Mendoza, lugar donde venden sus productos, o se trasladan a otros municipios.

Problemáticas que enfrentan las artesanas del comal. Una de las principales problemáticas que enfrentan las artesanas es la falta de demanda de estos productos, debido a que ha ido desapareciendo la tradición de hacer tortillas o cocer otros alimentos en comales de barro, siendo estos sustituidos por los comales de fierro. Otra dificultad es la falta de conciencia por parte de los compradores, quienes no valoran el esfuerzo y la dedicación que las artesanas invierten en cada comal, lo que se refleja en los intentos de regatear los precios. Además, el traslado de los comales al mercado es un desafío, ya que, al no contar con herramientas adecuadas para transportarlos, los comales se rompen

debido a los saltos en el camino o a la falta de capacidad de las camionetas, lo que genera pérdidas económicas para ellas y sus familias.

El trabajo de investigación realizado en la comunidad de La Cuesta, zona alta, perteneciente al municipio de Camerino Z. Mendoza, se desarrolló conforme a la metodología planteada, utilizando técnicas participativas que fueron fundamentales para obtener los resultados de la descripción del conocimiento que las mujeres artesanas poseen en los ámbitos social, ambiental y económico, y cómo este conocimiento contribuye a la conservación y divulgación de la tradición. Como menciona Aguirre (2007), el conocimiento tradicional se crea, se desarrolla y se mantiene en contextos comunitarios, donde puede ser compartido con otras comunidades y pueblos indígenas. Según Torre (2010), las características socio-psicológicas, económicas, históricas, geográficas y culturales impactan directamente en el bienestar de la población, las familias, los grupos y la comunidad en su conjunto. Por ello, este estudio fue crucial para entender la dinámica que tienen las mujeres artesanas en los ámbitos socioculturales, ambientales y económicos, así como el valioso aporte que ellas brindan para mejorar su calidad de vida.

CONCLUSIÓN

Las mujeres artesanas realizan diversas estrategias de vida en el contexto social, ecológico y económico- productivo a fin de mejorar su calidad de vida. Además, se ha identificado que los problemas de transporte y la fragilidad del producto durante el traslado al mercado afectan significativamente su rentabilidad y bienestar familiar. Sin embargo, el estudio también ha resaltado la importancia de este conocimiento tradicional, no solo como una fuente de ingresos, sino también como un elemento crucial de su patrimonio cultural, que contribuye al desarrollo social, económico y ambiental de la comunidad. Es necesario continuar apoyando a estas artesanas mediante estrategias que valoren su trabajo, promuevan el consumo de sus productos y mejoren las condiciones de transporte, para garantizar que su legado y esfuerzo sigan siendo reconocidos y preservados por las futuras generaciones.

REFERENCIAS

Aguirre, A. G. (2007). Conocimiento tradicional de los pueblos indígenas de México y recursos genéticos. Unidad de planeación y consulta, Dirección General del Desarrollo y Cultura de los Pueblos Indígenas, Mexico. 61p.

Avruch, K. (2022). Culture and conflict resolution. In the Palgrave Encyclopedia of Peace and Conflict Studies (pp. 254-259). Cham: Springer International Publishing.

Brown, A., & Danaher, P. A. (2019). CHE principles: Facilitating authentic and dialogical semi-structured interviews in educational research. International journal of research & method in education, 42(1), 76-90.

Debusscher, P. (2015). Evaluation of the Beijing Platform for Action+ 20 and the opportunities for achieving gender equality and the empowerment of women in the post-2015 development agenda.

Enceng, E. I. S., Gaussian, G., Burhanudin, U., & Becic, A. (2025). SWOT Analysis of Ijarah Contracts in the Service Industry: Strategies for Growth and Challenges. Involvement International Journal of Business, 2(1), 54-64.

Encuesta Nacional de Consumo Cultural de México (ENCCUM). (2012). Artesanos y artesanías, una perspectiva económica. Secretaría de Cultura, México. 20p.

Espejel, C. (2014). ¿Arte popular o artesanías?. Universidad Nacional Autónoma de México, Coordinación de Difusión Cultural, Dirección De Literatura, México, 45p.

Flores M. M. de L., & Montes, J. F. (2022). The kaleidoscope of the indigenous: female artisans and female maquila workers in multicultural Mexico. Dialectical Anthropology, 46(2), 183-204.

Knapik, W., & Król, K. (2023). Inclusion of Vanishing Cultural Heritage in a Sustainable Rural Development Strategy–Prospects, Opportunities, Recommendations. Sustainability, 15(4), 3656.

Murillo, K. (2019). 10 artesanías típicas de México. Obtenido de https://www.aboutespanol.com/10-artesanias- tipicas-de-mexico-1187532.

Smith, B. (1998). Modernism's history: A study in twentieth-century art and ideas. Yale University Press.

Torre, A. H. (2010). La participación comunitaria en Salud y el Trabajo Social Sanitario. 41.

Biodiversidad

Aguadas: objetos clave para la conservación de la biodiversidad ante los efectos del cambio climático

Oscar Gustavo Retana-Guiascón[1]*, Jesús Vargas-Soriano[1]

[1]Centro de Estudios en Desarrollo Sustentable, Universidad Autónoma de Campeche, San Francisco de Campeche, Campeche, México.
*Autor para correspondencia: ogretana@uacam.mx

Recibido: 07/10/24; Aceptado: 02/12/24; Publicado en línea: 20/12/24

RESUMEN

Los efectos del cambio climático están alterando los regímenes de temperatura y precipitaciones a nivel global. Esto puede ser aún más crítico en regiones como la Península de Yucatán, México, en donde se registra una marcada estacionalidad y el agua dulce es subterránea. El estado de Campeche, a diferencia de Yucatán y Quintana Roo, presenta en gran parte de su territorio unos cuerpos de agua llamados localmente “aguadas” que constituyen la única fuente superficial de recurso hídrico el cual cada año es más limitado debido a las condiciones más extremas de altas temperaturas y sequias más prolongadas. Así, el objetivo de este trabajo fue determinar la importancia de las aguadas en territorios agroforestales como objetos de conservación clave para la biodiversidad ante los efectos del cambio climático. Durante 2015 y 2016 se trabajó en el ejido Cano Cruz, Campeche, se evaluaron cuatro aguadas a través de una matriz de integridad ecológica estimando tres atributos ecológicos clave; I1-Alfa diversidad faunística, I2-Estructura de la vegetación e I3-Permanencia y Temporalidad del espejo de agua. A pesar de que se existen fuentes de perturbación (cultivos, caminos, extracción de agua), las cuatro aguadas están dentro de un rango de salud “bueno”, por lo que es prioritario se consideren como objetos de conservación e instrumento de ordenamiento local en los territorios agroforestales comunitarios ya que juegan un papel determinante en la estructura y dinámica espacio-temporal de diversas comunidades bióticas y los procesos ecológicos entre estas.

Palabras clave: Diversidad Faunística, Sequia, Sistema Agroforestal, Recurso Hídrico.

ABSTRACT

The effects of climate change are altering temperature and precipitation regimes globally. This can be even more critical in regions such as the Yucatan Peninsula, Mexico, where there is a marked seasonality and fresh water is groundwater. The state of Campeche, unlike Yucatán and Quintana Roo, has in a large part of its territory bodies of water called locally "aguadas" and constitute the only surface source of water resources which is increasingly limited due to the more extreme conditions of high temperatures and longer droughts. Thus, the objective of this work was to determine the importance of aguadas in agroforestry territories as key conservation objects for biodiversity in the face of the effects of climate change. During 2015 and 2016, work was carried out in the Cano Cruz community, Campeche, four aguadas were evaluated through an ecological integrity matrix, estimating three key ecological attributes; I1-Alpha faunal diversity, I2-Vegetation structure and I3-Permanence and temporality of the water mirror. Despite the fact that there are sources of disturbance (crops, roads, water extraction), the four watering holes are within a "good" health range, so it is a priority to consider them as objects of conservation and local planning instruments in community agroforestry territories since they play a determining role in the structure and spatio-temporal dynamics of various biotic communities and the ecological processes between them.

Key words: Faunal Diversity, Drought, Agroforestry System, Water Resources.

INTRODUCCIÓN

Las principales amenazas que afectan el estado de conservación de la Biodiversidad, de acuerdo con el Informe Planeta Vivo 2024 (WWF, 2024), son la degradación y pérdida de hábitats, sobreexplotación, especies invasoras y enfermedades, contaminación y cambio climático. Lo datos de este informe muestran que el tamaño de las poblaciones de 5495 especies de anfibios, aves, peces,

mamíferos y reptiles a las que se ha hecho seguimiento en los últimos 50 años (1970-2020), se han reducido en un 73 %, alertando sobre una pérdida global de la biodiversidad sin precedente (WWF, 2024). Es así, que se reconoce que los efectos del cambio climático ya son visibles, producto de diversas actividades antropogénicas por el uso de combustibles fósiles, deforestación, **drenaje de humedales, entre otros tipos de degradación ambiental**, lo que ha conducido a reconocer una crisis climática que está alterando los regímenes de temperatura y precipitaciones a nivel global, así como el deterioro de la estructura y función de los ecosistemas aunado a la pérdida de los bienes y servicios de los mismo (Grimm et al. 2013; CEPAL, 2017).

Ante el inminente declive de la biodiversidad se han impulsado estrategias de adaptación para hacer frente a los impactos del cambio climático. Una de las acciones ha sido determinar objetos de conservación que permitan hacer evaluaciones ecológicas rápidas a diferentes escalas espaciales para favorecer la resiliencia ecosistémica, así como la persistencia del resto de los componentes ecológicos sobre todo en regiones vulnerables y con alta diversidad biológica (GIZ-CMP, 2020). Se considera que los objetos de conservación, puede ser un sistema ecológico, unidad de paisaje, hábitat o especies representativas de la biodiversidad que puedan ser monitoreadas y que permitan orientar medidas a través de los cambios que se registren espacio-temporalmente a fin de mantener las características o valores importantes de la biodiversidad local o regional (TNC, 2000; Granizo et al. 2006; Naciones Unidas, 2018).

Las alteraciones en los patrones de precipitación, incremento de temperatura y sequias más prolongadas a causa del cambio climático impactan directamente en la calidad del hábitat y recursos para el mantenimiento de las poblaciones de la fauna silvestre (Kaeslin et al. 2013). Estas implicaciones pueden ser aún más serias en regiones como la Península de Yucatán, México, en donde la mayor parte del agua dulce es subterránea debido a su superficie cárstica que provoca que toda el agua de lluvia se filtre. Asimismo, se registra una marcada estacionalidad climática de lluvias y secas, siendo el periodo de sequía el más crítico para la diversidad animal al registrarse condiciones extremas de altas temperaturas que impactan en la reducción de la productividad vegetal, disminuyendo drásticamente la disponibilidad de recursos alimenticio e hídrico (Ceballos & Valenzuela, 2010).

No obstante, en la Península de Yucatán y de manera particular en el territorio del estado de Campeche, existen unos cuerpos de agua superficiales llamados localmente “aguadas”, que se forman generalmente en bajos inundables con suelos mal drenados conocidos como “akalches” en maya, pueden ser temporales o permanentes y son de gran importancia para el mantenimiento de la biodiversidad, ya que impactan en la dinámica y estructura de la vegetación, por ende en la composición de especies animales invertebrados acuáticos, los cuales son fuentes de alimento para anfibios, reptiles, aves y mamíferos, tal y como se ha demostrado para la región de Calakmul en donde se ha realizado el monitoreo de especies prioritarias asociadas a las aguadas como el jaguar (*Panthera onca*), tapir (*Tapirus bairdii*), pecarí de labios blancos (*Tayassu pecari*), ocelote (*Leopardus pardalis*), pecarí de collar (*Pecari tajacu*), puma (*Puma concolor*), venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) y temazate (*Mazama* sp), zopilote rey (*Sarcoramphus papa*), hocofaisan (Crax rubra), pavo ocelado (*Meleagris ocellata*) y la garza cucharon (*Chlochearius chlochearius*) y el cocodrilo de pantano (*Crocodylus moreletii*). con la finalidad de crear un programa que incluya criterios y elementos para su manejo, conservación y protección (PRONATURA, 2005). Asimismo, se registran varios estudios sobre la importancia de las aguadas para el mantenimiento del pecarí de labios blancos (*T. pecari*), reportando que en la época de secas se desplazan hasta 16 km para usar los recursos alimentarios, agua y refugio que encuentran en las aguadas (Reyna et al. 2009; Reyna et al. 2010).

Otros trabajos realizados en la zona sur de Calakmul registraron una mayor riqueza de especies de mamíferos de talla mediana y grande en hábitats con aguadas, determinando que una cobertura con acahual arbóreo y selva alta, así como tamaño, número y temporalidad de las aguadas son los factores

más importantes en la distribución, abundancia y patrones de movimiento del tapir y pecarí de labios blancos, en especial durante la temporada de secas (Martínez et al. 2008; Pérez, 2011). En cuanto al uso de las aguadas por ensambles de aves, se registró que 167 especies de aves que hicieron uso de estos de las aguadas en Calakmul durante la temporada de secas, debido a que en estos hábitats hay más probabilidades de encontrar alimento (Puc, 2008).

Solo se ha registrado un estudio en la región de Calakmul enfocado a la modelación del efecto de desecación de aguadas en la conectividad del paisaje ante diferentes escenarios de sequía por el cambio climático, obteniendo que de intensificarse las sequías la baja disponibilidad de aguadas grandes dentro de la reserva provocaría que el tapir migrara hacia territorios ejidales aledaños en donde hay aguadas que son manejadas para uso doméstico, lo cual podría generar conflictos fauna-hombre (O'Farrill et al. 2010). De igual forma, solo se registra un reporte a nivel estatal relativo a promover el planteamiento de objetos de conservación en la región Calakmul-Balam kin-Balam kú. En este se propone el establecimiento de 13 objetos de conservación, seis a escala de comunidad-ecosistema incluyendo la selva alta y mediana perennifolia y subperennifolia, la selva baja, la selva baja inundable, las sabanas y los cuerpos de agua perenes e intermitentes, es decir las aguadas. Los siete objetos de conservación restantes son a escala población-especie: loro mejillas amarillas (*Amazona autumnalis*), zopilote rey (*S. papa*), jaguar (*P. onca*), mono araña (*Ateles geoffroyi*), mono aullador (*Alouatta pigra*), murciélagos (*Familia phillostomydae*), tapir (*T. bairdii*) y pecarí de labios blancos (*T. pecari*). El estudio muestra que, a pesar de todos los problemas relacionados al ambiente, estos objetos de conservación presentan niveles altos y muy altos de conservación, lo que demuestra que la región de Calakmul es una de las regiones prioritarias para el mantenimiento de la Biodiversidad regional a largo plazo (PRONATURA, 2005).

El establecimiento de las aguadas como objetos de conservación en áreas naturales de propiedad comunal cobra una alta relevancia ante los escenarios de sequias más extensas a causa del cambio climático, máxime si en estos territorios se hace el manejo y aprovechamiento de especies faunísticas de alta importancia cinegética bajo el esquema de UMAs, las cuales dependen de las aguadas para su sobrevivencia a lo largo del año. En este contexto, el objetivo del presente estudio fue determinar la importancia de las aguadas en territorios comunitarios como objetos de conservación clave en el mantenimiento de la fauna silvestre y la biodiversidad en general ante los efectos del cambio climático.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio. Se trabajo en el territorio agroforestal del ejido Carlos Cano Cruz, que se localiza al sureste del municipio de Campeche, México, entre las coordenadas 19º 22' 17.9'' N y 89º 52' 56'' W (Figura 1). El territorio se ubica en una gran plataforma calcárea emergente de las aguas del Golfo de México durante el periodo Terciario y Cuaternario, por lo que presenta una extensa superficie con relieves relativamente suaves, en el que predominan lomeríos constituidos fundamentalmente por rocas calizas (Palacio et al. 2011). El clima es cálido subhúmedo (Aw0), con una precipitación media anual de 1100 mm, la temperatura media anual es de 26.8 grados centígrados; el promedio más alto es de 29.6°C y el más bajo de 23.2°C (García, 1988).

Cuenta con una población de 250 habitantes de los cuales el 90 % provienen del estado de Tlaxcala y el 10 % restante son originarios de Veracruz y Tabasco, el régimen de propiedad es el parcelario (INEGI, 2005). Las actividades económicas primarias son la agricultura de soya, sorgo y maíz; así como la ganadería de borregos y la apicultura (INEGI, 2010). Entre las actividades económicas no convencionales se realiza la caza deportiva bajo el esquema de Unidad de Manejo, Conservación y Aprovechamiento Sustentable de la Vid Silvestre (UMA) la cual cuenta con una extensión de 9 mil hectáreas (ha) que corresponden al 90% del territorio comunal. Las especies autorizadas para aprovechamiento cinegético son: el pavo ocelado (*M. ocellata*); venado cola blanca (*O. virginianus*);

temazate (*Odocoileus pandora*) y el puerco de monte (*Pecari tajacu*), entre otras (SEMARNAT, 2015).

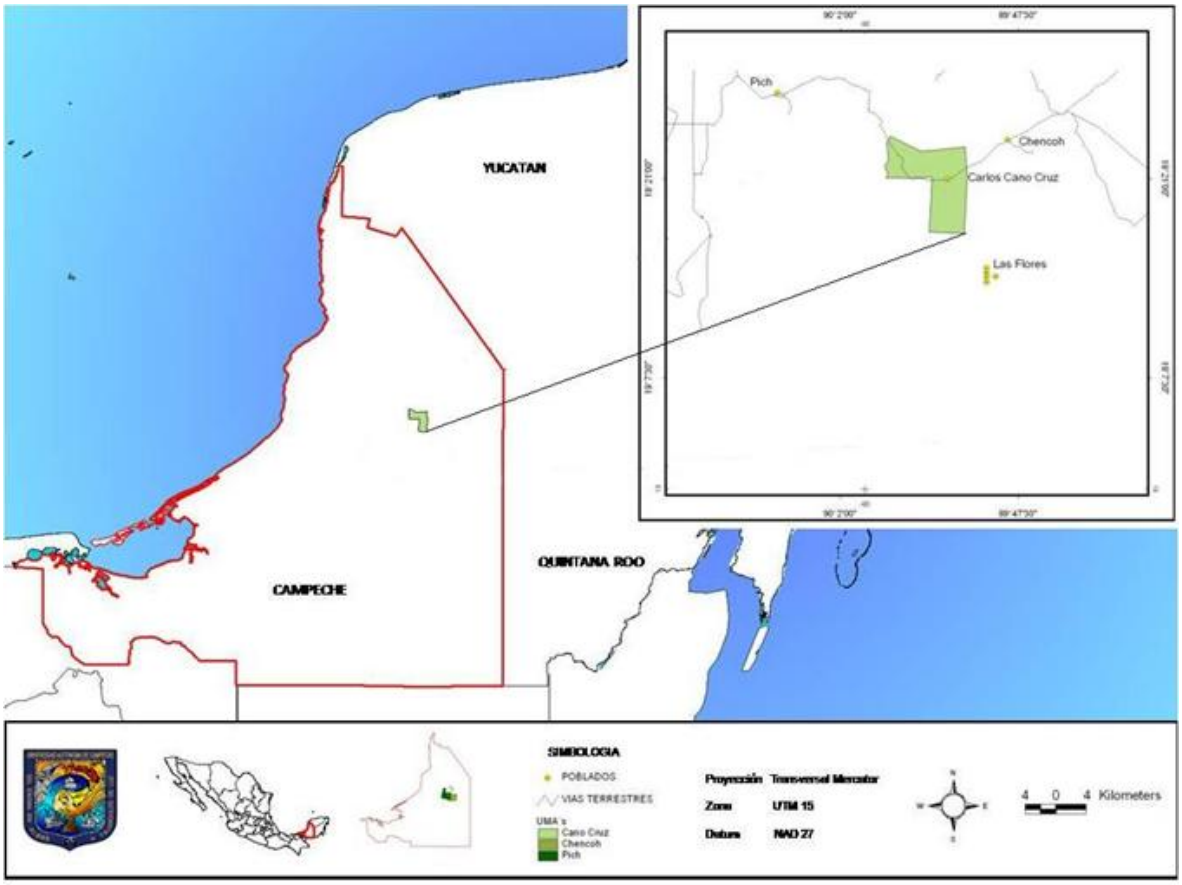


Figura 1. Ubicación y extensión del territorio agroforestal del ejido Cano Cruz, Campeche, México.

Se registran tres tipos de vegetación principales; 1) Selva baja perennifolia (inundable). Esta comunidad vegetal puede presentar un dosel entre 7 a 10 metros, se caracteriza por desarrollarse en suelos de tipo akalché con poca materia orgánica y drenaje muy lento, con inundaciones constantes durante la época de lluvias. Se suelen registrar asociaciones de tintal (*Haematoxylum campechianum*), sakpaj (*Byrsonima bucidaefolia*), jícaro (*Crescentia cujete*) y pukte' (*Bucida buceras*). 2) Selva mediana subcaducifolia. Predomina en la zona redomina en la zona de lomeríos y se desarrolla en suelos pedregosos con una capa somera de materia orgánica, posee afloramiento de rocas calcáreas. Está constituida por árboles cuya altura promedio oscila entre 10 y 20 metros, del 50 al 75 % de las especies eliminan sus hojas en la época seca del año. Como especies dominantes se encuentra el tsalam (*Lysiloma latisiliquum*), Sak pixoy (*Trema micrantra*), pich (*Enterolobium cyclocarpum*), jabín (*Piscidia piscipula*), Puckte (*Bucida buceras*) y chaká (*Bursera simaruba*). 3) Selva mediana subperennifolia. Esta comunidad vegetal se asocia a pendientes moderadas donde el escurrimiento superficial es rápido. El 25 % de los árboles se quedan sin hojas durante la época seca y tienen una altura media de 25 a 35 m, las palmas se encuentran formando parte de los estratos bajo y medio. Las especies dominantes son chicozapote (*Manilkara zapota*), tsalam (*Lysiloma latisiliquum*), Guayacan (*Guaiacum sanctum*) y ramón (*Brosimum alicastrum*). (Flores & Espejel, 1994).

Trabajo de campo y análisis de información. A partir del proyecto de investigación "Aprovechamiento Integral bajo el Esquema de UMAS Comunitarias, como Estrategia de

Conservación de la Fauna Silvestre y Fortalecimiento de las Capacidades Locales de Desarrollo-Camp-2010-C01-146243-Fomix CONACYT-GOB. CAMPECHE", realizado del 2010 a 2013, se reconoció que el territorio del ejido y UMA Cano Cruz presentaba una heterogeneidad agroforestal caracterizada por cuatro unidades de paisaje; Lomeríos, Mecanizados, Comunidades vegetales y Aguadas, que son determinantes en la estructura y dinámica de la diversidad faunística. Para las 9 aguadas registradas se observó variabilidad en su atributos bióticos y abióticos acordes a su tamaño, vegetación asociada y factores de perturbación como caminos y áreas de cultivo. Con base en lo anterior, en el presente estudio se seleccionó muestrear cuatro aguadas: Melitón (Figura 2A), Sufrimiento (Figura 2B), El Muerto (Figura 2C) y Cano Cruz (Figura 2E).

Para determinar la importancia de las aguadas como Objetos de Conservación, se aplicó la propuesta metodológica de TNC (2000 y 2004) y Granizo et al. (2006). Para definir si los objetos de conservación están dentro de un rango aceptable de salud se consideraron los siguientes atributos ecológicos clave: I-1. Alfa Diversidad Faunística, I-2. Estructura de la vegetación e I-3. Permanencia y Temporalidad del cuerpo de agua.

I-1. Alfa Diversidad de Fauna. Para cada aguada se estimó la riqueza y abundancia relativa de anfibios, reptiles, aves y mamíferos. Para el caso de anfibios y reptiles se utilizó el método de transectos por encuentros visuales (Vogt & Hine, 1982). Para las aves se empleó el método de conteo por puntos de radio fijo propuesto por Hutto et al. (1986) y Ralph et al. (1996). Para el muestreo de mamíferos voladores (quirópteros) se colocaron en cada aguada tres redes tipo mist net de 6 x 2.6 m en un horario de 18:00 a 24:00 horas. Para mamíferos no voladores como los roedores, se instalaron 40 trampas Sherman alrededor del cuerpo de agua, con una separación de 10 m entre trampa y trampa las cuales se cebaron con una mezcla de avena y vainilla En el caso de los mamíferos medianos se colocaron cuatro trampas Tomahawk a 20 m del borde de la aguada en los puntos cardinales (norte, sur, este y oeste), estas se cebaron con sardina. También se realizaron transectos para el registro indirecto de huellas o excretas de mamíferos grandes (Herrera, 2000). Durante los muestreos de fauna se usaron guías de campo de Howell &Webb (1995), Lee (1996), (Dunn et al. 1999), Medellín et al. (2008) y Reid (2009).

Con los datos obtenidos de abundancia y riqueza se estimó la alfa diversidad (α) mediante el índice de Shannon-Wiener ($H' = -\sum pi \ln pi$), donde pi es la proporción de la especie en la comunidad (Krebs, 2002). La diversidad tiende a incrementarse si los individuos están distribuidos uniformemente entre las especies y decrece si la mayoría pertenecen a una sola especie o las otras sólo cuentan con pocos individuos (Krebs, 2002).

Asimismo, se obtuvo la equidad (E) a través del índice de Pielou el cual mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada, $E= H/H'max$, donde: $H'max = \ln (S)$. La equidad puede variar entre 0 y 1, en donde el 0 representa una comunidad donde una especie es la dominante y el 1 corresponde a una situación en donde todas las especies tienen abundancias similares (Magurran, 2004; Moreno, 2001).

I-2. Estructura de la vegetación. Se caracterizó la estructura de la vegetación leñosa a partir del método cuantitativo propuesto por Gentry (1982). En cada aguada se realizaron cuatro transectos lineales de 50 m de largo por 2 m de ancho en dirección a cada punto cardinal. Sobre cada transecto se ubicaron cinco cuadrantes de 2m2 separados por una distancia de 10m. En cada cuadrante se registraron todos los árboles y arbustos con diámetro igual o mayor a 5cm DAP (diámetro a la altura del pecho). La identificación de las especies vegetales *in situ* y por colecta se realizó por personal del herbario del CEDESU-Universidad Autónoma de Campeche. Como indicador del estado de conservación se estimó el Valor de Importancia Relativa (VIR) por especie en cada aguada, para lo cual se calculó la densidad, frecuencia y dominancia relativa, así como el área basal (McCune & Grace, 2002; Muller & Ellenberg, 2002).

I-3. Permanencia y Estacionalidad del cuerpo de agua. Dado que las aguadas presentan una forma elíptica, el área del espejo de agua en la temporada de lluvias vs temporada de secas, se calculó aplicando la formula A= π (a)(b), donde a=radio mayor de la elipse y b=radio menor de la elipse, se utilizó un GPS para mediar la distancias. Para el caso de la temporalidad se contabilizaron los meses del año que cada aguada se mantuvo con un espejo de agua.

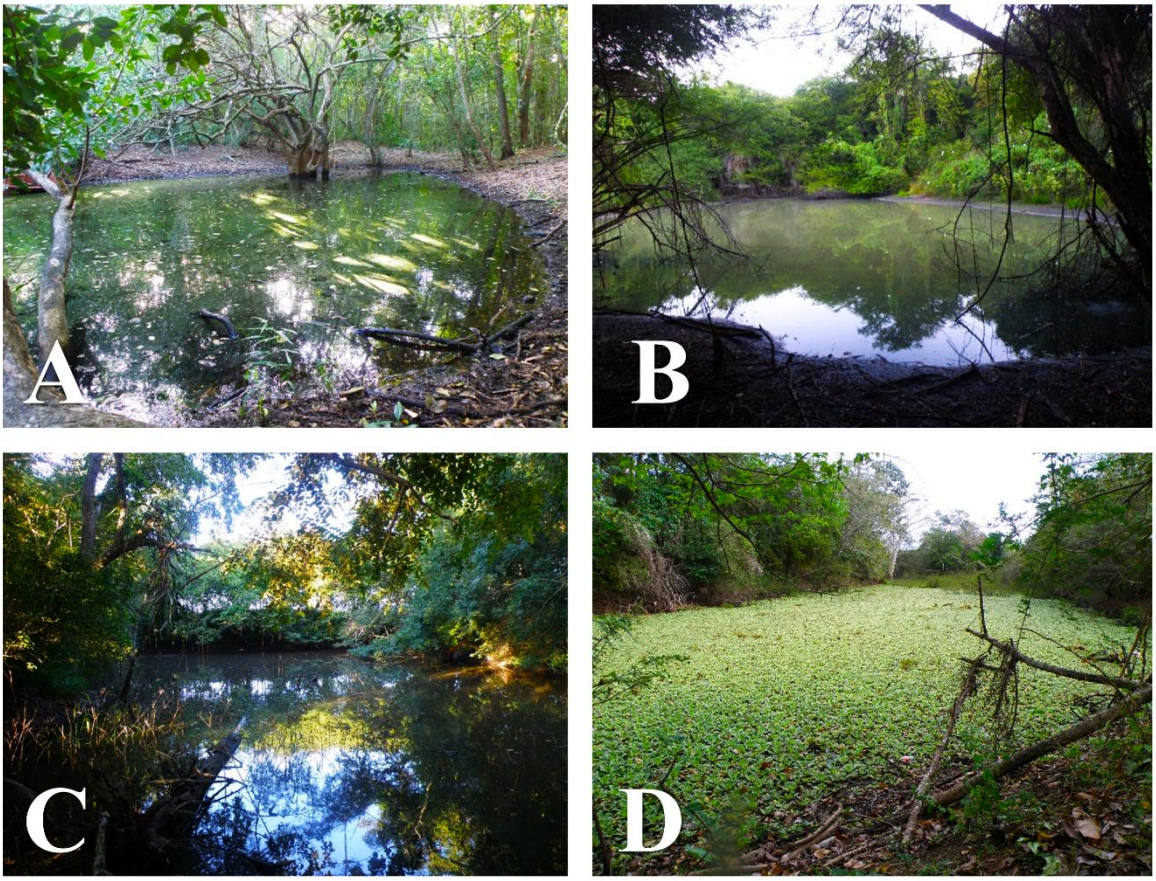


Figura 2. A) Aguada Melitón, B) Aguada Sufrimiento, C) Aguada El muerto, D) Aguada Cano Cruz

Los atributos ecológicos clave (AEC) se ponderaron a través de una matriz de integridad ecológica con base en tres criterios; 1) Condición, medida de la composición, estructura e interacciones bióticas que caracterizan al objeto de conservación; 2) Tamaño (medida del área o de la abundancia) y 3) Contexto paisajístico, el cual incluye los procesos ecológicos que mantienen la representación de los objetos de conservación. Para establecer el rango de variación permisible de los AEC se consideran cuatro categorías de jerarquía cualitativas; a) Muy Bueno: cuando está funcionando dentro del estado ecológico deseado con poca probabilidad de ser degradado, requiriendo muy poca intervención humana para mantenerlo dentro del rango natural de variación, b) Bueno: funciona dentro de su rango aceptable de variación, aunque este puede requerir alguna intervención humana para mantenerlo, c) Regular: está fuera de su rango aceptable de variación y requiere la intervención humana para mantenerlo ya que el objeto de conservación es altamente vulnerable a las perturbaciones y se degradara ecológicamente, d) Pobre: si permanece en esta condición por un periodo extendido, revertir la degradación ecológica del objeto de conservación será prácticamente imposible. (TNC, 2004; Granizo et al. 2006) (Cuadro 1).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Composición y diversidad faunística. En la aguada el muerto se registró un total de 62 especies, pertenecientes 13 órdenes faunísticos, 29 familias y 61 géneros. Los grupos faunísticos más representados en cuanto al número de especies fueron aves (n=36) y mamíferos (n=19). El índice de diversidad fue de H'=3.56; siendo para el caso de las aves *Passerina cyanea y Aratinga nana* las especies mejor representadas con 38 y 15 individuos respectivamente, seguidas de dos especies de roedores: *Oryzomys couesi* y *Sigmodon hispidus* con 10 y ocho individuos respectivamente. En el caso de la aguada Cano Cruz se obtuvo un índice de diversidad de H'=3.47, la cual estuvo representada por el registro de 51 especies pertenecientes a 13 órdenes, 24 familias y 43 géneros. Las aves y mamíferos fueron los grupos faunísticos más representados con 39 y 9 especies respectivamente.

La aguada Melitón tuvo una composición de 48 especies pertenecientes a 17 órdenes, 28 familias y 42 géneros. Al igual que en las otras aguadas, las aves (n=30) y mamíferos (n=14) fueron los grupos animales con mayor riqueza de especies. El índice de diversidad faunística fue de *H*'=3.39, siendo las aves *Amazona xantholora, A. albifrons* y *Cyanocorax yucatanensis* las más abundantes con 20, 11 y 12 individuos registrados durante el periodo de muestreo.

Para la aguada Sufrimiento se obtuvo un índice de diversidad de *H*'=2.96, registrando 35 especies agrupadas en 17 órdenes, 27 familias y 33 géneros. Los grupos animales mejor representados en cuanto a riqueza de especies fueron las aves (n=21) y mamíferos (n=12). Las aves *A. nana* y *A. albifrons* tuvieron la mayor abundancia con 15 y 26 individuos respectivamente, seguidas de una especie de murciélago *Artibeus jamaicensis* con 10 individuos.

Estructura de la vegetación. En la aguada Melitón se registraron un total de 15 especies leñosas, la mayor densidad relativa fue para *Caesalpinia gaumeri* (28.8%), seguida de *Paratesis cubana* (25%), *Croton* sp. (14.4%), *Psidium sartorianum* (10.6%), *Luehea speciosa* (10%) y *Acacia milleriana* (4.4%). Los valores más altos de Importancia Relativa (VIR), correspondieron a dos especies; *C. gaumeri* (46.3%), *P. cubana* (39.5%) y *P. sartorianum* (21.7%). La estructura de la vegetación en la aguada Sufrimiento estuvo compuesta por 11 especies leñosas, la mayor densidad relativa correspondió a dos especies *Paratesis cubana* y *Croton* sp., ambas con 24%, seguida *Senna* sp y *Haemantoxilum campechanum* con 21.3 y 10.7% respectivamente.

El VIR más significativo correspondió a cinco especies vegetales, *P. cubana* (42.9%), *Croton* sp (40.9%) y *Senna* sp (36.1%), *H. campechanum* (28.6%) y *Acacia milleriana* (24.4%). Para el caso de la aguada El Muerto se registraron 5 especies leñosas, la mayor densidad relativa correspondió a *Guazuma ulmifolia* (53%) y *Piscidia piscipula* (23.5%). El VIR más alto correspondió a *G. ulmifolia* (94.8%), *P. piscipula* (57.5%) *y Talisia olivaeformis* (54.1%). En la aguada Cano Cruz se tuvo un registro de 10 especies leñosas, la mayor densidad relativa fue para *Chlorophora tinctoria* (27.6%), *Acacia milleriana* (17.2%) y *Piscidia piscipula* (13.8%). El resto de las especies compartieron una densidad relativa entre 10.3 y 3.5%. El VIR más significativo correspondió a tres especies; *C. tinctoria, P. piscipula y A. milleriana* con 50.1, 44 y 43.3% respectivamente.

Tamaño y Temporalidad del espejo de agua. Los valores del área medidos del espejo de agua por aguada al final de la temporada de lluvias (octubre 2015) y final de la temporada de secas (mayo 2016) fueron los siguientes; Melitón 112m^2 /72m^2, Sufrimiento 300m^2/240m^2, El Muerto 200m^2/150m^2 y Cano Cruz 525m^2/397.5m^2. Teniendo que las cuatro aguadas se catalogan como perenes al mantener un espejo de agua durante todo el año, para el caso de la aguada Melitón su espejo se redujo en un 35.7%, Sufrimiento 20%, El Muerto 25% y Cano Cruz 24.3%.

Integridad Ecológica. Conforme a los datos evaluados en la Matriz de integridad ecológica (Cuadro 1), las cuatro aguadas presentaron una valoración general como objetos de conservación de “bueno” (Cuadro 2), es decir, aunque los factores ecológicos no están en el nivel deseable, ya que las cuatro aguadas evaluadas presentaron cierto grado de perturbación en sus alrededores al tener caminos,

brechas y áreas de cultivo, es posible favorecer que mejoren mediante acciones de manejo y restauración mínimas.

En particular para la aguada El Muerto la cual está rodeada por cultivos, lo que ha impactado una baja riqueza de especies primarias y la presencia de más del 50% de especies secundarias, lo que indica un estado de perturbación constante. La aguada Melitón se encuentra embebida en un macizo forestal, aunque registra cierto grado de perturbación por la cercanía de cultivos, la vegetación asociada a esta aguada corresponde a una selva secundaria en proceso de recuperación. Para el caso de la aguada Sufrimiento se considera que se encuentra en un grado de perturbación bajo, destacando la asociación vegetal tintal. Por último, la aguada Cano Cruz que es la más grande presenta un estado de perturbación constante al ubicarse a cerca de poblado y estar rodeada de cultivos y el camino principal de acceso al poblado de Cano Cruz.

Cuadro 1. Matriz de integridad ecológica para evaluar las aguadas como objetos de conservación.

Criterio	**AEC**	**Indicador**	**Aguadas**				**Rango de variación**	
			ME	**SU**	**EL**	**CC**	**Cualitativo**	**Cuantitativo**
Tamaño	Alfa diversidad *H'*	>4					4	Muy bueno
		3.9-2.6	3.37	2.92	3.56	3.47	3	Bueno
		2.5-1.5					2	Regular
		< 1					1	Pobre
Condición	Estructura de la vegetación (número de especies dominantes)	>4					4	Muy bueno
		3-4	3	4		3	3	Bueno
		2					2	Regular
		1			1		1	Pobre
Contexto paisajístico	Área del espejo de agua mantenida al final de la temporada de secas	>75%		80		75.7	4	Muy bueno
		51-75%	64.3		75		3	Bueno
		26 -50%					2	Regular
		<25%					1	Pobre
	Estacionalidad	> 9 meses	10	10	10	10	4	Muy bueno
		6 a 8 meses					3	Bueno
		4 a 5 meses					2	Regular
		< 3 meses					1	Pobre

AEC= atributo Ecológico Clave, ME= Melitón, SU= Sufrimiento, EL= El Muerto, CC= Cano Cruz.

Cuadro 2. Valoración de las aguadas como objetos de conservación

Objetos de Conservación	**Tamaño**	**Condición**	**Contexto paisajístico**		Valor global
Aguadas	Alfa diversidad *H'*	Estructura de la vegetación	Área del espejo de agua	Estacionalidad	
Melitón	Bueno	Bueno	Bueno	Muy bueno	Bueno
Sufrimiento	Bueno	Bueno	Muy bueno	Muy bueno	Bueno
El Muerto	Bueno	Pobre	Bueno	Muy bueno	Bueno
Cano Cruz	Bueno	Bueno	Muy bueno	Muy bueno	Bueno

CONCLUSIÓN

Las aguadas juegan un papel fundamental en la dinámica ecológica del territorio agroforestal de Cano Cruz, ya que son la única fuente superficial de recurso hídrico de la región. Como se constató en este estudio, cada aguada presenta una estructura florística particular que genera condiciones microclimáticas favorables para diversas especies vegetales y animales. En el caso particular de la fauna, diversas especies de aves y mamíferos hacen uso de las aguadas para sobrevivir a lo largo de un ciclo anual en especial durante la temporada crítica de secas, al encontrar en estos cuerpos recursos alimentarios, así como refugio y resguardo, por lo que son determinantes en la estructura y composición de la biodiversidad local.

En el contexto anterior, se puede establecer que la aguadas son objetos de conservación clave, ya que conforman una unidad de paisaje del territorio agroforestal del ejido Cano Cruz, así como en distintas zonas del estado de Campeche. Es así, que las agudas son unidades sistemáticas con una dinámica espacio-temporal propias resultado de un proceso de interrelaciones entre factores climáticos, edáficos, hídricos, biológicos (flora y fauna) y antrópicos por el manejo y actividades económicas que los pobladores locales y foráneos realizan, por lo que también pueden constituir un elemento de identidad territorial (Council of Europe 2009; Bocco et al. 2009). En este sentido, las aguadas pueden constituir una unidad de muestreo del estado de salud de la biodiversidad local y regional, por ende, un instrumento natural de ordenamiento territorial a nivel comunitario (Poiani & Richter, 1999, Bocco et al. 2009, GIZ-CMP, 2020).

Por otra parte, las variaciones climáticas que se registran cada año a causa de los efectos del cambio climático (Schröter et al. 2005), como son poca lluvia y sequías más extensas están impactando negativamente los cuerpos de agua superficiales, como lo son las aguadas, al reducir su espejo de agua a niveles críticos e inclusive desecarse, como ya se registró en la región de Calakmul, impactando en la vegetación circundante y la diversidad faunística (CONANP, 2011). Por lo tanto, asegurar la conservación de las aguadas es fundamental para el mantenimiento diversidad biológica local y regional. Un estudio realizado en la reserva de la Biosfera de Calakmul destaca que las aguadas son un recurso esencial para la sobrevivencia de 25 especies de fauna consideradas prioritarias (Reyna et al. 2010). Asimismo, se ha demostrado que la distribución y movilidad de varias especies animales esta correlacionada a la calidad de estos cuerpos de agua, siendo determinante la cobertura vegetal en la retención y profundidad del agua, disponibilidad de alimento, la disminución de alguno de estos recursos incide directamente en la ocurrencia y abundancia de las especies (Rautenstrauch & Krausman, 1989, Vaughan & Weis, 1999, Hernández et al. 2000, Naranjo, 2001, Reyna et al. 2009).

Durante la temporada crítica de secas, distintos estudios han registrado una mayor diversidad de especies de aves y mamíferos en las aguadas de la región de Calakmul, siendo la disponibilidad de agua y frutos factores determinantes en la ocurrencia de la fauna, como es el caso de mamíferos grandes como el tapir y pecarí de labios blancos que concentran sus actividades alrededor de los cuerpos de agua perennes (Naranjo, 1995, Martínez et al. 2008, Reyna et al. 2009, Ruano et al. 2009, Pérez, 2011). Así, se ha establecido que las aguadas están distribuidas discretamente en el paisaje por lo que la fauna recorre grandes distancias durante los periodos críticos de sequía para localizarlas y hacer uso de la disponibilidad del recurso agua (García-Escalona et al. 2003). También se ha reportado la importancia de las agudas como sitios importantes de anidación para especies de aves rapaces como *Buteogallos urubitinga*, *Herpetotheres cachinas*, *Spizaetus ornatus*, ya que estos sitios les proveen diferentes sustratos para anidar, refugio y alimento, que influye en su éxito reproductivo (Puc, 2008). De igual forma, se documentó la preferencia de las aguadas como sitios de refugio y obtención de recursos alimentarios por aves grandes de importancia cinegética como son el hocofaisán (*Crax rubra*) y pavo ocelado (*M. ocelleta*) (Martínez, 1999, Ruano et al. 2009).

Para el caso de los mamíferos pequeños, como los Roedores y Murciélagos, la importancia de las agudas también es esencial, ya que en estos cuerpos de agua la abundancia de frutos e invertebrados

es alta, en relación a sitios que carecen de agua superficial (Sánchez y Valadez, 1998). Esto se pudo constatar en el presente estudio al registrar nueve especies de roedores y ocho de murciélagos que se alimentan de frutos, semillas, flores, polen, néctar e insectos. Un estudio en Calakmul, reporto una mayor riqueza de murciélagos insectívoros dado que este recurso trófico es abundante debido a las aguadas (García-Escalona, 2003).

En importante continuar con la investigación que permita profundizar en el conocimiento de la dinámica espacio-temporal de la biodiversidad asociada a las agudas. Asimismo, es prioritario asegurar el estado actual de salud de las aguadas en el los territorios agroforestales comunitarios que están siendo manejados bajo el sistema UMAS, ya que impactan en la conservación no solo de múltiples especies que forman parte de la biodiversidad local, sino además en la continuidad de los diversos bienes y servicios ecosistémicos que brindan. Por lo cual, las aguadas deben considerarse como un instrumento clave en el ordenamiento territorial y estar incluidas en plan de manejo de las UMAs extensivas, a fin de que se asegure su conservación y resiliencia ante los efectos del cambio climático.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a C. Aurelio Sánchez Hernández por su invaluable apoyo en campo, así como al Biólogo Rodolfo Noriega Trejo (†) y M en C. Ricardo Góngora Chin por su apoyo en la identificación de las especies vegetales en campo y laboratorio.

REFERENCIAS

Bocco, G., Mendoza, M., Priego, Á., & Burgos, A. (2009). La cartografía de los sistemas naturales como base geográfica para la planeación territorial: Una revisión de la bibliografía. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental. México, D.F.

Ceballos, G., & Valenzuela, D. (2010). Diversidad, ecología y conservación de los vertebrados de Latinoamérica. En G. Ceballos, L. Martínez, A. García, E. Espinoza, C. J. Bezaury, & R. Dirzo (Eds.), Diversidad, amenazas y áreas prioritarias para la conservación de las selvas secas del Pacífico de México (pp. 1-84). Fondo de Cultura Económica, CONABIO, CONANP, Alianza WWF-Telcel, Ecociencia S.C. y TELMEX. México.

Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2017). El cambio climático y sus efectos en la biodiversidad en América Latina. Naciones Unidas. Santiago, Chile.

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza A.C., & The Nature Conservancy. (2011). Programa de adaptación al cambio climático en áreas naturales protegidas del complejo de la Selva Maya. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza A.C., & The Nature Conservancy. México.

Council of Europe. (2009). European landscape convention. 5th conference of the council of Europe on the European landscape convention. Document of the Secretariat General Cultural heritage, landscape and spatial planning. Strasbourg, France.

Dunn, J. L., Alderfer, J., & Lehman, P.E. (1999). National Geographic Field Guide to the Birds of North America. Revised and updated. Thrird edition. National Geographic Society

Flores, S. J., & Espejel, I. (1994). Etnoflora yucatanense: Tipos de vegetación de la Península de Yucatán, Mérida. Universidad Autónoma de Yucatán.

García, E. (1988). Modificaciones al sistema de clasificación de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana) (3ª ed.). Universidad Nacional Autónoma de México.

García-Escalona, M. (2003). Papel ecológico de las aguadas para murciélagos insectívoros en un bosque tropical subhúmedo. (Tesis de maestría). El Colegio de la Frontera Sur. Chetumal, Quintana Roo, México.

García-Escalona, M., Calmé, S., Miller, B., y Escobedo, E. (2003). Murciélagos asociados a aguadas en la región de Calakmul, Campeche, México. In: Boletín Oficial de la Sociedad Mesoamericana para la Biología y la Conservación (eds). VII Congreso Mesoamericano para la biología y la Conservación (eds). VII Centro de Convenciones de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. México.

Gentry, A. (1982). Patterns of Neotropical plant species diversity. En M. K. Hecht, B. Wallace, & G. T. Prance (Eds.), Evolutionary Biology (pp. 1-84). New York.

GIZ-CMP. (2020). Práctica de la conservación climáticamente Inteligente: uso de los estándares para la Conservación para abordar el Cambio Climático (Versión 1.0). Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH- Grupo de Trabajo de Orientación Climática de la Alianza para las Medidas de Conservación. Bonn, Alemania.

Granizo, T., Molina, M., Secaria, E., Herrera, B., Benitez, S., Maldonado, O., Libby, M., Arroyo, P., Isola, S., & Castro, M. (2006). Manual de Planificación para la Conservación de Áreas-PCA. Oficina de Desarrollo Regional Sostenible, División de América Latina y el Caribe, Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional y The Nature Conservancy. Quito, Ecuador.

Grimm, N. B., Chapin, F. S., Bierwagen, B., Gonzalez, P., Groffman, P. M., Luo, Y., Melton, F., Nadelhoffer, K., Pairis, A., Raymond, P. A., Schimel, J., & Williamson, C. E. (2013). The impacts of climate change on ecosystem structure and function. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 11(9), 474-482.

Hernández; H. A., Sosa, V., Aranda, M., and Bello, J. (2000). Records of small mammals in the Calakmul Biosphere Reserve, Yucatan Peninsula. *The Southwestern Naturalist*, 3(45): 340-344.

Herrera, J. (2000). Evaluación rápida de fauna silvestre en áreas de producción forestales: Estudios de caso. (Documento técnico 85/2000). Proyecto de Manejo Sostenible, BOLFOR. Santa Cruz, Bolivia.

Howell, S., & Webb, S. (1995). A field guide to the birds of Mexico and Northern Central America. Oxford University Press

Hutto, R. L., Pletschet, S. M., and Hendricks, P. (1986). A fixed-radius point count method for nonbreeding and breeding season use. The auk, (103): 593-602.

INEGI. (2005). II Conteo de población y vivienda 2005. Datos por localidad. Campeche. . Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Campeche, México.

INEGI. (2010). Prontuario de información geográfica del municipio de Campeche. Instituto Nacional de Estadistica, Geografia e Informatica. Campeche, México.

Kaeslin, E., Redmond, I., & Dudley, N. (2013). La fauna silvestre en un clima cambiante. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Estudios FAO: Montes 167. Roma. Italia.

Krebs, C. (2002). Ecological Methodology. Harper Collins Publishers. New York. USA.

Lee, J. C. (1996). The amphibians and reptiles of the Yucatan Peninsula. Comstock Publishing Associates, Cornell University Press, Nueva York, Usa.

Magurran, A. E. (2004). Measuring biological diversity. Blackwell Science Ltd., Oxford, UK.

McCune, B., & Grace, J. B. (2002). Ecological analysis communities MJM Software Design. Beach, Oregon, USA.

Martínez, M. (1999). Conservation status and habitat preferences of the Cozumel Curassow. The Condor, 101 (1): 14-20.

Martínez, K. D., Escalona, G., & Vargas, J. (2008). Importancia de las aguadas para los mamíferos de talla mediana y grande en Calakmul, Campeche, México. En C. Lorenzo, E. Espinoza, & J. Ortega (Eds.), Avances en el estudio de los mamíferos II (pp. 449–468). Asociación Mexicana de Mastozoología, A.C., México.

Moreno, C. E. (2001). Métodos para medir la biodiversidad. Cooperación Iberoamericana Ciencia y Tecnología para el Desarrollo-UNESCO ORCYT-Sociedad Entomológica Aragonesa, Zaragoza, España.

Muller, D., & Ellenberg, H. (1974). Aims and methods of vegetation ecology. John Wiley and Sons. New York, USA.

Naciones Unidas. (2018). La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe (LC/G.2681-P/Rev.3), Santiago.

Naranjo, E. (1995). Abundancia y uso de hábitat del tapir (Tapirus bairdii) en un bosque tropical húmedo de Costa Rica. *Vida Silvestre Neotropical*. 4 (1): 20-31.

Naranjo, E. (2001). El tapir en México. *Biodiversitas*. 36: 1-3.

O'Farrill, G., Calmé, S., y González, A. (2010). Interacciones en peligro: el caso del tapir y del zapote. *Ecofronteras*: 18-20.

Palacio, A. G., Bautista, B., & Ortiz, M. (2011). Relieve. En G. Villalobos & J. Mendoza (Coords.), La biodiversidad en Campeche: Estudio de Estado (pp. 8–15). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Gobierno del Estado de Campeche, Universidad Autónoma de Campeche, El Colegio de la Frontera Sur.

Pérez, S. (2011). Distribución y abundancia del tapir (Tapirus bairdii) en la Reserva de la Biosfera de Calakmul, México. Tesis de Maestría. El Colegio de la Frontera Sur, Chetumal, México.

Poiani, K., & Richter, R. (1999). Paisajes funcionales y la conservación de la biodiversidad. Documentos de trabajo para la ciencia de la conservación, No. 1. The Nature Conservancy.

PRONATURA. (2005). planeación para la conservación de Calakmul-Balam kin-Balam kú. Pronatura Península de Yucatán y The Nature Conservancy. Yucatán, México.

Puc, C. J. (2008). Importancia de las aguas para los ensambles de aves en el sureste de Campeche, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Campeche, México.

Ralph, C. J., Geupel, G. R.; Pyle, P., Martin, T., De Sante, D. F., & Milá, B. (1996). Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres. (Gen. Tech. Rep. PSW-GTR 159). Pacific Southwest Research Station, Forest Service, U.S. Department of Agriculture.

Rautenstrauch, K. R., & Krausman, P. R. (1989). Invluence of water availability and rainfall on movements of desert mule deer. *Journal of Mammalogy*, 70 (1):197-201.

Reid, F. (2009). A field guide to the mammals of Central America and Southeast Mexico. Oxford, University Press.

Reyna, H. R., Rojas, E., & Tanner, G. W. (2009). Home Range and Habitat Preferences of White-lipped Peccaries (Tayassu pecari) in Calakmul, Campeche, Mexico. *Journal of Mammalogy*. 90:1199-1209.

Reyna, H. R., O'Farril, G., Sima, D. Andrade, M., Padilla, A., & Sosa, L. (2010). Las aguadas de Calakmul: Reservorios de Vida Silvestre y de la riqueza natural de México. CONABIO. *Biodiversitas*, 93: 1-6.

Ruano, F., Moreira, J., García, R., Balas, M., Ponce, G., Mendez, V., & Cordova, F. (2009). Monitoreo de manadas de jabalí y dantos que visitan las aguadas de la región Este del Parque Nacional Mirador-Río Azul. Wildlife Conservation Society, Programa para Guatemala.

Sánchez, V., & Valadez, R. (1989). Hábitat y distribución del género *Oryzomys* (Rodentia: Cricetidae). *Serie Zoologica*. 59: 99-112.

Schröter, D., Polsky, C., & Patt, A. (2005). Assessing vulnerabilities to the effects of global change: An eight-step approach. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 10 (4): 573–595.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2015). Sistema de unidades de manejo. Recuperado de www.semarnat.gob.mx [Consultado el 20 de septiembre de 2015].

The Nature Conservancy (TNC). (2000). Esquema de las cinco S para la conservación de sitios: Manual para la planificación de la conservación de sitios y la medición del éxito para la conservación. The Nature Conservancy y USAID, Estados Unidos.

The Nature Conservancy (TNC). (2004). Elementos para la elaboración del programa de monitoreo de los objetos de conservación del Parque Internacional La Amistad (PILA). Memoria del Taller Binacional de Expertos Costa Rica-Panamá. TNC, San José – Ciudad de Panamá.

Vaughan, C., & Weis, K. (1999). Neotropical dry forest wildlife water hole use and management. Regional Wildlife Program, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica.

Vogt, R. C., & Hine, R. L. (1982). Evaluation of techniques for assessment of amphibian and reptile populations in Wisconsin. En N. J. Scott (Ed.), Herpetological communities: A symposium of the Society for the Study of Amphibians and Reptiles (pp. 201-217). U.S. Fish & Wildlife Service, Wildlife Research Report 13, Washington, D.C.

World Wildlife Fund (WWF). (2024). Informe Planeta Vivo 2024: Un sistema en peligro. WWF, Gland, Suiza

Diversidad estacional de moscas Calliphoridae (Diptera) en la agencia municipal de Pueblo Nuevo, Oaxaca, México

Saul Baños-Martínez[1], Alicia Fonseca-Muñoz[1], Agustín Hernández-Ramos[2]*

[1]Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca, Facultad de Sistemas Biológicos e Innovación Tecnológica, Laboratorio de Entomología Aplicada, Oaxaca, México. [2]Instituto Politécnico Nacional (IPN), Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR) Unidad Oaxaca, México. *Autor para correspondencia: agustin_hernandez3578@hotmail.com

Recibido: 09/10/24; Aceptado: 02/12/24; Publicado en línea: 20/12/24

RESUMEN

La familia Calliphoridae cuenta con 1,500 especies descritas en 150 géneros distribuidos mundialmente, en México se reportan alrededor de 30 especies en 11 géneros y tres subfamilias. Los califóridos son de importancia sanitaria debido a su asociación con la materia orgánica en descomposición, además de la utilización de algunas especies en el área médica (terapia larval) y su relevancia como indicadores del *Intervalo Post Mortem* (IPM) en el área forense. El objetivo del estudio fue analizar la diversidad estacional de la familia Calliphoridae durante un año en la agencia municipal de Pueblo Nuevo, Oaxaca. Las moscas adultas fueron capturadas mediante la utilización de trampas colgantes en las distintas estaciones del año, e identificadas con claves taxonómicas. Se obtuvo un total de 1,374 individuos, pertenecientes a 10 especies, 4 géneros y 3 subfamilias durante las 4 estaciones del año (primavera: 243 individuos y 6 especies; verano: 586 y 10 especies; otoño: 247 individuos y 7 especies; invierno: 298 individuos y 6 especies). Se calculó la riqueza y abundancia anual y estacional mediante el conteo de especies e individuos y la diversidad de especies se estimó con los índices de Shannon-Weaver y Camargo. La estación con mayor abundancia de especies fue verano y la especie más abundante fue *L. eximia*. La estación con mayor heterogeneidad fue verano y la de mayor uniformidad otoño. Las 10 especies reportadas para Pueblo Nuevo representaron el 33.3% de la riqueza de esta familia reportada para México.

Palabras clave: Califóridos, Entomología Forense, Intervalo Post Mortem, Terapia Larval.

ABSTRACT

The Calliphoridae family has 1,500 species described in 150 genera distributed worldwide. In Mexico, around 30 species are reported in 11 genera and three subfamilies. Calliphorids are of health importance due to their association with decomposing organic matter, in addition to the use of some species in the medical area (larval therapy) and their relevance as indicators of the *Postmortem Interval* (PMI) in the forensic area. The objective of the study was to analyze the seasonal diversity of the Calliphoridae family during a year in the municipal agency of Pueblo Nuevo, Oaxaca. Adult flies were captured using hanging traps in different seasons of the year and identified with taxonomic keys. A total of 1,374 individuals were obtained, belonging to 10 species, 4 genera and 3 subfamilies during the 4 seasons of the year (spring: 243 individuals and 6 species; summer: 586 and 10 species; autumn: 247 individuals and 7 species; winter: 298 individuals and 6 species). Annual and seasonal richness and abundance were calculated by counting species and individuals and species diversity was estimated with the Shannon-Weaver and Camargo indices. The season with the greatest abundance of species was summer and the most abundant species was *L. eximia*. The season with the greatest heterogeneity was summer and the season with the greatest uniformity was autumn. The 10 species reported for Pueblo Nuevo represented 33.3% of the richness of this family reported for Mexico.

Key words: Calliphoridae, Forensic Entomology, Postmortem Interval, Larval Therapy.

INTRODUCCIÓN

La familia Calliphoridae cuenta con 1,500 especies descritas en 150 géneros distribuidos mundialmente (González et al. 2017). México cuenta con treinta especies, en once géneros y tres subfamilias (Calliphorinae, Lucilinae y Chrysomyinae) presentes en todo el país (Jaume-Schinkel et al. 2020). La morfología de estas moscas suele ser robusta, son más conocidas por sus colores que

van del azul a verde metálico, aunque otras especies pueden presentar colores opacos. Esta familia se reconoce por presentar gran atracción por tejidos en descomposición, animales muertos, excremento y heridas expuestas (Byrd & Castner, 2010). Los califóridos también suelen tener importancia médica, un claro ejemplo de esto es la terapia larval (TL) la cual consiste en la aplicación de larvas de la especie *Lucilia sericata* en heridas crónicas que resultan en una difícil cicatrización, estas larvas actúan como parásitos facultativos, pues se alimentan de tejido necrótico (Pinilla et al. 2010; Polanco-Llanes et al. 2021), también se cuentan con registros acerca de la gran importancia que tiene en relación a su presencia en cuerpos cadavéricos. Se menciona tradicionalmente que los dípteros son el primer orden en colonizar el cadáver, gracias a la abundancia de nutrientes y otros aspectos que facilitan su reproducción es ahí donde cumplen las fases más importantes de su ciclo biológico (Magaña, 2001). La familia de los califóridos presenta hábitos necrófagos, haciendo que su importancia radique en la biología de sus estadios inmaduros, gracias a estas preferencias esta familia ha sido utilizada como una herramienta para determinar el *Intervalo Post Mortem* (IPM) (Amendt, 2011, Fonseca, 2018). La familia Calliphoridae al presentar una gran importancia en el área médica como en el área médica forense no cuenta con registros para el estado de Oaxaca. Es por ello que el presente trabajo tiene como objetivo analizar la diversidad estacional de la familia Calliphoridae (Diptera).

MATERIALES Y MÉTODOS

Zona de estudio y colocación de trampa. El muestreo se llevó a cabo en la agencia municipal de Pueblo Nuevo, Oaxaca (17°7'5"N 96°45'6"W), localidad perteneciente a la ciudad de Oaxaca de Juárez. Para la captura de los califóridos en su etapa adulta se emplearon trampas colgantes siguiendo la modificación de Fonseca (2018), y descripción de Hwang y Turner (2005), estas consistieron en envases de plástico de 3 L de capacidad, con orificios al interior del envase, y envueltas en plástico color negro pegadas con cinta adhesiva, se colocaron 200 gramos de piezas de hígado de pollo fresco y 250 ml de agua, siguiendo la modificación de Fonseca (2018) y descripción de Brundage et al. (2011), las trampas fueron colocadas en árboles a 1.5 m del nivel del suelo con tres replicas, la distancia entre cada una de ellas fue de 300 metros, las trampas se implementaron la primera semana de cada mes abarcando las cuatro estaciones del año, iniciando la primera semana de febrero 2020 y la primer semana de enero del 2021.

Captura e identificación. Los califóridos adultos fueron tomados con pinzas entomológicas (BIOQUIP E.U.) y con precisión se depositaron en tubos Eppendorf de 1.5 ml con alcohol etílico al 70% posteriormente se retiraron de los tubos Eppendorf para su identificación taxonómica, la cual se llevó a cabo en el laboratorio de Entomología de la Facultad de Sistemas Biológicos e Innovación tecnológica (FASBIT) mediante STEREOS microscopio (VELAB.05 y VE-S6) y con la ayuda de claves taxonómicas descritas por Whitworth (2006, 2010), y Amat et al. (2008).

Análisis de datos. La comunidad de califóridos fue evaluada usando variables de riqueza, abundancia. Se represento la abundancia relativa, específicamente del sitio de muestreo esto para saber la proporción que representan los individuos de una especie con respecto al total de individuos de la comunidad, utilizando la siguiente la fórmula: Abundancia relativa especifica = (Número de individuos de la especie / Número total de individuos de todas las especies) x 100.

Los índices de diversidad se realizaron en el programa: Ecological Methodology versión 7. Para analizar la diversidad especifica se empleó el índice de Shannon-Wiener (H') con el fin de conocer la heterogeneidad, para medir la uniformidad se utilizó el índice de Camargo (E´) (1993) y para conocer la dispersión de las especies se empleó el índice de dispersión de Morisita-Horn (1959) o índice de superposición de Morisita. Además, se utilizó el programa: IBM® SPSS® Statistics version *26* para medir la confiabilidad del tipo de consistencia interna de la escala mediante el coeficiente alfa de Cronbach.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La información relacionada con la distribución de los califóridos en México es limitada, se tienen registros de 30 especies distribuidos en 11 géneros, y 3 subfamilias (Jaume-Schinke et al. 2020), en Oaxaca no existen registros acerca de la distribución de esta familia a pesar de ser uno de los estados con alta diversidad de organismos.

Riqueza y abundancia. En la agencia municipal de Pueblo nuevo se obtuvo un total de 1,374 individuos, pertenecientes a 10 especies, 4 géneros y 3 subfamilias (Cuadro 1) colectadas durante un año, lo cual representa el 33.33% del 100% de especies de califóridos reportadas para México (Jaume-Schinke et al. 2020). Las especies más abundantes fueron *L. eximia* con 794 individuos (57.79 %) seguida por *L. mexicana* con 246 (17.90%) y *L. sericata* con 143 (10.41%). Siete especies estuvieron representadas por menos de 100 individuos, *L. peruviana* con 72 (5.24%), *Chrysomya rufifacies* con 68 (4.95%), *L. cuprina* con 27(1.97%), *L. cluvia* con 17 (1.53%) y 3 especies (*Cochliomya hominivorax*, *Co. macelaria*, *Calliphora vicina*) con un solo individuo (0.07%).

Cuadro 1. Califóridos obtenidos en la agencia municipal de Pueblo Nuevo, Oaxaca.

Subfamilia	Género	Especies	No. de individuos
Calliphorinae	*Calliphora*	*vicina*	1
Lucilinae	*Lucilia*	*eximia*	794
		cluvia	21
		cuprina	27
		mexicana	246
		sericata	143
		peruviana	72
Chrysomyinae	*Cochliomyia*	*hominivorax*	1
		macellaria	1
	Chrysomya	*rufifacies*	68
Total: 3	**4**	**10**	**1374**

El número de subfamilias, géneros y especies varió de acuerdo a las estaciones del año (Cuadro 2), primavera obtuvo un total de 243 individuos, pertenecientes a 2 subfamilias, 2 géneros y 6 especies, en verano se obtuvo un total de 586 individuos pertenecientes a 3 subfamilias, 4 géneros y 10 especies, en otoño se obtuvieron 247 individuos pertenecientes a 2 subfamilias, 2 géneros y 7 especies; por último en invierno se obtuvieron 298 individuos pertenecientes a 2 subfamilias, 2 géneros y 6 especies. La especie más abundante durante la primavera fue *L. eximia* con 214 (88.1%), las especies restantes obtuvieron menos de 11 individuos (*L. mexicana*: 10 (4.1%); *C. rufifacies*: 9 (3.7%), *L. sericata*: 8 (3.3%); *L. cluvia* 1 (0.4%); *L. cuprina* 1 (0.4%).
Verano obtuvo especies abundantes como *L. eximia* con 329 individuos (56.1%) y *L. mexicana* con 110 (18.8%), el resto de especies presentó menos de 60 individuos cada una (*C. rufifacies*: 51 (8.7%); *L. sericata* 42 (7.2%); *L. peruviana* 21 (3.6%); *L. cuprina*: 19 (1.9%); *L. cluvia*: 11 (1.9%); *Co. macelaria*: 1 (0.2%), *C. rufifacies* (0.2%) y *Co. hominivorax*: 1 (0.2%). En comparación con el resto de las estaciones del año presentó mayor riqueza de especies, lo cual podría estar relacionado con los factores climáticos que influyen en el desarrollo de los dípteros (Mariluis & Mulieri 2005).

Por otra parte, en otoño las especies abundantes fueron *L. eximia* con 99 individuos (40.1%), *L. mexicana* con 83 (33.6%) y *L. peruviana* con 43 (17.4%). Las especies con menos de 50 individuos fueron *L. cluvia* (3.6%), *L. sericata* (3.2%), *C. rufifacies* (1.2%), *L. cuprina* (0.8). Las especies más abundantes de la última estación del año fueron *L. eximia* con 152 (51.0%), *L. sericata* con 85 (28.5%). *L. mexicana* (14.4%) se registró con menos de 50 individuos, *L. peruviana* (2.7%), *C. rufifacies* (1.7%) y *L. cuprina* (1.7%).

El género *Lucilia* presentó la mayor distribución en las diferentes estaciones del año, al igual que su distribución en Colombia (Wolff, 2010), además, especies como *L. eximia* y *L. cuprina* están asociadas con zonas urbanas (Mariluis & Mulieri 2005, Montoya et al. 2009) al igual que las registradas para Pueblo Nuevo, considerado una zona semi-urbana. *L. peruviana* se encuentra en ambientes menos perturbados de zonas andinas y *L. cluvia* se encuentra en zonas abiertas, esto podría estar relacionado con la baja distribución presentada de esta especie en las diferentes estaciones del año en comparación con las otras especies, por otra parte, el género *Cochliomyia* es endémica de la región Neotropical, en Colombia presenta a *C. hominivorax* y *C. macellaria* siendo esta última la que presenta una amplia distribución (Pape et al. 2004), a diferencia de lo registrado en este trabajo donde únicamente el género se presenta en verano pero con muy bajo número de individuos.

Cuadro 2. Califóridos obtenidos estacionalmente.

Estación del año	Subfamilia	Género	Especie	No de individuos
Primavera	Chrysomyinae	*Chrysomya*	*rufifacies*	9
	Lucilinae	*Lucilia*	*cluvia*	1
			cuprina	1
			eximia	214
			mexicana	10
			sericata	8
	2	**2**	**6**	**243**
Verano	Chrysomyinae	*Cochliomyia*	*hominivorax*	1
			macelaria	1
		Chrysomya	*rufifacies*	51
	Calliphorinae	*Calliphora*	*vicina*	1
	Lucilinae	*Lucilia*	*cluvia*	11
			cuprina	19
			eximia	329
			mexicana	110
			peruviana	21
			sericata	42
	3	**4**	**10**	**586**
Otoño	Chrysomyinae	*Chrysomya*	*rufifacies*	3
	Lucilinae	*Lucilia*	*cluvia*	9
			cuprina	2
			eximia	99
			mexicana	83
			peruviana	43
			sericata	8
	2	**2**	**7**	**247**
Invierno	Chrysomyinae	*Chrysomya*	*rufifacies*	5
	Lucilinae	*Lucilia*	*cuprina*	5
			eximia	152
			mexicana	43
			peruviana	8
			sericata	85
	2	**2**	**6**	**298**

Diversidad de especies. El valor anual de los índices de Shannon-Wiener (H'): y Camargo (E') fueron de 1.905, 0.29 cada uno (Figura 1.). Verano presento ser la estación más diversa de todo el año con un valor de 1.987, sin embargo, presento una equitatividad de 0.307, seguido por otoño con una

diversidad de 1.964, esta estación fue la que presento una mayor equitatividad con 0.438, invierno presento una diversidad de 1.753 y una equitatividad de 0.435, primavera fue la estación del año que presento menos diversidad y menos equitatividad, pues solo presento una diversidad de 0.754 y una equitatividad de 0

Distribución espacial. Los valores ND no se pudieron determinar ya que se necesitó la presencia de más individuos para su correcta distribución, el único tipo de distribución que se encontró en las 7 especies restantes fue el "agregado" (Cuadro 3.) lo que indica que estos individuos se encontraban agrupados durante las estaciones del año. *C. rufifaces* fue la especie que indico una mayor agrupación que las demás especies con un valor de 0.7117 durante todo el año, *L. eximia* fue la especie que se encontró con menores agrupaciones durante el año con un valor de 0.5292.

Análisis de independencia. El índice Alfa de Cronbach presentó un valor de 0.913 indicando que las variables analizadas se encuentran apegadas a la realidad. Se esperó que la primera estación del año presentara una alta heterogeneidad (riqueza de especies) y mayor equitatividad en este muestreo, sin embargo, los resultados indicaron una abundancia muy escasa y equitatividad muy baja en cuanto a sus especies, esto puede deberse a cambios climáticos los cuales afectan a las estaciones del año y a perturbaciones humanas.

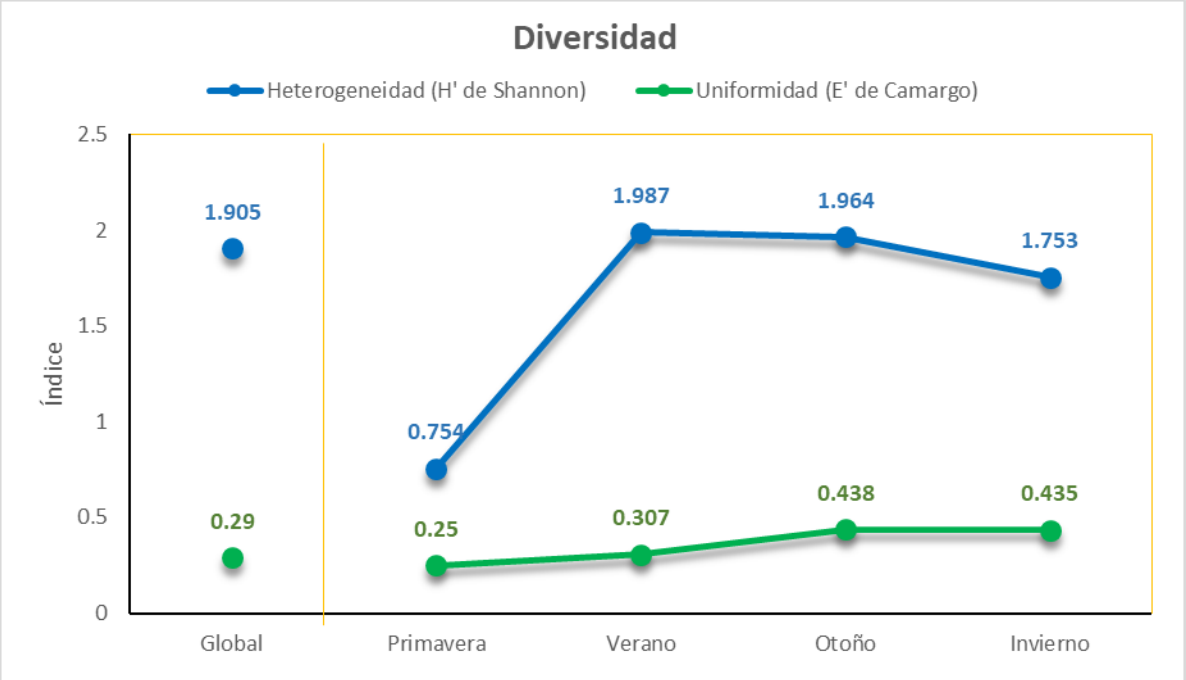


Figura 1. Heterogeneidad y uniformidad de los califóridos anual y estacionalmente**.**

Cuadro 3. Información sobre la distribución o dispersión espacial de moscas califoridas.

Especie	Estación	Frecuencia	Distribución específica	
			Índice estandarizado de Morisita-Horn	Tipo de distribución
C. hominivorax	Verano	1	ND	ND
C. macelaria	Verano	1	ND	ND
C. rufifacies	Primavera	9	0.7117	Agregado
	Verano	51		
	Otoño	3		

Especie	Estación	Frecuencia	Distribución específica	
			Índice estandarizado de Morisita-Horn	**Tipo de distribución**
	Invierno	5		
C. vicina	Verano	1	ND	ND
L. cluvia	Primavera	1	0.5947	Agregado
	Verano	11		
	Otoño	9		
L. cuprina	Primavera	1	0.6506	Agregado
	Verano	19		
	Otoño	2		
	Invierno	5		
L. eximia	Primavera	214	0.5292	Agregado
	Verano	329		
	Otoño	99		
	Invierno	152		
L. mexicana	Primavera	10	0.5584	Agregado
	Verano	110		
	Otoño	83		
	Invierno	43		
L. peruviana	Verano	21	0.5904	Agregado
	Otoño	43		
	Invierno	8		
L. sericata	Primavera	8	0.6223	Agregado
	Verano	42		
	Otoño	8		
	Invierno	85		

Las 10 especies que presenta este trabajo de forma anual y estacional indican que a pesar de ciertas perturbaciones y preferencias en cuanto a climas y comportamientos que presentan los califóridos la Agencia municipal de Pueblo Nuevo tiene una gran riqueza y abundancia en cuanto a esta zona semi-urbana.

CONCLUSIÓN

Se presentaron 3 subfamilias de califóridos, 4 géneros y 10 especies. Las 10 especies reportadas para este sitio de muestreo representaron el 33.33% de la riqueza de esta familia reportada para México, a pesar de la diversidad estacionaria entre especies, la Agencia Municipal de Pueblo Nuevo Oaxaca albergó una gran abundancia de dípteros pertenecientes a la familia Calliphoridae. La heterogeneidad es muy baja durante primavera, sin embargo, aumenta significativamente en verano, lo que pudiera estar relacionado directamente con las diferentes temperaturas presentes en ambas estaciones. Se recomienda hacer más muestreos en diferentes puntos del estado para poder conocer la diversidad de especies.

REFERENCIAS

Amat, E., Vélez, M. C. & Wolff, M. (2008). Clave ilustrada para la identificación de los géneros y las especies de califóridos (Díptera: Calliphoridae) de Colombia. *Caldasia*, 30(1), 231–244.

Amendt, J., Richards, C. S., Campobasso, C. P., Zehner, R., & Hall, M. J. R. (2011). Forensic entomology: applications and limitations. Forensic Science, Medicine, and Pathology, 7(4), 379–392.

Brundage, A., Bros, S., & Honda, J. Y. (2011). Seasonal and habitat abundance and distribution of some forensically important blow flies (Diptera: Calliphoridae) in Central California. Forensic Science International, 212(1–3), 115–120.

Byrd, J. H., & Castner, J. L. (Eds.). (2010). Forensic Entomology: The Utility of Arthropods in Legal Investigations (2.ª ed.). CRC Press.

Fonseca, A. (2018). Diversidad de dípteros, tasa de oviposición y respuesta conductual de moscas Chrysomya rufifacies (Díptera: Calliphoridae) en la ciudad de Oaxaca, México (Tesis doctoral). Universidad Autónoma de Nuevo León. 60p.

González, C. R., Llanos, L., Oses, C., & Elgueta, M. (2017). Calliphoridae from Chile: Key to the genera and species (Díptera: Oestroidea). Anales del Instituto de la Patagonia, 45(3), 19–27.

Hwang, C., & Turner, B. D. (2005). Spatial and temporal variability of necrophagous Diptera from urban to rural areas. Medical and Veterinary Entomology, 19(4), 379–391.

Jaume-Schinkel, S., & Ibáñez-Bernal, S. (2020). Catalog of the family Calliphoridae (Diptera: Oestroidea) of Mexico. Acta Zoológica Mexicana, 36, e3612237.

Magaña, C. (2001). La entomología forense y su aplicación a la medicina legal. Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa, 28, 161–170.

Mariluis, J. C., & Mulieri, P. R. (2004). Calliphoridae, califóridos. En O. D. Salomón (Ed.), Actualizaciones en artropodología sanitaria argentina (pp. 95–100). Fundación Mundo Sano.

Montoya, A., Sánchez, J. D., & Wolff, M. (2009). Sinantropía de Calliphoridae (Diptera) del Municipio La Pintada, Antioquia - Colombia. Revista Colombiana de Entomología, 35(1), 73–82.

Pape, T., Wolff, M., & Amat, E. (2004). Los califóridos, éstridos, rinofóridos y sarcofágidos (Díptera: Calliphoridae, Oestridae, Rhinophoridae, Sarcophagidae) de Colombia. Biota Colombiana, 5(2), 201–208.

Pinilla, T., Acuña, Y., Cortes, D., Díaz, A., Segura, A., & Bello, F. J. (2010). Características del ciclo biológico de Lucilia sericata (Meigen, 1826) (Díptera: Calliphoridae) sobre dietas diferentes. Revista UDCA Actualidad y Divulgación Científica, 13(2), 153–161.

Polanco-Llanes, AS., Amezcua-Gudiño, S., & Zaragoza J. (2021). Larvaterapia: las larvas y su trascendencia en el rubro científico. *Dermatol Rev Mex*. 65 (2): 198-208.

Whitworth, T. L. (2006). Claves para los géneros y especies de moscas azules (Díptera: Calliphoridae) de América al norte de México. Proceedings of the Entomological Society of Washington, 108(3), 689–725.

Whitworth, T. (2010). Keys to the genera and species of blow flies (Diptera: Calliphoridae) of the West Indies and description of a new species of Lucilia Robineau-Desvoidy. Zootaxa, 2663(1), 1–35.

Wolff, M. (2010). Los Calliphoridae (Díptera). Boletín del Museo Entomológico Francisco Luis Gallego, 2(2), 5–10.

Etnobotánica de quelites en una comunidad Zapoteca de la sierra norte de Oaxaca, México

Sunem Pascual-Mendoza[1,2]*, Aleyda Pérez-Herrera[1,2]*.

[1]Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR) Unidad Oaxaca, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, México. [2]Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT), Ciudad de México, México.*Autor para correspondencia. sunempascual@gmail.com; aperezhe@conacyt.mx

Recibido: 13/10/24; Aceptado: 02/12/24; Publicado en línea: 20/12/24

RESUMEN

Las consecuencias negativas del consumo de alimentos industrializados tienen sobre la salud y el medio ambiente hacen urgente revalorizar las especies vegetales comestibles de México. Los quelites son plantas que forman parte de la cultura alimentaria mexicana. La presente investigación documentó la etnobotánica de los quelites consumidos en el municipio de San Juan Juquila Vijanos, Oaxaca. El trabajo en campo consistió en la aplicación de cuestionarios etnobotánicos a 78 amas de casa, se registraron los datos sociodemográficos y se realizaron recorridos en campo para la identificación y colecta de las especies. El 70% de las amas de casa se dedican a labores del campo. El 71.8% son hablantes del zapoteco. En el municipio se consumen 39 especies de quelites, que en zapoteco son descritos como *Kuan*. El 84% de los quelites documentados son nativos de México, se cultivan y/o colectan principalmente de los agroecosistemas tradicionales milpa (34.21%), cafetal (44.73%) y huerto familiar (76.3%). El 85% de las mujeres obtuvieron el conocimiento de la colecta y preparación de los quelites de manera vertical, a través de la observación y participación en las actividades del hogar. La documentación del conocimiento tradicional de los quelites es vital para preservar la cultura, fortalecer la seguridad alimentaria y mejorar la nutrición.

Palabras clave: Agroecosistemas, Conocimiento Tradicional, Nutrición, Quelites, Seguridad Alimentaria.

ABSTRACT

The negative consequences of poor nutrition on health and the environment make it urgent to revalue local edible species in Mexico. Quelites are edible plant species present in Mexican food culture. This research documented the ethnobotany of quelites consumed in San Juan Juquila Vijanos, Oaxaca. Fieldwork consisted of ethnobotanical questionnaires to 78 housewives, sociodemographic data were recorded and field trips were conducted for the identification and collection of species. 70% of the housewives are dedicated to farm work. 71.8% are Zapotec speakers. In the municipality, 39 species of quelites are consumed, in Zapotec they are described as *Kuan*, 84% are native to Mexico, they are cultivated and collected mainly from traditional agroecosystems: milpa (34.21%), coffee plantation (44.73%) and family garden (76.3%). 85% of women obtained knowledge of the collection and preparation of quelites vertically, through observation and participation in household activities. Documenting traditional knowledge of quelites is vital to preserving the culture, strengthening food security, and improving nutrition.

Key words: Agroecosystems, Traditional Knowledge, Nutrition, Quelites, Food Security.

INTRODUCCIÓN

El mosaico biológico y cultural de México ha permitido el desarrollo de una estrecha relación entre la biodiversidad y los grupos étnicos que la conservan y utilizan con distintos fines, siendo la alimentación la necesidad primaria a satisfacer. La Base de Datos Etnobotánicos de Plantas de México (BADEPLAM) registra 2,168 especies de plantas comestibles en México. Por otro lado, el Instituto Nacional de los Pueblos Indígenas tiene un registro de 70 pueblos indígenas (INPI, 2024). El estado de Oaxaca alberga una gran diversidad cultural, la cual está altamente correlacionada con la diversidad biológica (García-Padilla et al. 2022).

Existen 500 especies de quelites consumidos en México (Linares & Bye, 2015). La palabra quelite proviene del náhuatl *quilitl* que significa planta tierna comestible e incluye hierbas anuales tiernas, inflorescencias, flores y las puntas de los tallos (cogollos) de plantas perenes. La historia del consumo de quelites en México data desde tiempos prehispánicos. El Fray Bernardino de Sahagún en su libro *Historia general de las cosas de la Nueva España en 1577* menciona alrededor de 60 especies que se consumían como quelites. El consumo de estas plantas ha perdurado y forma parte de la alimentación mexicana como se puede observar en la variedad de presentaciones en las que se consumen: frescas en ensaladas, hervidas en agua con sal, fritas, capeadas, en quesadillas, tamales y caldos.

Diversos estudios han registrado el conocimiento tradicional de los quelites en comunidades indígenas de México. En San Pedro Temoaya, Estado de México, se documentó que más del 50% de los quelites consumidos son nativos y que también son importantes para tratar afecciones de salud, principalmente enfermedades respiratorias y digestivas (Gómez et al. 2020). Los quelites brindan además servicios ecosistémicos y contribuyen a la seguridad alimentaria, lo cual fue documentado en comunidades de la Sierra de Zongolica, Veracruz, donde se identificaron 14 especies de quelites silvestres (Díaz-José et al. 2019). Estas especies también se obtienen de los sistemas agrícolas tradicionales, como las milpas y los huertos familiares (Sánchez-Ramos, 2017).

Los quelites son ricos en fibra, minerales y antioxidantes. Santiago-Saenz et al. (2018) caracterizaron tres especies de quelites: quintonil (*Amaranthus hybridus*), quelite cenizo (*Chenopodium berlandieri*) y verdolaga (*Portulaca oleraceae*). Los hallazgos indicaron que estas especies son ricas en carotenoides, fenoles, flavonoides y minerales como Fe, Ca, Mg, P, K y Zn. Estos resultados destacan la calidad nutricional de estas especies y sugieren que pueden ser consideradas en estrategias para mejorar la seguridad alimentaria en las poblaciones rurales. Las hojas y flores comestibles en Yaonáhuac, Sierra Norte de Puebla, como la lengua de vaca (*Rumex obstusifolia*), resultaron ricas en quercetina, kaempferol y luteína. Las flores de izote (*Yucca aloifolia*) mostraron mayor contenido de nutrientes y nutraceúticos (Pacheco-Hernández et al. 2023).

A nivel mundial, se calculan 30, 000 especies de plantas terrestres comestibles, sin embargo, solo 30 especies son las que alimentan al mundo (FAO, 2015). La deforestación de áreas naturales para la siembra de monocultivos o el establecimiento de áreas para ganado, está causando un impacto negativo en el medio ambiente. En México, el 69.1% de la población rural sufre de inseguridad alimentaria en alguno de sus niveles (ENSANUT, 2018). Por otro lado, el 75.2% de la población mexicana mayor de 20 años presenta sobrepeso y obesidad (Campos-Nonato et al. 2023). La situación alimentaria y nutricional que atraviesa nuestro país hace necesario repensar y revalorizar las especies vegetales locales con las que las comunidades rurales e indígenas cuentan para fortalecer la alimentación y la salud. Por lo tanto, la presente investigación tiene el propósito de documentar la etnobotánica de los quelites en el municipio de San Juan Juquila Vijanos, Oaxaca.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio. Esta investigación se realizó en la comunidad de San Juan Juquila Vijanos, una localidad zapoteca ubicada en la Sierra Norte de Oaxaca. “Juquila” en zapoteco significa donde crece el quelite azul (Enciclopedia de municipios y delegaciones de México, 2015). El municipio consta de tres comunidades (El Porvenir, Las Delicias y San Juan Juquila Vijanos) y tiene una población de 1,880 habitantes, de los cuales el 88.14% habla zapoteco. El 82.4% de la población cuenta con escolaridad básica (INEGI, 2020).

Etnobotánica de quelites. Previo al trabajo de campo se solicitó permiso a las autoridades municipales para realizar las entrevistas y la colecta de plantas en las comunidades de Las Delicias y Juquila Vijanos. Se realizaron entrevistas a 78 amas de casa, se obtuvo el consentimiento previo informado en el que las participantes fueron avisadas del propósito del estudio y que sus respuestas serían utilizadas únicamente con fines de investigación.

Se recabaron datos sociodemográficos (edad, escolaridad e idioma). Se registró el nombre común, el nombre en zapoteco, el lugar dónde se cultiva o colecta, cómo se consume, si tiene alguna propiedad medicinal y cómo aprendieron lo que saben. Algunas de las especies se identificaron en campo, mientras que otras fueron herborizadas para su identificación en el herbario del CIIDIR-IPN Oaxaca, donde posteriormente fueron depositadas. Los nombres científicos fueron cotejados con Villaseñor (2016) y Plants of the World Online: https://powo.science.kew.org/. Finalmente, las bases de datos fueron sistematizadas en Excel y se agregaron datos de forma de crecimiento, manejo y su estatus de nativas o introducidas (Villaseñor, 2016).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La edad de las mujeres entrevistadas osciló entre los 20 y los 83 años. El 71.8 % de las mujeres entrevistadas son hablantes de zapoteco y el 44.8% cursaron la educación básica. El 70% de las mujeres mencionó también realizar actividades en el huerto familiar, la milpa, y los cafetales, como el deshierbe, siembra y cuidado de cultivos, lo cual refleja el papel que desempeñan en el campo. Las mujeres en los entornos rurales utilizan, conservan y manejan los recursos vegetales locales.

El 80% de las mujeres indicaron que el conocimiento acerca de los quelites, espacios de cultivo y colecta, y la forma de preparación lo aprendieron de sus madres, tías, abuelas en un entorno familiar, mediante la realización de estas actividades. En otras investigaciones también se señala el papel de las mujeres en la transmisión del conocimiento tradicional a las nuevas generaciones, lo cual es fundamental para la sostenibilidad en el consumo de los vegetales locales comestibles a largo plazo (Manzanero-Medina et al. 2020; Román et al. 2024).

Biodiversidad de quelites Se registraron 39 especies de quelites, pertenecientes a 33 familias botánicas, las cuales están descritas en el Cuadro 1. Estas comunidades zapotecas conservan una alta riqueza de quelites, en comparación a otros estudios en poblaciones rurales en Veracruz y el Estado de México donde se documentaron 14 y 12 especies de quelites respectivamente (Díaz-José et al. 2019, Viesca-González et al. 2023). *Las familias más representativas fueron Fabaceae, Cucurbitaceae, Asteraceae*. Los géneros con mayor número de especies fueron *Cucurbita* (5) y *Phaseolus* (4), lo que refleja la importancia de los quelites de calabaza y frijol en la triada mesoamericana junto con el maíz. Estos elementos son base de la alimentación mexicana, y proveen frutos, semillas y hojas tiernas que se consumen como quelites.

El 84% de las especies documentadas son nativas de México, en las comunidades indígenas se conservan las especies nativas mediante la utilización de prácticas sostenibles y el conocimiento y respeto de la biodiversidad.

Cuadro 1. Características de los quelites consumidos en Juquila Vijanos, Sierra Norte, Oaxaca, México.

Familia botánica **Especie**	**Nombre común y en zapoteco**	**Lugar de obtención**	**Forma de preparación**
Asparagaceae			
***Yucca filifera* Chabaud**	*Yaj yëdj* Flor de izote	HF, Caf	Las flores se hierven o se fríen con huevo
Amaranthaceae			
***Alternanthera lanceolata* (Benth.) Schinz**	*Kuan yaj kuch* Quelite de cuche	Caf, VS	Las hojas se hierven con sal
***Amaranthus hybridus* L.**	*Kuan yëzj* Quintonil	HF, Mil, VS	Las hojas se hierven con sal o se fríen con cebolla
***Dysphania ambrosioides* (L.) Mosyakin & Clemants**	*Bët* Epazote	HF, Caf, Mil	Las hojas se utilizan para quesadillas o sazonar comidas

Familia botánica Especie	**Nombre común y en zapoteco**	**Lugar de obtención**	**Forma de preparación**
Amaryllidaceae			
***Allium neapolitanum* Cirillo**	*Layë* Cebollina	HF	Las hojas se consumen en fresco o para sazonar otros platillos
Apiaceae			
***Eryngium foetidum* L.**	*Kulandr yëtzi* Cilantro de espinas	HF, Caf	Las hojas se utilizan para sazonar el caldo de frijoles con calabaza o caldo de res
***Spananthe paniculata* Jacq.**	*Kuan bu'ga* Quelite hueco	HF, Caf, Cam	Las hojas se hierven con sal
Arecaceae			
***Chamaedorea oreophila* Mart.**	*Yë'dzu'* Tepejilote	Caf	La inflorescencia es asada en la brasa o para preparar chiles en escabeche
Brassicaceae			
***Brassica rapa* L.**	*Moortaz* Mostaza	HF	Las hojas se hierven con sal
***Nasturtium officinale* W.T.Aiton**	Berro	HF, Arro	Las hojas se consumen frescas o se hierven con sal
Calceolariaceae			
***Calceolaria mexicana* Benth.**	*Kuan xunax* Quelite de la virgen	Caf, Arro, Cam	Las hojas se hierven con sal y se consumen con chiles asados
Cleomaceae			
***Cleoserrata speciosa* (Raf.) H.H. Iltis**	*Kuan bza yeego* Quelite de arroyo	HF, Caf, Arro, BMM	Las hojas se hierven con sal
***Andinocleome magnifica* (Briq.) Iltis & Cochrane**	*Kuan dou'* Quelite de monte	BMM	Las hojas se hierven con sal
Asteraceae			
***Galinsoga parviflora* Cav.**	*Kuan bechi'i* Quelite de piojito	Caf, Mil, VS	Las hojas se hierven con sal o en caldo de frijoles
***Sonchus oleraceus* L.**	*Kuan giti gia'a* Quelite de diente de león montes	Caf, Cam	Las hojas se hierven con sal
***Taraxacum campylodes* G.E.Haglund**	*Kuan giti* Quelite de diente de león	VS, Cam	Las hojas se hierven con sal
Cucurbitaceae			
***Cucurbita argyrosperma* K. Koch**	*Kuan seto* nika'chi Quelite de calabaza alargada	HF, Mil	Las hojas se hierven con sal y se consumen con chiles asados. Las flores se consumen en quesadillas
***Cucurbita ficifolia* Bouché**	*Kuan seto weedx* Quelite de chilacayota	HF, Mil	Las hojas se hierven con sal y se consumen con chiles asados. Las flores se consumen en quesadillas.
***Cucurbita maxima* Duchesne**	*Kuan seto gu'* Quelite de calabaza tamala	HF, Mil	Las hojas se hierven con sal y se consumen con chiles asados. Las flores se consumen en quesadillas.
***Cucurbita moschata* Duchesne**	*Kuan seto* Quelite de calabaza	HF, Mil	Las hojas se hierven con sal y se consumen con chiles asados. Las

Familia botánica Especie	Nombre común y en zapoteco	Lugar de obtención	Forma de preparación
			flores se consumen en quesadillas.
***Cucurbita pepo* L.**	*Kuan seto yaag* Quelite de calabaza	HF, Mil	Las hojas se hierven con sal y se consumen con chiles asados. Las flores se consumen en quesadillas.
***Sechium edule* (Jacq.) Sw.**	*Kuan nap* Quelite de chayote	HF, Caf	Las hojas se hierven con sal
Fabaceae			
***Crotalaria longirostrata* Hook. & Arn.**	Chepil	HF, Mil	Las hojas pueden hervirse con guías de calabaza o para elaborar tamales
***Diphysa americana* (Mill.) M. Sousa**	*Yaj yëcho* Gallito	HF, Caf	Las flores se hierven o se fríen con huevo
***Erythrina americana* Mill.**	*Kuan btutzu* Quelite dormilón	HF, Caf	Las hojas se hierven con sal, las flores se hierven con sal o fritas con huevo
***Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit**	*Kuan laba'da* Guajes	HF, Caf	Los brotes tiernos se consumen en fresco
***Phaseolus coccineus* L.**	*Laa za'a dupi* Quelite de frijol para memelas	HF, Mil	Las hojas se consumen hervidas con sal y se sazonan con chiles asados
***Phaseolus vulgaris* L.**	*Laa za'a laz* Quelite de frijol delgado	HF, Mil	Las hojas se consumen hervidas con sal y se sazonan con chiles asados
***Phaseolus vulgaris* L. var 1**	*Laa za'a laya* Quelite de frijol de enredadera de monte	HF, Mil	Las hojas se consumen hervidas con sal y se sazonan con chiles asados
***Phaseolus vulgaris* L. var 2**	*Laa za'a kuan* Quelite de frijol ejotero/cuarentero	HF, Caf, Mil	Las hojas se consumen hervidas con sal y se sazonan con chiles asados
***Lathyrus oleraceus* Lam.**	*Kuan za'a lberj* Quelite de chícharos	HF	Las hojas se consumen hervidas con sal o en amarillo
***Vicia faba* L.**	*Kuan za'a rab* Quelite de habas	HF	Las hojas se consumen hervidas con sal o en amarillo
Phytolaccaceae			
***Phytolacca icosandra* L.**	*Kuan bexh*	HF, Mil	Las hojas se consumen hervidas con sal
Piperaceae			
***Piper auritum* Kunth**	*Laxua* Hierba santa	HF, Caf	Las hojas se utilizan para sazonar el caldo de pollo, amarillos o para envolver tamales
Portulacaceae			
***Portulaca oleracea* L.**	*Kuan bía yu* Verdolagas	HF	Las hojas se consumen hervidas con sal o para preparar salsa verde de pollo
Smilacaceae			

Familia botánica **Especie**	**Nombre común y en zapoteco**	**Lugar de obtención**	**Forma de preparación**
***Smilax aristolochiifolia* Mill.**	*Laaga duga* Enredadera de monte	BPE	Las hojas se utilizan para envolver y darle sabor a los tamales
Solanaceae			
***Cestrum nocturnum* L.**	*Kuan xu* Huele de noche	HF, Caf, Mil, BMM	Las hojas se consumen hervidas con sal
***Solanum nigrescens* M. Martens & Galeotti**	*Kuan bëxh yuchuugu* Quelite de moras	Caf, Cam	Las hojas se consumen hervidas con sal
Talinaceae			
***Talinum paniculatum* (Jacq.) Gaertn.**	*Kuan gid'naag'ba* Quelite de oreja	HF, BMM	Las hojas se consumen hervidas con sal

Los nombres en zapoteco están en cursiva. *HF: huerto familiar, Caf: cafetal, Mil: milpa, Arro: arroyo, VS: vegetación secundaria, Cam: orilla de caminos, BMM: Bosque mesófilo de montaña, BPE: Bosque de pino encino

Nombres en zapoteco. El 95% de las especies documentadas tienen un nombre en zapoteco, lo que refleja la preservación de la cultura, ya que en la población un gran porcentaje de la población habla esta lengua (López-García et al. 2020). En zapoteco, la mayoría de los quelites tienen nombres que empiezan con *Kuan* y que puede estar asociado a su morfología o alguna característica relacionada. Por ejemplo, el *C. speciosa*- quelite de arroyo (*Kuan bza yeego*) hace referencia al lugar donde crece esta especie. En el caso de las hojas tiernas de los frijoles se conocen como Laa, el quelite de frijol grande *(Laa za'a dupi*), el quelite de frijol delgado *(Laa za'a laz*). Las flores se conocen como *Yaj*, flor de izote *(Yaj yëdj*) o la flor de gallito (*Yaj yëcho).*

La nomenclatura de las plantas en zapoteco, demuestra el conocimiento sobre las particularidades de éstas como su morfología o lugar de crecimiento y demuestra la relación con la naturaleza y las prácticas en los sistemas agrícolas tradicionales. La documentación de los nombres de las plantas en zapoteco es fundamental para la conservación del conocimiento tradicional, preservación de la lengua y la comprensión de las propiedades y características de las plantas en el contexto cultural y para conservar la biodiversidad.

Espacios de cultivo y/o colecta. De los quelites documentados, 32 son hierbas y se encuentran principalmente en los huertos familiares (38 %), seguidos de cafetales (23 %) y milpa (17%) Figura 1. Los agroecosistemas tradicionales son espacios donde se conservan, se cultivan estas plantas. La función de los agroecosistemas es fundamental para las comunidades como en el caso de la comunidad maya en Guatemala donde los sistemas agrícolas son esenciales en la provisión de plantas comestibles (Luna-González & Sorensen, 2018).

Forma de consumo. Los quelites se consumen principalmente hervidos con sal como el quelite de diente de león (*T. campylodes*), quelite de mora (*S. nigrescens*), huele de noche (*C. nocturnum*), entre otros. En casos donde el sabor del quelite es fuerte, solo se consumen las hojas cocidas y el caldo se desecha, mientras que, en aquellos donde sabor es suave, el caldo se sazona con chile (*Capsicum annuum*) y limón (*Citrus x limon*) como los quintoniles (*A. hybridus*) o quelite de la virgen (*C. mexicana).* Las flores como el izote (*Y. filifera*), cuachepil (*D. americana*) se hierven con sal o se fríen con huevo. En el caso de las flores de calabaza *(Cucurbita sp.),* se consumen en quesadillas. Existen platillos que requieren una mayor preparación como el *Bxil cuan nap* (Figura 2) que consiste en memelas cocidas en olla con quelite de chayote, embarradas con salsa de semillas de calabaza. El agua donde se hirvió el quelite con las memelas, puede consumirse como bebida.

Las mujeres son custodias de la gastronomía local; conocen los ingredientes y las cantidades para la preparación de los platillos, nombre local de las especies, cómo se cultivan o colectan y los métodos de cocción (Peñafiel et al. 2019). El papel de las mujeres en la elaboración de los alimentos tiene una

influencia directa en la nutrición de las familias en las zonas rurales. Las decisiones de los alimentos a consumir recaen principalmente en las amas de casa, por lo que su conocimiento y elecciones tienen un efecto directo en la alimentación familiar.

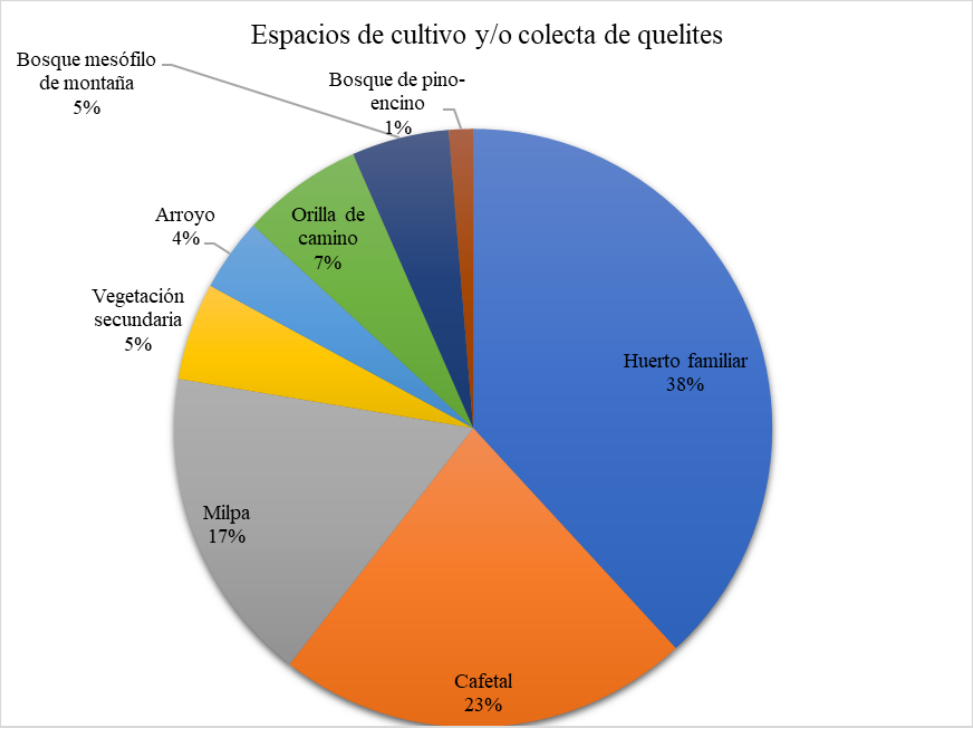


Figura 1. Agroecosistemas tradicionales y espacios de colecta donde se obtienen los quelites.

Figura 2. Platillo elaborado con quelite de chayote (*S. edule*) y memelas untadas con pasta de semillas de calabaza.

Uso medicinal de los quelites. El 26% de los quelites tienen un uso medicinal. En el caso del quelite de la virgen-*kuan shunash* (*C. mexicana*) y el quelite de arroyo-*kuan bza yegö* (*C. speciosa*), se colocan las hojas en la frente o los pies del enfermo para ayudar a bajar la fiebre. Otros se utilizan para tratar condiciones como la glucosa elevada en sangre, los quelites con sabor amargo como el quelite de monte-*kuan dou* (*A. magnifica*), huele de noche-*kuan xu (C. nocturnum*) son consumidos para estabilizar o mantener la glucosa en un rango adecuado.

En los últimos años, en las comunidades rurales e indígenas se ha incrementado el número de personas con diabetes. Las personas han empezado a asociar el sabor amargo con una disminución de la glucosa en sangre, de manera que también se han comenzado a consumir los quelites para coadyuvar al control de esta enfermedad. En otras comunidades rurales de Bangladesh y África se ha documentado como el sabor de ciertas especies silvestres se percibe como saludables (Jennings et al. 2014, Laleye et al. 2015), donde los entrevistados mencionaron que funcionan como agentes de limpieza para los intestinos y la sangre y pueden ser considerados como un medio de prevención y control de la enfermedad.

CONCLUSIÓN

Las comunidades del municipio de San Juan Juquila Vijanos conocen y consumen una riqueza de 39 especies de quelites, lo cual contribuye a la diversificación de la dieta, al consumo de micronutrientes, fortalecimiento de la seguridad alimentaria, a la preservación del conocimiento tradicional sobre la alimentación, la conservación y manejo de la biodiversidad nativa. Es necesario que este tipo de información sea considerada e incorporada en los planes y estrategias enfocados en mejorar la alimentación con recursos locales que forman parte de la cultura e identidad de los pueblos, y que están adaptados a las condiciones geográficas y ambientales de las comunidades.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a las amas de casa de las comunidades del municipio de San Juan Juquila Vijanos por compartir su tiempo y conocimiento en las entrevistas. Al traductor Jhonny Pascual Mendoza por su valiosa revisión de los nombres en zapoteco.

REFERENCIAS

Campos-Nonato, I., Galván-Valencia, O., Hernández-Barrera, L., Oviedo-Solís, C., & Barquera, S. (2023). Prevalencia de obesidad y factores de riesgo asociados en adultos mexicanos: resultados de la Ensanut 2022. Salud Pública de México, 65(1), S238–S247.

Díaz-José, J., Morales-Ríos, V., García-Martínez, H., & Tepole-Pérez, J. (2019). Servicios ecosistémicos y seguridad alimentaria: El caso de plantas silvestres para el consumo humano en comunidades indígenas de México. Las Ciencias Sociales y la Agenda Nacional, 5, 453–467.

Enciclopedia de municipios y delegaciones de México. (2015, 25 de octubre). San Juan Juquila Vijanos.

ENSANUT. (2018). Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2018-19. Instituto Nacional de Salud Pública.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)(2015). Recursos genéticos y biodiversidad para la alimentación y la agricultura.

García-Padilla, E., DeSantis, D. L., Rocha, A., Fucsko, L. A., Johnson, J. D., Lazcano, D., & Wilson, L. D. (2022). Biological and cultural diversity in the state of Oaxaca, Mexico. *Biología y Sociedad*, 5(9),48-72.

Gómez, C., Quiñones, A. P., Olascoaga, L., & Mejía, C. (2020). Los quelites: Riqueza de especies y conocimiento tradicional en la comunidad otomí de San Pedro Arriba, Temoaya, Estado de México. *Polibotánica*, 48, 219-242.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2020). Panorama sociodemográfico de México. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

Instituto Nacional de los Pueblos Indígenas (INPI). (2024). Derechos de los pueblos indígenas y afromexicanos: Informe 2024. INPI.

Jennings, H. M., Merrell, J., Thompson, J. L., & Heinrich, M. (2015). Food or medicine? The food-medicine interface in households in Sylhet. Journal of Ethnopharmacology, 167, 97–104.

Laleye, F. O. A., Mensah, S., Assogbadjo, A. E., & Ahissou, H. (2015). Diversity, Knowledge, and Use of Plants in Traditional Treatment of Diabetes in the Republic of Benin. *Ethnobotany Research and Applications*, 14, 231–257.

Linares, E. M., & Bye, R. (2015). Las especies subutilizadas de la milpa. *Revista Digital Universitaria*, 16(5), 1-22.

López-García, A., Pérez-Moreno, J., Jiménez-Ruiz, M., Ojeda-Trejo, E., Delgadillo-Martínez, J., & Hernández-Santiago, F. (2020). Conocimiento tradicional de hongos con importancia biocultural en siete comunidades de la región chinanteca del estado de Oaxaca, México. *Scientia Fungorum*, 50,e1280.

Luna-González, D. V., & Sorensen, M. (2018). Higher agrobiodiversity is associated with with improved dietary diversity, but not child anthropometric status, of Mayan Achí people of Guatemala. Public Health Nutrition, 21(11), 2128–2141.

Manzanero-Medina, G. I., Vásquez-Dávila, M. A., Lustre-Sánchez, H., & Pérez-Herrera, J. (2020). Nutritional properties of quelites from Oaxaca, Mexico. South African Journal of Botany, 130, 215–223.

Pacheco-Hernández, Y., Lozoya-Gloria, E., Becerra-Martínez, E., & Villa-Ruano, N. (2023). Nutraceutical potential of seven quelites harvested in the Northern Highlands of Puebla-México. Horticulturae, 9(1), 1–17

Peñafiel, D., Cevallos-Valdiviezo, H., Espinel, R., & Van Damme, P. (2019). Local traditional foods contribute to diversity and species richness of rural women's diet in Ecuador. *Public Health Nutrition*, 22(16), 2962-2971.

Román, M. de O. E., Oviedo, V. U., García, F. A., & Ayala, E. M. I. (2024). Participación de la mujer en los traspatios como alternativa de soberanía alimentaria. *Estudios rurales*, 14(29), 1-22.

Sánchez-Ramos, C. (2017). *Los quelites en la alimentación de Tetlatzinga, Soledad Atzompa, Veracruz, México*. [Tesis Maestría en Ciencias]. Colegio de Posgraduados.

Santiago-Saenz, Y. O., Hernández-Fuentes, A. D., Monroy-Torres, R., Cariño-Cortés, R., & Jiménez-Alvarado, R. (2018). Physicochemical, nutritional, and antioxidant characterization of three vegetables (Amaranthus hybridus L., Chenopodium berlandieri L., Portulaca oleracea L.) as potential sources of phytochemicals and bioactive compounds. Journal of Food Measurement and Characterization, 12, 2855–2864.

Viesca-González, F. C., Alvarado-Carrillo, D. J., & Quintero-Salazar, B. (2023). Los quelites en la ciudad de Toluca, México: Su recolección, comercialización y consumo. Estudios Sociales. Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional, 32(59), 1–30.

Villaseñor, J. L. (2016). Catálogo de las plantas vasculares nativas de México. Revista Mexicana de Biodiversidad, 87, 559–902.

Gen mitocondrial COI como herramienta molecular para la identificación de larvas de *Lucilia sericata* (Diptera: Calliphoridae)

Miguel Ángel Reyes-Avendaño[1]*, Héctor Maximino Rodríguez-Magadan[2], Alicia Fonseca-Muñoz[1]

[1]Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca, Facultad de Sistemas Biológicos e Innovación Tecnológica, Laboratorio de Entomología Aplicada, Oaxaca, México.[2]Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Laboratorio de Bioquímica y Biología Celular, Oaxaca, México.
*Autor para correspondencia: miguel_reyes.a@hotmail.com

Recibido: 13/10/24; Aceptado: 02/12/24; Publicado en línea: 20/12/24

RESUMEN

En la entomología forense (EF), los métodos tradicionales de identificación taxonómica presentan dificultades como individuos incompletos o dañados, lo que complica la correcta identificación para su aplicación en el cálculo del intervalo post-mortem (IPM). Los métodos moleculares han surgido como alternativa a la identificación mediante claves taxonómicas, pues pueden realizarse con cantidades mínimas de tejido y en cualquier etapa de vida. El propósito de este trabajo fue determinar si es posible la identificación a nivel especie usando la metodología del código de barras COI a partir del ADN de los estadios larvales de *Lucilia sericata* (Díptera: Calliphoridae). Se obtuvieron los huevos de mosca mediante necrotrampas y se desarrollaron en condiciones de laboratorio para su identificación y reproducción. La extracción del ADN se realizó utilizando un kit de extracción de ADN genómico para tejidos sólidos, la ampliación del gen COI se realizó mediante PCR utilizando los cebadores LCO1490-L y HCO2198-L, luego de esto se realizó la purificación y cuantificación del PCR para su posterior secuenciación. Las secuencias obtenidas se editaron y alinearon para luego compararlas con las secuencias existentes en las bases de datos BOLD y GenBank y por último compararlas mediante un análisis filogenético. La comparación arrojó un porcentaje de identidad máximo de hasta 89%, confirmando el éxito de la identificación para cada estadio larval; El análisis filogenético demostró la similitud de las secuencias de *L. sericata* obtenidas con las reportadas en otras partes del mundo. En conclusión, la identificación molecular mediante el código de barras del ADN es una herramienta efectiva que puede realizarse con poco material genético y que amplía las opciones de los entomólogos forenses para la obtención de datos que agilicen la resolución de casos criminales.

Palabras clave: Código de Barras del ADN, Dípteros, Entomología Forense, IPM, Taxonomía.

ABSTRACT

In Forensic Entomology, traditional taxonomic identification methods present difficulties such as incomplete or damaged individuals, which complicates the correct identification for their application in the calculation of the Post Mortem Interval. Molecular methods have emerged as an alternative to identification using taxonomic keys, since they can be performed with minimal amounts of tissue and at any stage of life. The purpose of this work was to determine whether species-level identification is possible using the COI barcode methodology from the DNA of the larval stages of *Lucilia sericata* (Diptera: Calliphoridae). Fly eggs were obtained using necrotraps and developed under laboratory conditions for identification and reproduction. DNA extraction was performed using a genomic DNA extraction kit for solid tissues, amplification of the COI gene was performed by PCR using primers LCO1490-L and HCO2198-L, after which PCR purification and quantification were performed for subsequent sequencing. The sequences obtained were edited and aligned to then compare them with the existing sequences in the BOLD and GenBank databases and finally compared them by phylogenetic analysis. The comparison yielded a maximum identity percentage of up to 89%, confirming the success of the identification for each larval stage; The phylogenetic analysis demonstrated the similarity of the *L. sericata* sequences obtained with those reported in other parts of the world. In conclusion, molecular identification by DNA barcoding is an effective tool that can be performed with little genetic material and that expands the options of forensic entomologists to obtain data that speed up the resolution of criminal cases.

Key words: DNA Barcoding, Diptera, Forensic Entomology, IPM, Taxonomy.

INTRODUCCIÓN

La Entomología Forense (EF) estudia la aplicación del uso de insectos en casos legales, es comúnmente utilizada para determinar el lapso mínimo desde la muerte de una persona y en investigaciones de fauna salvaje asesinada de manera ilegal, por lo tanto, los insectos pueden ser usados como evidencia o para el cálculo de datos de un crimen en un caso legal (Rawat, 2020). Los estudios sobre sucesión cadavérica han demostrado que, los insectos más comunes asociados con animales y humanos muertos son los califóridos, sus tasas de desarrollo están directamente relacionados con datos ambientales (humedad y temperatura) al igual que las especies de califóridos encontrados, varían de acuerdo con el proceso de descomposición del cuerpo, tipo de sustrato del microhábitat, además de la región geográfica y estación del año (Salanitro et al. 2022).

El paso más importante en la EF es la correcta identificación de las especies de insectos y otros artrópodos, esto es esencial para estimar adecuadamente el IPM (Acosta et al. 2021), no obstante, es difícil identificar a nivel especie a los estadios inmaduros de los califóridos por sus características morfológicas semejantes, lo que hace necesario criar en laboratorio a las larvas hasta su etapa adulta, lo que conlleva un gasto de tiempo y recursos, además de especialistas taxonómicos (Torres et al. 2020). Los métodos de identificación molecular han surgido en respuesta a las dificultades que conlleva el uso de claves taxonómicas basadas en características morfológicas desde marcadores mitocondriales y genes codificantes y no codificantes de proteína como COI, COII, ND1 a ND6, Cyt B, 16s RNA, 12s RNA, región control y la región ITS han sido usados como marcadores para una identificación precisa y para construir la filogenia (Achint & Singh, 2021).

El código de barras del ADN está basado en la secuenciación de fragmentos pequeños de la subunidad I de la citocromo oxidasa conocido también como gen COI que ha sido representado con variedad en las bases de datos especializadas como GenBank y BOLD y ha sido utilizado para identificar especies de moscas, en especial cuando no es posible su identificación mediante claves taxonómicas basadas en la morfología (Fuentes-López et al. 2020). Es por ello que el presente trabajo tiene como objetivo determinar si el gen mitocondrial COI puede ser utilizado para la identificación a nivel especie en larvas de mosca *Lucilia sericata* (Diptera: Calliphoridae) en cualquiera de sus estadios larvales para su aplicación como alternativa o complemento a las técnicas tradicionales de taxonomía basada en características morfológicas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Muestras estudiadas. Las larvas de Lucilia sericata se obtuvieron del laboratorio de larvaterapia del estado de Oaxaca, en donde se criaron en condiciones de laboratorio hasta su crecimiento en las diferentes etapas larvales, se almacenaron en tubos Eppendorf y se mantuvieron en un congelador (Thermo Scientific) a -20° para evitar la descomposición del tejido y degradación del material genético.

Extracción de ADN. Se utilizó el kit de extracción Quick DNA Zymo Research para tejidos sólidos, siguiendo el protocolo del fabricante, se utilizaron 10 larvas para la extracción del instar 1, seis larvas en el instar 2 y una larva en el instar 3, la extracción se comprobó mediante un gel de electroforesis en gel al 0.8% de agarosa por 20 minutos a 100 V (Nourrisson et al. 2024).

Amplificación y secuenciación del Gen COI. La ampliación se realizó mediante la reacción en cadena de la polimerasa (PCR por sus siglas en ingles) para la preparación de los bioensayos se utilizaron 15 microlitros de volumen total, de los cuales se usaron 2 microlitros de ADN por muestra, 1 microlitro de cebadores universales para insectos que amplifican el gen COI diseñados por Folmer et al. (1994) y modificados por Nelson et al. (2007). La secuencia de los cebadores fue: LCOI490L (5′-GTCWACWAATCATAAAGATTATGG-3′) Y HCO2198-L (5′-TAAACTTCWGGRTGWCCAAARAATCA-3′) 7.5 µL de Master Mix y 4.5 µL de agua libre de

Dnasa, estas muestras se dejaron procesar en una termocicladora modelo Vertity de APPLIED BYOSISTEMS (Urtgam et al. 2024).

Purificación y cuantificación del PCR. Una vez obtenidas las muestras de PCR purificadas de cada estadio larval, se comprobaron mediante un gel de agarosa al 1.5 %, la cuantificación de material genético por microlitro de muestras se realizó en un Nanodrop Lite Thermo scientific, se utilizó 1 microlitro de solución salina para el blanco y 1 microlitro del PCR purificado para la cuantificación del ADN (Kim et al. 2024).

Secuenciación del PCR. Se prepararon 6 muestras del PCR purificado para ser enviadas al instituto de Biotecnología de la UNAM para su secuenciación, 2 muestras por cada estadio, una utilizando el cebador Forward de la secuencia COI LCO1490-L y la otra utilizando el cebador Reverse HCO2198-L, las muestras fueron enviadas en un tubo eppendorf de tapa plana de 0.2 ml para PCR, conteniendo el equivalente a 10 pmolas de cada cebador y un mínimo de 100 ng de material genético de cada muestra hasta llegar a un volumen final de 16 µl (Hammoudeh et al. 2024).

Análisis de las secuencias. Las secuencias resultantes fueron verificadas con la base de datos del NCBI usando la función de Nucleotide BLAST (Basic Local Alignment Tool: https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/) y Barcode of Life Data System (BOLDS: https://id.boldsystems.org/) para determinar la homología de las secuencias obtenidas con otras secuencias reportadas en ambas bases de datos; Una vez obtenida la secuencia con mayor porcentaje de identidad, se comparó con otras de la misma especie pertenecientes a diferentes países (Cuadro 1, Goldfarb et al. 2025).

Cuadro 1. Secuencias utilizadas para la construcción del árbol filogenético.

Especie	País de origen	Código de registro Gen Bank
Lucilia sericata	Colombia	KC568276
Lucilia sericata	Alemania	JN257225
Lucilia sericata	Canadá	OQ622665
Lucilia sericata	Ecuador	MW200665
Lucilia sericata	Finlandia	MZ630224
Lucilia sericata	Portugal	MN868737
Lucilia sericata	Canadá	KR521769
Lucilia sericata	China	MF595892
Lucilia sericata	Bélgica	JX295738
Lucilia sericata	Italia	MH401830
Lucilia sericata	Irán	KF679776
Lucilia sericata	España	KX161643
Lucilia sericata	Corea	JX444930

Las secuencias fueron alineadas y editas utilizando los programas MUSCLE y MEGA 11 respectivamente después se elaboró un árbol filogenético de Neighbor- joining con soporte de 1,000 bootstraps.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La ampliación y secuenciación del Gen COI dio como resultado 3 secuencias compuestas por 675 pares de base (pb), que luego de ser editadas manualmente en el software MEGA 11, dieron como resultado a secuencias compuestas por 625 pb. Las 3 secuencias pertenecientes a cada estadio larval arrojaron porcentajes de identidad altos para *L. sericata* (hasta 89.9%) confirmado el éxito de la identificación a nivel molecular de las larvas de *L. sericata* con las registradas en las bases de datos.

El árbol N-J (Figura 1) demostró que las secuencias reportadas en esta investigación son muy similares genéticamente pero no idénticas a las secuencias depositadas en las bases de datos pertenecientes a otros países, a diferencia de lo descrito por KP et al. (2015) quienes reportaron una

similaridad del 100% de su secuencia proveniente de india a comparación con las secuencias provenientes de Estados Unidos, Bélgica, España, Portugal y Brasil. A pesar de las secuencias utilizadas en esta investigación no son las mismas que las utilizadas por KP et al. (2015), en ambos árboles filogenéticos son agrupadas en el mismo clado, validando la teoría elaborada por dichos autores de que la geografía no es un factor que afecte de gran manera a la variación genética de *L. sericata*, algo que es de esperarse pues el porcentaje de divergencia intra-específico de las secuencias utilizadas para el análisis , resultó ser de 0.427%, esto concuerda con lo reportado por Hebert et al. (2003), que estableció un porcentaje <3%, como un rango aceptable para considerar confiable la identificación a nivel especie utilizando el método de código de barras.

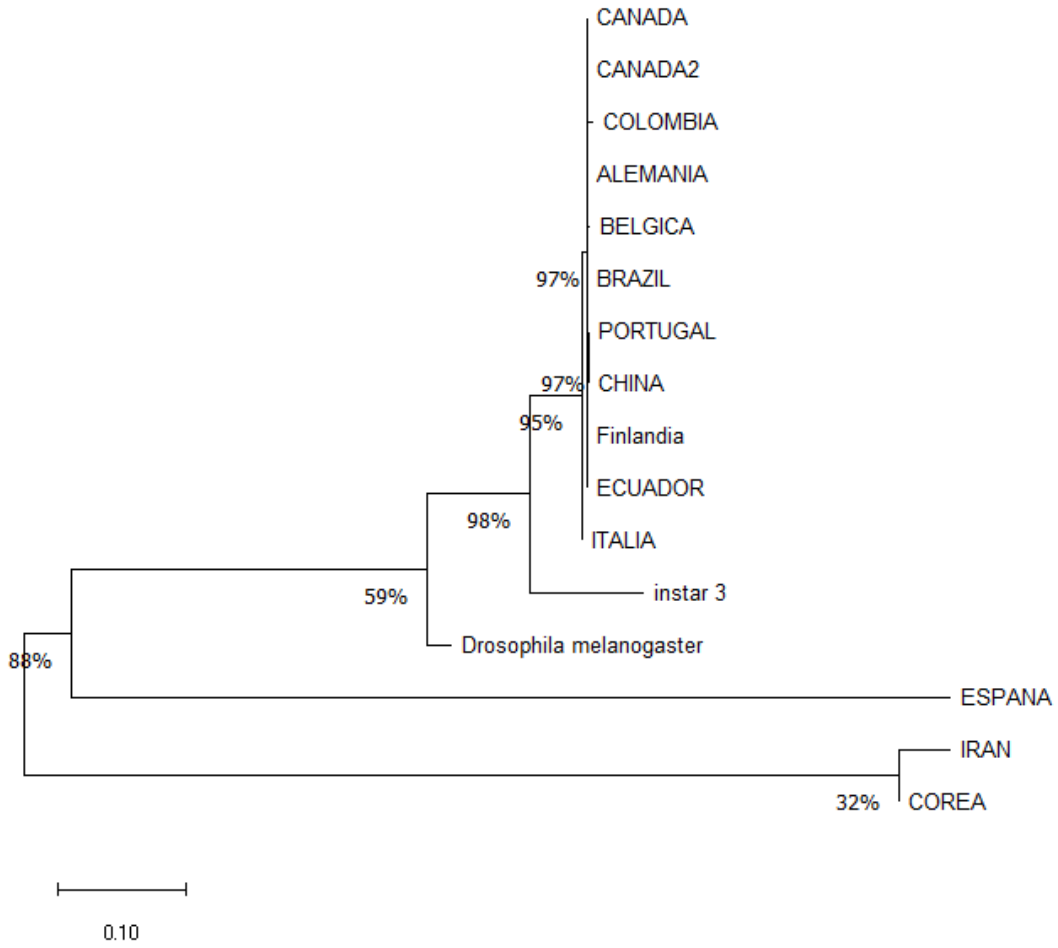


Figura 1. Árbol filogenético de Neighbour-jouning.

El propósito de este estudio fue el confirmar si era posible la identificación a nivel molecular usando la metodología conocida como código de barras COI a partir del ADN extraído de los estadios larvales de *L. sericata*, hasta la fecha de escrito este estudio, la publicación de investigaciones relacionadas con la identificación molecular de moscas de importancia forense para México es inexistente y las bases de datos como BOLDS o GenBank no tienen registros de secuencias COI pertenecientes a *L. sericata* para México; Son pocos los países latinoamericanos que han registrado sus secuencias en las bases de datos, esto a pesar de que *L. sericata* sea una de las principales especies utilizadas en la entomología forense para el cálculo del IPM en la región del neotrópico (Pinilla et al. 2010).

CONCLUSIÓN

Los estadios inmaduros de *L. sericata* son adecuados para la identificación molecular a nivel especie utilizando la metodología del código de barras de ADN. La identificación molecular a base del gen COI, puede llegar a complementar la metodología actual basada en la identificación morfológica por expertos en taxonomía. Es importante resaltar que en este estudio se utilizaron ejemplares intactos y a pesar de que, en la mayoría de los casos, los organismos colectados de las escenas de los crímenes están incompletos, se espera que se logren identificaciones exitosas usando cantidades menores de tejido. Se recomienda que se expandan las investigaciones aumentando el número de especies analizadas y regiones muestreadas, pues es importante aumentar la variedad de secuencias en las bases de datos para incrementar el porcentaje de confiabilidad de las identificaciones.

REFERENCIAS

Achint, R., & Singh, D. (2021). Application of COI gene for identification of some economically and forensically important muscid flies of India (Diptera: Muscidae). International Journal of Tropical Insect Science, 41(4), 3023–3029.

Acosta, X., González-Reyes, A. X., Corronca, J. A., & Centeno, N. D. (2021). Estimation of the postmortem interval through the use of development time of two South American species of forensic importance of the genus Lucilia (Diptera: Calliphoridae). Journal of Medical Entomology, 58(3), 1064–1073.

Folmer, O., Black, M., Hoeh, W., Lutz, R., & Vrijenhoek, R. (1994). DNA primers for amplification of mitochondrial cytochrome c oxidase subunit I from diverse metazoan invertebrates. Molecular Marine Biology and Biotechnology, 3, 294–299.

Fuentes-Lopez, A., Ruiz, C., Galian, J., & Romera, E. (2020). Molecular identification of forensically important fly species in Spain using COI barcodes. Science and Justice, 60(3), 293–302.

Goldfarb, T., Kodali, V. K., Pujar, S., Brover, V., Robbertse, B., Farrell, C. M., ... & Murphy, T. D. (2025). NCBI RefSeq: reference sequence standards through 25 years of curation and annotation. Nucleic Acids Research, 53(D1), D243-D257.

Hammoudeh, Y., Suresh, L., Ong, Z. Z., Lister, M. M., Mohammed, I., Thomas, D. J. I., ... & Ting, D. S. J. (2024). Microbiological culture versus 16S/18S rRNA gene PCR-sanger sequencing for infectious keratitis: a three-arm, diagnostic cross-sectional study. Frontiers in Medicine, 11, 1393832.

Hebert, P. D., Cywinska, A., Ball, S. L., & DeWaard, J. R. (2003). Biological identifications through DNA barcodes. Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences, 270(1512), 313–321.

Kim, K., Gao, H., Li, C., & Li, B. (2024). The glutathione biosynthesis is involved in metamorphosis, antioxidant function, and insecticide resistance in Tribolium castaneum. Pest Management Science, 80(6), 2698-2709.

KP, P. B., & Sebastian, C. D. (2015). Molecular barcoding of green bottle fly, Lucilia sericata (Diptera: Calliphoridae) using COI gene sequences. Journal of Entomology and Zoology Studies, 3(3), 10–12.

Nelson, L. A., Wallman, J. F., & Dowton, M. (2007). Using COI barcodes to identify forensically and medically important blowflies. Medical and Veterinary Entomology, 21(1), 44–52.

Nourrisson, C., Moniot, M., Tressol, M., Lambert, C., Fréalle, E., Robert-Gangneux, F., & Poirier, P. (2024). Multicenter comparative study of Enterocytozoon bieneusi DNA extraction methods from stool samples, and mechanical pretreatment protocols evaluation. Scientific Reports, 14(1), 15404.

Pinilla, T., Acuña, Y., Cortes, D., Díaz, A., Segura, A., & Bello, F. J. (2010). Características del ciclo biológico de Lucilia sericata (Meigen, 1826) (Diptera: Calliphoridae) sobre dietas diferentes. Revista UDCA Actualidad y Divulgación Científica, 13(2), 153–161.

Rawat, S. (2020). Myiasis, Dipteran flies and their implications in Forensic Entomology.

Salanitro, L. B., Massaccesi, A. C., Urbisaglia, S., Pería, M. E., Centeno, N. D., y Chirino, M. G. (2022). *Calliphora vicina* (Diptera: Calliphoridae): Growth rates, body length differences, and implications for the minimum post-mortem interval estimation.

Torres Tola, E., Castillo Vega, P., & Calderón, A. B. (2020). Identificación molecular de dípteros de importancia forense con el gen (COI Barcode), La Paz, Bolivia. Medicina Legal de Costa Rica, 37(2), 93–101.

Urtgam, S., Thawathotsapakorn, S., & Wattanachaiyingcharoen, W. (2024). The Partial Nucleotide Sequences of the Mitochondrial Genes, COI and 16s rRNA, of Fireflies in the Genera Pygoluciola, Trisinuata, and Medeopteryx (Coleoptera: Lampyridae). Journal of Current Science and Technology, 14(2), 22-22.

Percepción de la fauna silvestre mediante educación ambiental en la comunidad San Rafael Agua Pescadito, Chinantla, Oaxaca, México

Guadalupe Vargas-Cruz[1], Ricardo Serna-Lagunes[1]*, Gregorio Hernández-Salinas[2], Jorge Armida-Lozano[2], Carlos de Jesús Ocaña-Parada[3], Fernando Isaac Gastelum-Mendoza[4], Dulce María Ávila-Nájera[5], Luis Antonio Tarango-Arámbula[6]

[1]1Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias Región Orizaba-Córdoba, Universidad Veracruzana, México. [2]Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Zongolica, Veracruz, México. [3]Universidad Ciencias y Artes de Chiapas (UNICAH), Chiapas, México [4]Facultad de Ciencias Forestales-Universidad Autónoma de Nuevo León, México. [5]Universidad Intercultural del Estado de México. [6]Colegio de Postgraduados, Campus San Luis Potosí, México. *Autor de correspondencia: rserna@uv.mx

Recibido: 16/10/24; Aceptado: 02/12/24; Publicado en línea: 20/12/24

RESUMEN

La comunidad San Rafael Agua Pescadito, ubicada en la región de la Chinantla, Oaxaca, México, funge como un corredor biológico para grupos de fauna silvestre como los mamíferos; pero hasta ahora, los talleres de educación ambiental no se han implementado para conocer la percepción de los niños sobre la presencia de fauna silvestre en sus ecosistemas. El objetivo del estudio fue describir la percepción de niños de primaria por medio de un programa de educación ambiental en la comunidad San Rafael Agua Pescadito, Chinantla, Oaxaca, México. Se realizaron talleres de educación ambiental aplicando varias herramientas de recolección de datos. La línea de percepción entre edades (8-10 años) de los niños no fueron diferentes, puesto que perciben la importancia ecológica y biocultural de la fauna silvestre. El programa de educación ambiental con niños es una herramienta de conservación para el futuro cuidado de los ecosistemas y la biodiversidad.

Palabras clave: Educación Ambiental, Manejo de Fauna, Niños, Jaguar, Ecosistemas.

ABSTRACT

The San Rafael Agua Pescadito community, located in the Chinantla region, Oaxaca, Mexico, serves as a biological corridor for groups of wildlife such as mammals; but until now, environmental education workshops have not been implemented to understand children's perception of the presence of wildlife in their ecosystems. The objective of the study was to describe the perception of primary school children through an environmental education program in the San Rafael Agua Pescadito community, Chinantla, Oaxaca, Mexico. Environmental education workshops were conducted using various data collection tools. The line of perception between ages (8-10 years) of children was not different, since they perceive the ecological and biocultural importance of wildlife. The environmental education program with children is a conservation tool for the future care of ecosystems and biodiversity.

Key words: Environmental Education, Wildlife Management, Children, Jaguar, Ecosystems.

INTRODUCCIÓN

En México, la fauna silvestre experimenta diferentes amenazas y presiones a su hábitat, individuos y poblaciones, como la caza sin control, la transformación del entorno, tráfico ilegal, y los efectos del cambio climático, pero existen áreas con ecosistemas saludables que albergan poblaciones silvestres, pero esto se mantendrá en la medida de que se siga conservando la cobertura forestal, mediante la implementación de programas académicos y de investigación, así como acciones de manejo y conservación (Ceballos et al. 2018). El grupo biológico de fauna silvestre presenta un número importante de especies en categorías de riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT, 2010); para la conservación de la biodiversidad, en el estado de Oaxaca se han gestionado y establecido Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación (ADVC), donde la

región de Los Chimalapas se considera en el área de prioridad I, así como Área de prioridad II por ubicarse en la Sierra Norte donde se ubica el hotspot de mamíferos (Ceballos et al. 2006). Esto es debido porque el estado de Oaxaca posee la mayor riqueza de especies de mamíferos en México, y se ubica en una región en la que se enlistan 222 especies, siendo la región de la Sierra Norte y el Istmo, en donde se tiene registrada la mayoría de éstas (Santos-Moreno, 2014). A su vez, los ecosistemas de Oaxaca están manejados por pueblos indígenas, y mediante el esquema de las ADVC, se cumple con el objetivo de destinar sus recursos naturales a la conservación, mediante la certificación de bosques con idoneidad de hábitat favorable para las poblaciones de fauna silvestre.

El presente estudio tiene como objetivo describir la percepción de niños de primaria por medio de un programa de educación ambiental en la comunidad San Rafael Agua Pescadito, Chinantla, Oaxaca, México. Esto se desarrolló mediante talleres de educación ambiental con niños de primaria ubicada dentro de un ADVC de la región de La Chinantla, Oaxaca; con entrevistas estructuradas, se conocerá la percepción social, cultural y ecológica, esto definirá la cosmovisión que se tiene de las especies.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la localidad San Rafael Agua Pescadito (96°19’ 27” W y 17°53’25” N; altitud: 560 msnm), municipio de San Juan Bautista Valle Nacional perteneciente a la región La Chinantla, misma que abarca tres de las ocho regiones en que se divide el estado de Oaxaca: Papaloapan, Sierra Norte y Cañada (CONANP, 2009). A su vez, se divide en tres subregiones: Chinantla baja (altitud menor a 400 m), Chinantla media (entre 400-1000 m) y Chinantla alta (altitud superior de 1000 m; De Teresa, 1999). La región la Chinantla abarca 14 municipios en las que convergen 258 localidades en un área de 4 596 km2 (Figura 1). La localidad tiene cuatro anexos de localidades: Arroyo Seco, Arroyo Tortuga, Loma San Rafael y Rancho Cafetal y colinda con la Presa Cerro de Oro al Norte, al Sur colinda con la comunidad de Armadillo Grande, al Este se encuentra la población Rancho Faisán y al Oeste colinda con Cerro Mirador (Guadarrama-Olivera, 2002).

La población de la localidad está constituida por 383 hombres y 459 mujeres (842 habitantes; INEGI, 2010). La comunidad habla el Chinanteco, su lengua materna y de éstos, la mayoría es bilingüe, ya que hablan español, a pesar de ello, el 79.3 % de los habitantes de La Chinantla habla la lengua materna, y de éste, el 94 % también habla la lengua conocida como Chinanteco; el resto es hablante de los dialectos mazateco, mixe, cuicateco y zapoteco. (Guadarrama-Olivera, 2002). Celebran la “Fiesta patronal” el 24 de octubre y la religión dominante es la católica, celebran el día de los muertos y la navidad (Guadarrama-Olivera, 2002).

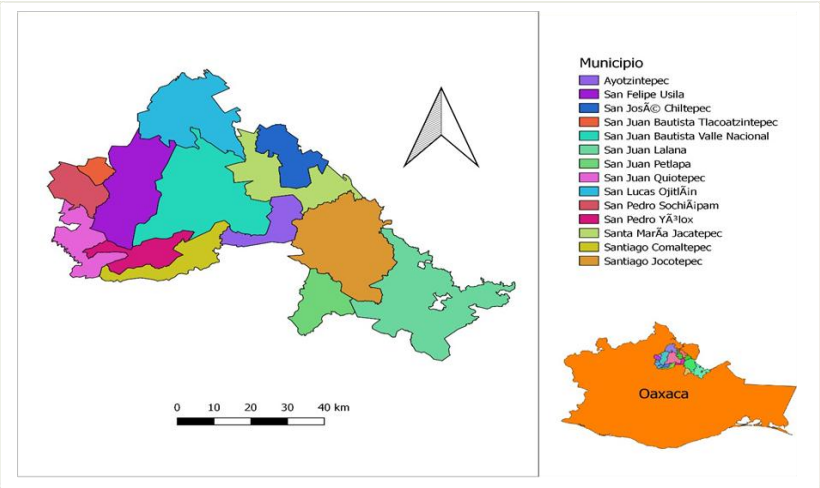


Figura 1. Mapa de la región La Chinantla y municipios que la conforman.

Desde el año 2018, San Rafael Agua Pescadito forma parte de las 354 ADVC que existen actualmente en México, tienen certificadas 3,500 has ante la CONANP, con un plazo de certificación de 15 años. El ANP alberga un ecosistema de selva alta y mediana perennifolia (CONANP, 2019) y presenta un clima Af(m), con temperatura promedio anual de 23° a 24°C y con 3 400 a 4 500 mm de precipitación (Guadarrama-Olivera, 2002).

Para la descripción de la percepción de la fauna por los niños de la escuela primaria "Venustiano Carranza", de la localidad San Rafael Agua Pescadito, se obtuvo aplicando diferentes fases de trabajo. Para ello, se desarrolló un programa de educación ambiental que contempló la impartición de pláticas, cursos y talleres a los niños de la escuela, en los que se les habló de diferentes temas de la conservación y manejo de poblaciones. En la primera entrevista con los niños, se les mostraron imágenes/fotografías de diferentes especies de animales que existen en su comunidad: aves, reptiles, mamíferos y anfibios, para que ellos nos dijeran sus nombres, su importancia ecológica y biocultural. Después de eso, se les dio una breve descripción de cada especie y la importancia que tienen en el ecosistema. Una vez que reconocieron las especies de fauna que habitan en el lugar, se les preguntó sobre el estado de conservación en el que se encuentran las especies y cuáles han sido los principales problemas por los que se encuentra en peligro (identificación de la deforestación, la ganadería, la caza, etc.). En el taller se implementaron dinámicas educativas como exposiciones de dibujos sobre animales que ellos reconozcan que habiten en su comunidad, dando una explicación del porqué escogieron esa especie, cuál es su importancia, de que se alimenta y cuál es su rol dentro de la selva. También se trabajó con cuentos, poemas y poesías, sobre los animales del bosque.

Como punto de partida se dialogó con el director de la Escuela Primaria "Venustiano Carranza" de San Rafael del Agua Pescadito, con quien además se planteó la metodología a realizar y a través de un permiso escrito, otorgó su autorización. Posteriormente mediante una reunión breve con los padres de familia, se explicó el objetivo del proyecto y la metodología a desarrollar, de manera que estuvieran enterados de las actividades que se realizarían con sus hijos.

Para medir la percepción de los niños de nivel básico, se trabajó con el grupo de tercer grado de noviembre a diciembre del 2019, mediante la implementación de talleres de educación ambiental usando como herramientas la visualización de imágenes y videos afines al tema, aplicación de cuestionarios, diseño y desarrollo de dibujos, escritura de fábulas y pintura libre. Cabe mencionar que el taller de educación ambiental se desarrolló siguiendo la metodología propuesta en el "libro de juegos con el puma y el jaguar, dos gatos grandes que tenemos que cuidar" de Torres et al. (2015).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se entrevistaron 12 estudiantes de tercer grado, tres eran niñas y nueve niños, con edades de 8 (9 niños), 9 (1 niño) y 10 años (2 niños). Los alumnos hablan su lengua materna (Chinanteco), y el español, pero la mayor parte del tiempo que se comunican entre ellos, lo hacen en su lengua materna. De las imágenes mostradas durante clase (Cuadro 1), el 100% de los niños manifestó conocer al jaguar, al que expresaron llamarle "Tigre". Al ocelote le llamaron tigrillo, manifestando que, a este último, es al que han observado, aunque "se parecen mucho" o "son igualitos". con respecto a las dos especies de pecaríes mostradas (*Tayassu pecari* y *Pecari tajacu*), los reconocen como jabalí, ya que en las comunidades las dos especies generalmente reciben ese nombre común. Este evento sucede generalmente durante la época de lluvias menores a 67.31 mm (Figura 1). Similarmente, Franco (1978) en su estudio fenológico de 28 especies arbóreas de la Reserva Forestal de Caparo Venezuela, menciona que la caducifolia de las especies está relacionada con parámetros climáticos y edáficos y encontró que existen especies que brotan las hojas nuevas antes de que caigan.

Destaca que las especies de mamíferos que conocen los niños, han sido identificadas porque en algún momento probaron "guisos" de carne de monte con fines de alimentación. Otra respuesta que indicaron fue porque han "hecho senderismo en el cerro con sus padres y en algunos lugares del

trayecto han observado a la especie", o los han visto en el patio de su casa (como el tlacuache y armadillo que son especies comunes en los traspatios). Posterior a la exposición de imágenes de la fauna silvestre, se describieron cada una de las especies mostradas y sus características ecológicas (hábitat, dieta, peligrosos, etc.). De los animales que reconocieron, no consideraron "peligroso" a ninguna especie. Sin embargo, expresaron sentirle un poco de miedo al jaguar, por ser un animal "muy grandote" pero que algún día, quisieran ver.

Cuadro 1. Animales que se les mostró a los alumnos en la primera sesión.

Nombre científico	Nombre que le dan los niños	Niños que lo conocen n=12
Panthera onca	Tigre, jaguar	12
Leopardus pardalis	Tigrillo	0
Leopardus wiedii	Tigrillo	12
Mazama temama	Temazate	12
Tayassu pecari	Jabalí, cuche de monte	12
Pecarí tajacu	Jabalí, cuche de monte	12
Dasypus novemcinctus	Armadillo	12
Dasyprocta mexicana	Serete	7

Con respecto al cuestionario aplicado (que consistía en seis preguntas abiertas) se pudo tabular las respuestas de los alumnos con base en aprendido en la primera sesión. Con respecto a la pregunta 1: ¿Qué animal te gustó más? seis (50%) sintieron afinidad por el jaguar, mientras que el resto, quedó dividido entre el pecarí, armadillo y tigrillo. Es importante mencionar que la presentación y descripción de las especies tuvieron las mismas características sin darle prioridad al jaguar, para que en los cuestionarios su respuesta no fuera sesgada hacia esta especie. Para los niños que eligieron al jaguar como especie representativa, se les preguntó ¿Por qué el jaguar te gustó más? Las respuestas fueron muy diversas, pero la respuesta más frecuente fue que el jaguar es bonito (Cuadro 2).

Cuadro 2. Respuestas de los alumnos que eligieron al jaguar.

Niños	Respuestas
José	"Por sus garras"
Edgar	"Porque se ve muy bonito en las fotos y quiero conocerlo"
Harold	"Me gusta porque está muy bonito y tiene muchos colores en su cuerpo que hacen que se vea más bonito"
Cristian	"Porque se ve bonito"
Jaime	"Me gusta el jaguar porque me ha dicho mi papá que vive aquí cerca y que está muy bonito y yo también quiero conocerlo"
David	"Porque es muy grande y por eso se ve muy bonito"

De los animales que viven cercanos a la comunidad, *Leopardus pardalis* fue la especie que no reconocieron. Solo siete niños sabían que las especies mostradas en el catálogo habitan cerca de la localidad. Pero sí sabían que el jaguar vive en el cerro de su comunidad, es decir, del total de alumnos (n=12), siete manifestaron sí saber que el jaguar vive en el cerro de su comunidad, cinco dijeron no estar enterados. Los niños que saben sobre la existencia del jaguar, esta percepción fue adquirida porque sus familiares les han hablado del tema o simplemente han escuchado los rumores con personas de la localidad, esto podría ser porque la mayor parte de la población está enterada de los estudios de conservación que se hacen en su montaña o bien, porque algún miembro de su familia, alguna vez lo ha visto o escuchado y platicado.

Al preguntar a los niños sobre la extinción del jaguar, es decir, si tenían conocimiento que el jaguar puede desaparecer de nuestro planeta si no lo cuidamos a él y su hábitat, el 50% de los niños respondieron sí saber y los demás no tenían idea que el jaguar puede desaparecer definitivamente si

se siguen cazando o destruyendo su hábitat. Esta respuesta estuvo relacionada con el conocimiento acerca del hábitat y de la dieta del jaguar. Aunque no todos los niños sabían que el jaguar vive en el cerro de su comunidad, todos tenían la noción aun antes de que se describieran, que los jaguares habitan en bosques o selvas y que son carnívoros, por lo que se alimentan de varias especies de animales silvestres que también habitan su comunidad (Cuadro 3).

Cuadro 3. Respuestas de los alumnos sobre el hábitat y la dieta del jaguar.

Nombre:	Dónde vive:	De que se alimenta:
Claudia	En el monte	Serete
Evelyn	La selva o la pradera	Venado
Keyla	Selva y el bosque	Serete
José	En cuevas	Jabalí, serete y venado
Edgar	En la selva	Venado, jabalí y serete
Harold	En la selva y el bosque	De otros animales que también viven en la selva y el bosque como él.
Amós	En el cerro	Come carne
Cristian	Selva	Carnívoro
Chael	En la selva	De carne de otros animales
Miguel Ángel	En la selva	Carnívoro, venado, armadillo serete
Jaime	Vive lejos dentro del cerro	Come mucha carne
David	En la selva	Jabalí

La segunda semana que se trabajó con dibujos de los animales mostrados en la semana anterior, se les pidió que dibujaran el que más les haya gustado. Como resultado se tuvo la misma cantidad de niños para el jaguar (4) y para el pecarí (4) mientras que el resto (4) quedo dividido entre el venado, ocelote, tigrillo y el armadillo (Figura 2). En esta sesión, los niños ya sabían diferenciar entre el ocelote y el tigrillo, puesto que ya se habían descrito y comparado detenidamente.

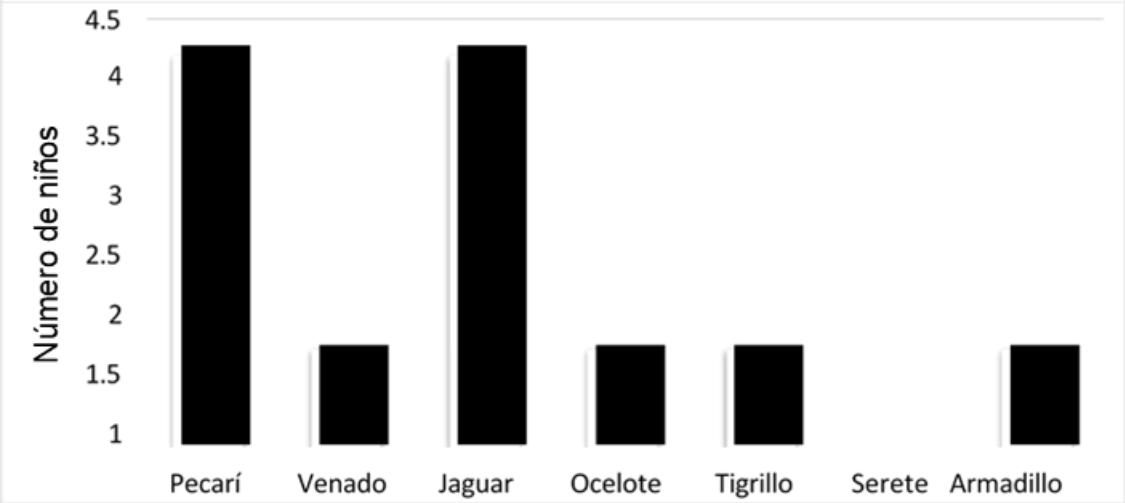


Figura 2. Número de niños que decidieron dibujar cada especie.

Esta sesión académica concluyó con un cuestionario de tres preguntas abiertas:

Pregunta 1. ¿De qué color es el jaguar? seis respondieron que es de color amarillo y negro, dos creen que el jaguar es amarillo y pintito, tres niños respondieron que es negro y solo uno, que el jaguar es anaranjado y negro.

Pregunta 2. ¿Por qué el jaguar está en peligro de desaparecer? nueve respondieron que está a punto

de desaparecer porque la gente lo mata, dos niños respondieron que está desapareciendo porque las personas lo tienen atrapado en algún lugar en el cerro y finalmente uno expresó que es porque lo matan o se muere solo en el cerro.

Pregunta 3. ¿Qué calificación del 1 al 10, le darías al jaguar? Se obtuvo que el total de niños le otorgó un 10 al jaguar, reflejando de esa manera, su percepción positiva.

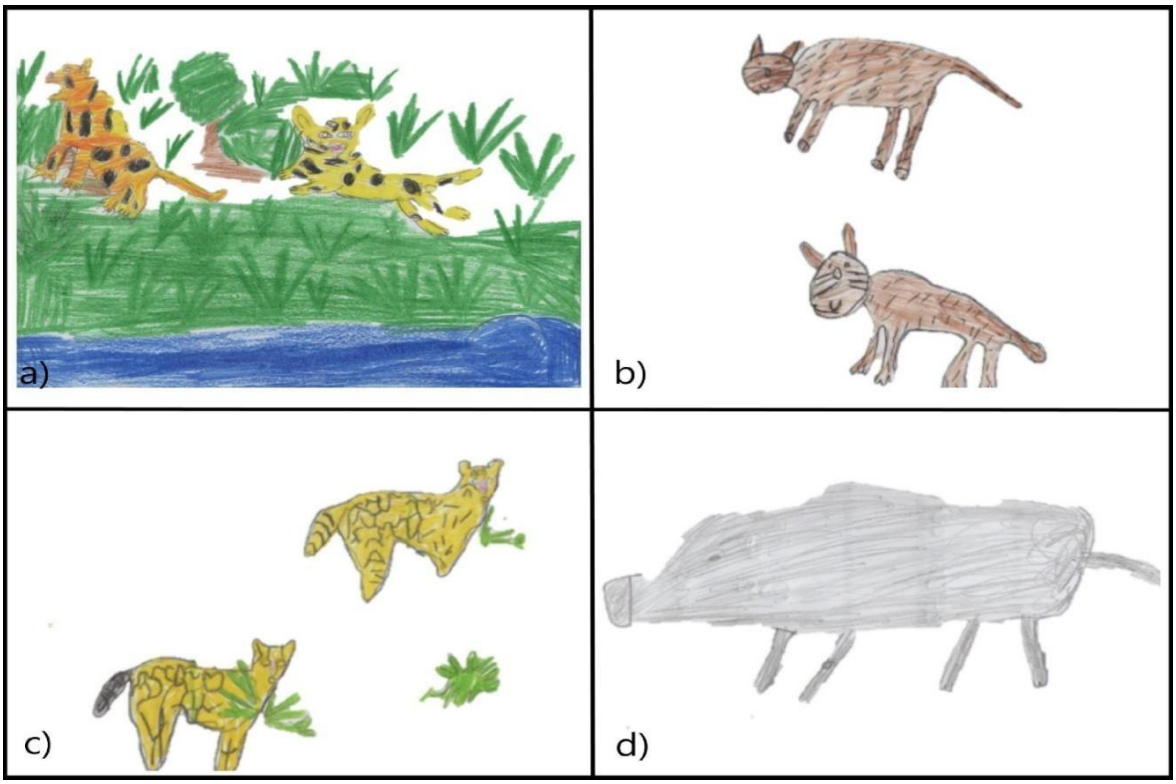


Figura 3. Algunos dibujos realizados por niños respecto a la especie por la que se decidieron: a) y c) corresponden a dibujos de jaguares mientras b) ocelote, y d) pecarí.

Para las sesiones correspondientes a la tercer, cuarta y quinta semana, se centró ya solo en el jaguar y se trabajó con proyecciones de videos infantiles, documentales, pinturas, proyecciones de imágenes y prácticas en el patio escolar. En la tercer semana se hizo uso de dibujos y pinturas, en la primer actividad los niños reconocieron al jaguar de entre otros animales y lo colorearon (Figura 4), en la actividad siguiente los niños reconocieron y pintaron a las presas de las que se alimenta el jaguar (Figura 5), la última actividad de ese día consistió en pintar entre todos un dibujo del jaguar presentado en papel cascaron, esta actividad fue la que llevó más tiempo por el tamaño del dibujo, en esta sesión a los niños se les vio emotivos y entretenidos desde que se planteó la actividad, además de interactuar entre ellos para ponerse de acuerdo en cómo pintarían a este felino, también sugirieron dibujar un cielo y el pasto, para después pintarlo (Figura 6).

En la cuarta semana se mostraron los videos planteados. En cambio, en la quinta y última semana se presentó un documental del jaguar en México y al término se realizó una breve práctica en el patio de la escuela, a petición de los niños las anteriores semanas de querer conocer una cámara-trampa, fueron mostradas en esta última sesión, se programaron y colocaron en un árbol del patio escolar para que observaran su funcionamiento, aquí cabe mencionar que su interés por conocer las cámaras se debe a que los alumnos tienen el conocimiento de los monitoreos que se hacen en su montaña, por lo tanto ya saben de la existencia de esta tecnología en su comunidad. Para concluir el curso se aplicó un cuestionario final que consistía en dos preguntas con opciones y una abierta.

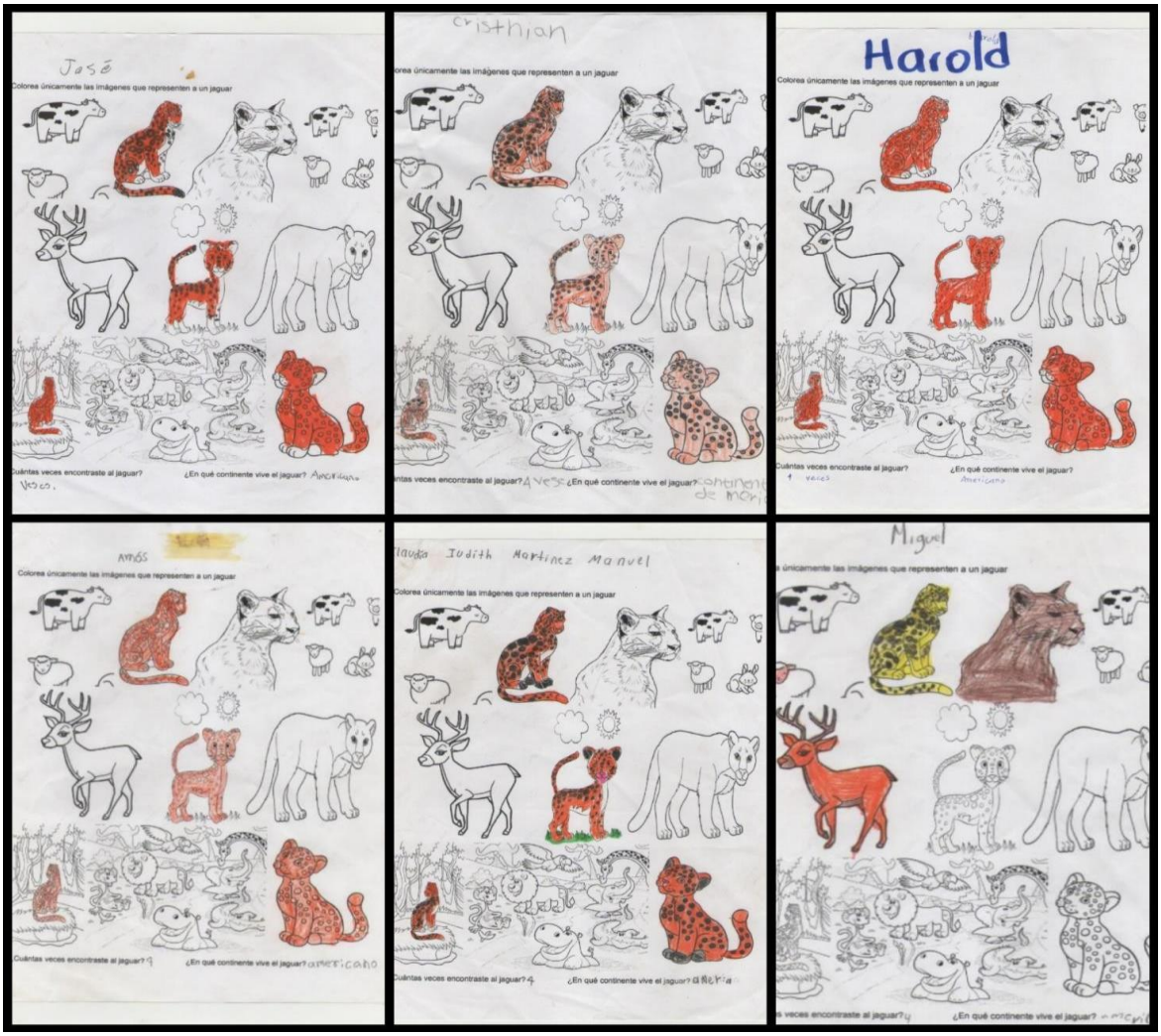


Figura 4. Jaguares que reconocieron y colorearon los niños de entre otras especies

Pregunta 1. ¿De cuál de estos animales te has alimentado alguna vez? Las opciones presentadas fueron de especies que se sabía con anterioridad que habitan en la zona y que se presentaron ante los alumnos desde el inicio del curso, algunas especies como el tepezcuintle o tlacuache se agregaron porque se habían registrado en las cámaras, el pecarí y serete fueron las especies que mencionaron con mayor frecuencia.

Pregunta 2. ¿Alguien de tu familia te ha hablado del jaguar? La mayoría de los niños expresó saber algo del felino por pláticas con familiares. Se tomaron respuestas de dos alumnos:

José, ocho años: “Los jaguares andan por el cerro”.

Claudia, nueve años: “Si me han dicho que una vez vieron a un jaguar”.

En términos generales, los niños manifestaron una buena perspectiva en torno al jaguar, de hecho, no se encontraron obstáculos importantes que impidiera trabajar temas de conservación con los niños, para empezar, el 100% de ellos reconoció al “tigre”, como le llaman ellos. La buena actitud que los 12 participantes mostraron hacia el felino, desde otorgarle un 10 en términos estéticos, hasta manifestar propuestas para su conservación, esto es comparable con la actitud de los niños del ejido Úrsulo Galván en Nayarit, donde la mayor parte tuvo una actitud favorable en torno al felino (Romero

& González, 2011), al igual que en San Rafael Agua Pescadito en Oaxaca, donde mostraron entusiasmo con los programas de educación ambiental.

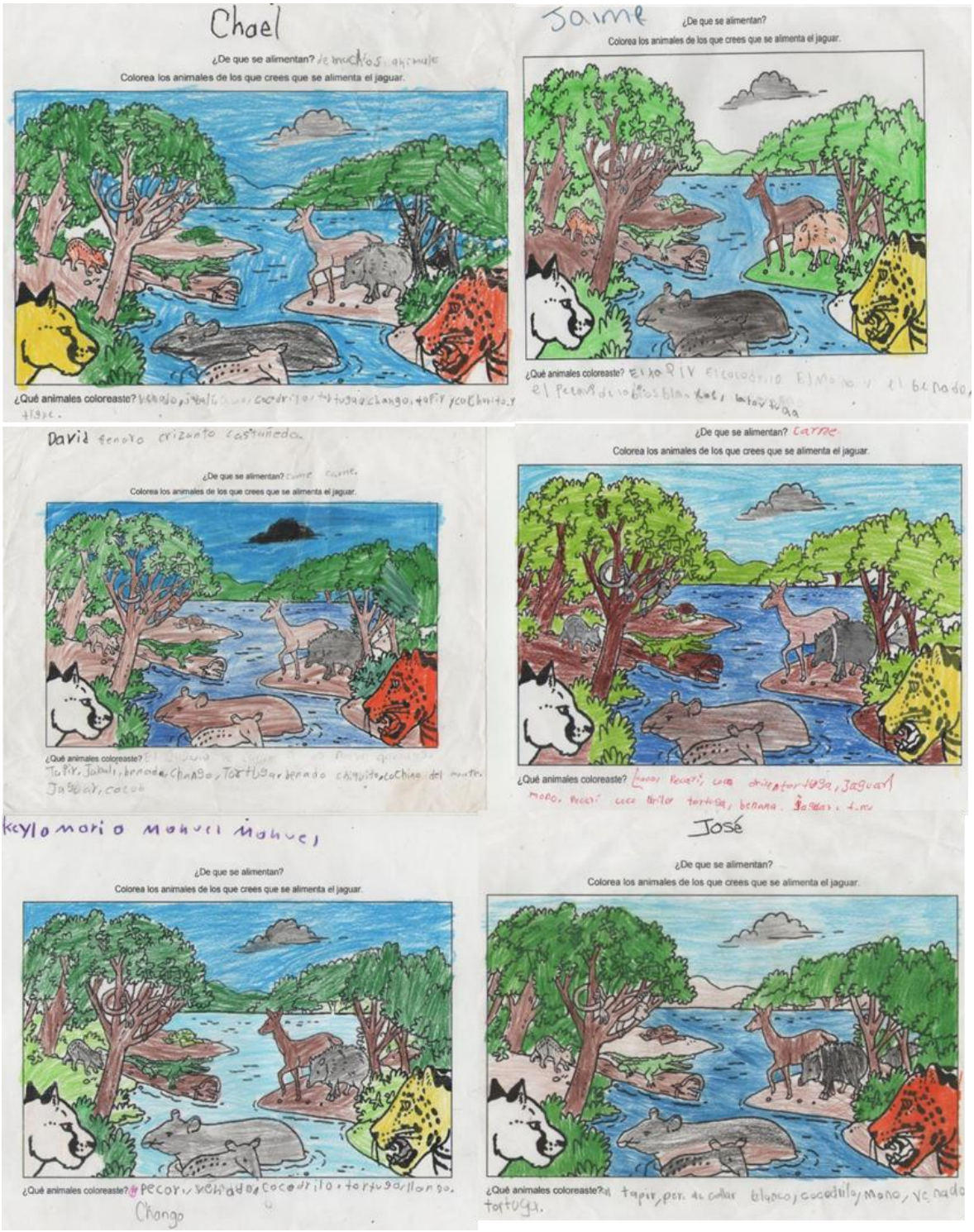


Figura 5. Dibujos coloreados por los alumnos reconociendo las presas potenciales del jaguar. Actividad tomada de Torres et al. (2015).

Figura 6. Niños pintando el jaguar.

Con respecto a los dibujos que los niños realizaron del jaguar, todos lo hicieron en su forma más representativa, "amarillo con manchas negras" (Esparza-Carlos et al. 2019). Uno de ellos también hizo un dibujo del jaguar negro o pantera porque le gustó mucho cuando se presentó en imágenes. Hablando del uso que le dan a la fauna local, los niños mencionaron al pecarí, al serete, venado y armadillo como animales de los que se han alimentado, aunque también los mencionaron como presas principales del jaguar, sin embargo esto no podría resaltar en una preocupación porque la cacería en San Rafael ya está prohibida, y además, por la buena percepción que la mayoría de adultos mostraron en sus entrevistas, aquí se podría comparar la congruencia de los resultados positivos de niños y adultos no solo con respecto al jaguar, si no a la fauna silvestre en general, corroborando que los niños toman las actitudes que ven en los padres (Suárez & Vélez, 2018).

En niños de 10 años reflejaron aceptación por el jaguar y le mostraron interés, al igual que como lo hicieron los de 8 años, en contraparte en comunidades donde los adultos mantienen conflictos con el jaguar por depredación de ganado, los niños manifiestan una percepción negativa e incluso llegan a pensar que el jaguar depreda humanos (Esparza-Carlos et al. 2019). Entonces, los niños deben jugar un papel importante en temas de conservación (Rodríguez-Ramírez et al. 2017), en San Rafael Agua Pescadito, quizás integrando un comité de vigilancia del manejo de recursos naturales asociados a los programas de conservación, se puede dar paso a integrar a los niños en esas actividades, teniendo en cuenta que en las generaciones futuras recaen actitudes y conciencias comprometidas con el ambiente (Álvarez et al. 2015).

CONCLUSIÓN

La implementación de un programa de educación ambiental que incorpora a niños de la comunidad puede contraer beneficios tangibles en términos del manejo de los bosques y selvas y su biodiversidad. La educación ambiental en niños puede modificar benéficamente conductas sobre el respeto y cuidado por la naturaleza, ya que, a una edad temprana, se muestran ansiosos por descubrir y saber más cosas nuevas, lo cual se puede lograr a través de juegos, videos, exposiciones y dinámicas. Los alumnos del tercer grado de la escuela primaria "Venustiano Carranza" de la localidad, mostraron una percepción positiva en torno al jaguar y la fauna silvestre del lugar; el 100% reflejó que el jaguar es un animal

muy bonito porque tiene manchas y es muy grande, si bien no todos sabían al principio que el felino vive en su montaña, todos estaban conscientes que es un animal carnívoro y que vive en selvas y bosques. Ningún participante consideró peligroso al jaguar, aunque si reflejaron un poco de miedo, lo cual es natural en su edad; también mostraron deseo por verlo algún día, durante las cinco sesiones que duró el programa, se mostraron ansiosos y curiosos por saber más de la fauna silvestre, su hábitat y relación con los humanos. De esta manera se percibe el deseo de los alumnos por saber más de los animales y de la conservación, los niños de nivel básico se encuentran en una edad donde es más fácil sembrarles conciencia y cuidado por el ambiente que les rodea.

REFERENCIAS

Álvarez, N. S., Gerritsen, P. R. W., & Gómez, J. C. (2015). Percepciones campesinas del jaguar en diez localidades de la Reserva de la Biósfera Sierra de Manantlán en el occidente de México: Implicaciones para su conservación. Sociedad y Ambiente, 1(7), 35–54.

Chávez, C., Ceballos, G., Zarza, H., Amín, M., Manterola, C., & Rivera, A. (2006). Apéndice I: Áreas Prioritarias para la Conservación. En G. Ceballos, C. Chávez, R. List, & H. Zarza (Eds.), El jaguar en el siglo XXI: la perspectiva continental (pp. 62-69). Universidad Nacional Autónoma de México; Wildlife Conservation Society. CONABIO-Alianza WWF Telcel-Universidad Nacional Autónoma de México.

Ceballos, G., Zarza, H., Cerecedo-Palacios, G., Lazcano, M. A., Huerta, M., De la Torre, A., Rubio, R., & Job, J. (2018). Corredores biológicos y áreas prioritarias para la conservación de jaguar en México. ANCJ, SEMARNAT, CONANP, WWF, Alianza Telcel, Telmex.

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). (2019). Estadísticas ADVC.

Coronel-Arellano, H., Lara-Díaz, N. E., & López-González, C. A. (2017). Abundancia y densidad de jaguar (Panthera onca) en el APFF Meseta de Cacaxtla, Sinaloa, México. Acta Zoológica Mexicana, 33(1), 116–119.

De Teresa, A. P. (1999). Población y recursos en la región Chinanteca de Oaxaca (Tesis de licenciatura). Departamento de Antropología, UAM-Iztapalapa.

Esparza-Carlos, J. C., Gerritsen, P. R. W., López-Parraguirre, S. A., García-Rojas, M. D., & Peña-Mondragón, J. L. (2019). ¿Cómo perciben los niños al jaguar Panthera onca (Carnivora: Felidae) en Jalisco, México? Revista de Biología Tropical, 67(3), 380–395.

Guadarrama-Olivera, F. (2002). Proyecto de comercialización de productos forestales no maderables: factores de éxito fracaso, Pita. UNEP, WCMC.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2010). Censo de población y vivienda 2010.

Rodríguez-Ramírez, M., Aldasoro-Maya, E. M., Zamora-Lomelí, C. B., & Velasco-Orozco, J. J. (2017). Conocimiento y percepción de la avifauna en niños de dos comunidades en la selva Lacandona, Chiapas, México: Hacia una conservación biocultural. Nova Scientia, 9(19), 660–716.

Romero, S. L., & González, C. A. (2011). Educación ambiental para la conservación del jaguar (Panthera onca), en el ejido Úrsulo Galván, municipio de Compostela, Nayarit. Revista Fuente, 2(7), 85–91.

Santos-Moreno, A. (2014). Los mamíferos de Oaxaca. Revista Mexicana de Mastozoología (Nueva Época), 4(2), 18–32.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2010). Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental: Especies nativas de México de flora y fauna silvestre, categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio. Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación, 30 de diciembre de 2010, segunda sección.

Suárez, P., & Vélez, M. (2018). El papel de la familia en el desarrollo social del niño: Una mirada desde la afectividad, la comunicación familiar y estilos de educación parental. Revista Psicoespacios, 12(20), 173–198.

Torres, N., Morazán, F., Romero, A., & Rosabal, S. (2015). Libro de juegos con el puma y el jaguar: Dos gatos grandes que tenemos que cuidar. Universidad Nacional, CIDE, División de Trabajo, Instituto Internacional en Conservación y Manejo de la Vida Silvestre.

Principales familias de Coleopteros de importancia forense en el municipio de Santa María del Tule, Oaxaca, México

Yara Verástegui-Omaña[1], Martín Zurita-García[2], Alicia Fonseca-Muñoz[1]*

[1]Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca. Laboratorio de Entomología Aplicada, Facultad de Sistemas Biológicos e Innovación Tecnología, Oaxaca, México. [2]Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ciencias, CDMX, México.
*Autor para correspondencia: afonseca.cat@uabjo.mx

Recibido: 17/10/24; Aceptado: 02/12/24; Publicado en línea: 20/12/24

RESUMEN

Los coleópteros aportan pruebas significativas en el campo médico legal, proporcionando pruebas para estimar el intervalo post mortem (IPM). Se determinaron las principales familias de coleópteros de importancia forense en el Municipio de Santa María del Tule, Oaxaca, México. Se utilizaron como biomodelos de atracción cabezas de cerdo. Las recolectas de los especímenes se realizaron cada siete días, hasta que la cabeza se encontró en la etapa de esqueletización. En total se recolectaron 507 coleópteros de importancia forense durante cuatro estaciones del año (70 en otoño, 67 en invierno, 280 en primavera y 90 en verano), pertenecientes a 12 familias, siendo la familia Nitidulidae la más abundante y la familia Staphylinidae la de mayor riqueza.

Palabras clave: Familias de coleópteros, Nitidulidae, Staphylinidae, Histeridae, Dermestidae.

ABSTRACT

In this research work, the families of forensically important beetles were determined in the Municipality of Santa Maria del Tule, Oaxaca, Mexico, in all four seasons of the year. A pig's head was used as a model in each season. Specimen collections were conducted every seven days until the head reached the skeletonization stage. A total of 507 beetles were collected (70 in autumn, 67 in Winter, 280 in spring, and 90 in summer), belonging to 12 families and 18 species. The Nitidulidae family was the most abundant, and the Staphylinidae family had the highest species richness.

Key words: Beattle families, Nitidulidae, Staphylinidae, Histeridae, Dermestidae.

INTRODUCCIÓN

La entomología forense es la ciencia que analiza y recoge pruebas de insectos con el propósito de obtener información útil para las investigaciones legales (Amendt et al. 2011). Su función principal es la determinación del intervalo post-mortem (IPM) a través del estudio de la fauna cadavérica que coloniza los cuerpos y que equivale al tiempo mínimo transcurrido entre la muerte y el descubrimiento del cadáver (Pancorbo et al. 2006). Los dípteros y coleópteros son algunos de los insectos atraídos por cadáveres de humanos y animales, a través de una secuencia llamada sucesión entomofaunística. Entre los coleópteros de importancia forense se encuentran las familias Dermestidae, Staphylinidae, Cleridae, Histeriae, Nititulidae y Silphidae (Byrd & Castner 2001).

Algunas familias de coleópteros de importancia forense en México reportadas son Staphylinidae (Caballero & León-Cortés, 2014, Rodríguez et al. 2018), Cleridae y Dermestidae (Valdes-Perezgasga et al. 2010), Scarabaeidae e Histeridae (Caballero & León-Cortés, 2014, López-Caro et al. 2016) entre otros. El uso de cadáveres animales para investigaciones forenses es frecuentemente utilizado, existen estudios de entomología forense que han utilizado cerdos como biomodelo (Grassberger & Frank 2004, Schoenly et al. 2007). En el caso particular del Estado de Oaxaca no hay investigaciones reportadas de coleópteros de importancia forense. Por ello el presente trabajo tiene como objetivo determinar taxonómicamente las principales familias de coleópteros de importancia forense en el municipio de Santa María del Tule, Oaxaca, México, usando como biomodelo una cabeza de cerdo con la finalidad de tener una referencia para estudios posteriores con datos documentados.

MATERIALES Y MÉTODOS

El muestreo se realizó en el municipio de Santa María del Tule, Oaxaca, México, específicamente en el paraje conocido como "El Salado", ubicada en la región de Valles Centrales Oaxaca, México (17°02'18.52" N, 96°37'53.39" O) (Figura 1). Para el muestreo de coleópteros se utilizaron cabezas de cerdos recién sacrificados, de aproximadamente 5 kg cada una, cada cabeza se colocó directamente sobre el suelo, protegiéndola con una necro-trampa construida con malla de acero de 30 x 30 x 30 cm, la distancia entre cada una fue de 10 m con cuatro replicas por cada estación del año. Las cabezas se dejaron hasta llegar la etapa de esqueletización utilizando el esquema de las etapas de descomposición propuesto por (Matuszewski et al. 2008) el cual consistió en etapa: fresca, hinchazón, decaimiento activo, decaimiento avanzado y esqueletización. Los muestreos se realizaron cada siete días en un horario que osciló de las 14:00 a las 16:00 horas, dentro de las estaciones de otoño del 2015 hasta verano del 2016. Las muestras se tomaron encima y debajo de la cabeza, en los orificios (nariz, boca y orejas). Los insectos recolectados se preservaron en alcohol al 70%, se determinaron utilizando las claves taxonómicas (Navarrete-Heredia. 2002, Almeida & Mise, 2009). Los especímenes se separaron por familia y género, algunos ejemplares hasta especie y morfoespecie.

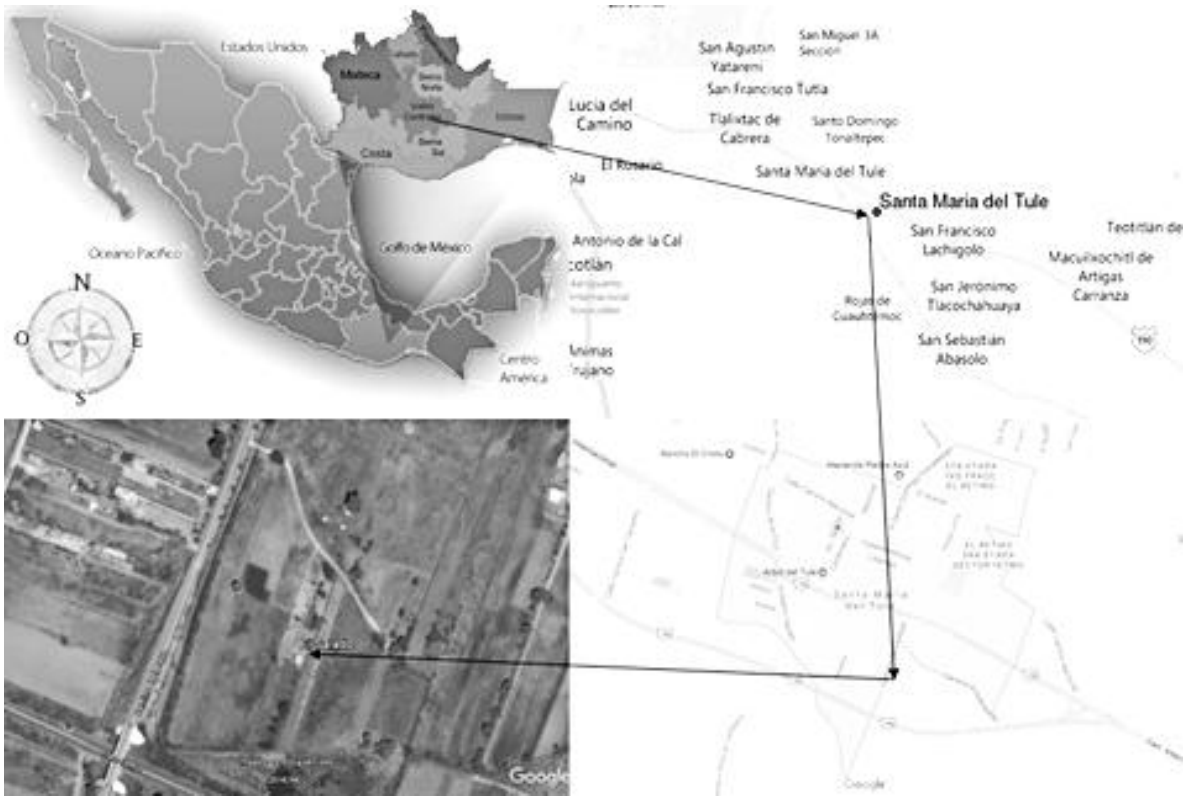


Figura 1. Mapa que muestra la zona de estudio en el municipio de en el municipio de Santa María del Tule, Oaxaca, México, específicamente en el paraje conocido como "El Salado", ubicada en la región de Valles Centrales Oaxaca, México (17°02'18.52" N, 96°37'53.39" O).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se recolectaron un total de 507 ejemplares adultos del orden Coleoptera, teniendo 70 en otoño, 67 en invierno, 280 en primavera y 90 en verano. Las familias encontradas fueron: Anthicidae, Carabidae, Cerambycidae, Chrysomelidae, Cleridae, Curculionidae, Dermestidae, Histeridae, Monotomidae, Nitidulidae, Silphidae y Staphylinidae. La distribución de dichas familias y en cada estación del año se muestra en el Cuadro 1. Se encontraron 18 especies (Cuadro 2).

Cuadro 1. Presencia (X) Ausencia (-) de las familias de coleópteros durante las estaciones del año.

Familias	**Estaciones del año**			
	Otoño	**Invierno**	**Primavera**	**Verano**
Anthicidae	X	X	-	-
Carabidae	-	-	-	X
Cerambycidae	-	-	X	-
Chrysomelidae		X	X	X
Cleridae	X	X	X	X
Curculionidae	X	-	-	X
Dermestidae	X	X	X	X
Histeridae	X	X	X	X
Monotomidae	-	X	-	-
Nitidulidae	X	X	X	X
Silphidae	X	-	-	X
Staphylinidae	X	X	X	X

Cuadro 2. Listado de familias y especies de coleópteros encontrados durante las cuatro estaciones del año de colecta.

Familia	**Especie**
Anthicidae	Morfo 1
	Morfo 2
Carabidae	Morfo 1
Cerambycidae	*Acanthoderes funeraria*
Chrysomelidae	Morfo 1
Cleridae	*Necrobia rufipes*
	Necrobia ruficollis
Curculionidae	*Metamasius* sp.
	Morfo 1
Dermestidae	*Dermestes maculatus*
Histeridae	*Saprinus* sp. *1*
	Saprinus sp. *2*
Monotomidae	*Monotoma* sp.
Nitidulidae	*Epurea* sp.
Silphidae	*Nicrophorus olidus*
Staphylinidae	*Aleochara* sp.
	Oxytellus sp.
	Platydracus sp.

Las familias Dermestidae, Cleridae, Nitidulidae, Histeridae, Staphylinidae, Silphidae y Carabidae de importancia forense fueron encontradas y reportadas en este trabajo durante las cuatro estaciones del año, corresponden a las familias y algunas especies colectadas en carcasas de cerdo en diferentes estaciones del año reportadas por (Wolff et al. 2001), Colombia; (Shea, 2005), Polonia (Matuszewski et al. 2008); Brasil (Almeida & Mise 2009); Portugal (Prado et al. 2013); México (Caballero & León-Cortés, 2014) y Argentina (Armani et al. 2015). Los resultados mostraron que derméstidos y cléridos se presentaron en etapas tardías durante las cuatro estaciones del año, muestra que esta asociación con una fase de descomposición particular es importante si se desea estimar un IPM en ciertos escenarios donde se encuentren, son las especies más estudiadas, ya que han sido recolectadas en cadáveres humanos y de animales (Kulshrestha & Satpathy 2001).

La presencia y la abundancia de los nitidúlidos en las cuatro estaciones del año, podría asociarse a su alimentación, la cual consiste en los fluidos excretados de la carroña y ya que algunas especies se

alimentan de tejidos de animales en descomposición (Byrd & Castner 2001, Prado et al. 2013). La familia Staphylinidae fue la de mayor número de especies, al igual que otros estudios enfocados a la sucesión de insectos en la descomposición cadavérica (Makoto et al. 2010, Caballero & León-Cortés 2014, Rodríguez et al. 2018). Dada sus características biológicas son depredadores de larvas de dípteros y otros insectos, por lo que su presencia en un evento de descomposición cadavérica es importante por su impacto en la evidencia entomológica (por ejemplo, la depredación de larvas de califóridos) y así en la estimación del IPM (Almeida & Mise 2009, Makoto et al. 2010).

La poca presencia de especímenes de las familias Histeridae y Carabidae en las cabezas de cerdos puede estar relacionado a que son especies nocturnas. Son depredadores de huevos, larvas, pupas de moscas y otros insectos y son abundantes en las primeras etapas de decaimiento activo (Almeida & Mise, 2009). Las familias como Chrysomelidae son accidentales, ya que sus hábitos alimenticios no son de carroña, sino que son especies fitófagas; todo el ciclo de vida lo pasan en las hojas de la planta o en las raíces (Burgos-Solorio & Anaya-Rosales 2004). Asimismo, para la familia Curculionidae, podría decirse que sus especies también son accidentales, ya que la mayoría son fitófagas (Navarrete-Heredia, 2003). A pesar de que han sido encontradas en algunos estudios, no se han publicado trabajos de investigación que indiquen que puedan ser atraídas hacia la carroña o en todo caso por los compuestos que se liberan durante el proceso de descomposición.

La familia Cerambycidae no se le considera de importancia forense por sus hábitos alimenticios, generalmente se alimentan de corteza, follaje, raíces, hongos, fruta y savia; y otras especies son de gran interés forestal por sus hábitos xilófagos (Navarrete-Heredia, 2003). La mayoría de las especies de la familia Monotomidae se les considera especies accidentales y oportunistas, ya que viven bajo la corteza de los árboles y otras especies viven en nido de hormigas; su alimentación es basada principalmente en hongos y en materia vegetal en descomposición, suelen confundirse con los nitidúlidos por su similitud morfológica (Navarrete-Heredia, 2003).

Se encontraron 12 familias de coleópteros en las cuatro estaciones del año, de las cuales solo ocho familias han sido reportadas como de importancia forense (Anthicidae, Carabidae, Cleridae, Dermestidae, Histeridae, Nitidulidae, Silphidae y Staphylinidae). Los taxones encontrados fueron: Anthicidae: morfo 1 y morfo 2; Carabidae morfo 1; Cleridae *Necrobia ruficollis* Fabricius, 1775 y *Necrobia rufipes* Fabricius, 1781; Dermestidae *Dermestes maculatus* De Geer, 1774; Histeridae *Saprinus* sp. 1 y *Saprinus* sp. 2; Nitidulidae *Epurea* sp.; Silphidae *Nicrophorus olidus* Matthews, 1888., y Staphylinidae *Aleochara* sp., *Oxytellus* sp. y *Platydracus* sp.

CONCLUSIÓN

La información documentada contribuye al conocimiento de las principales familias de coleópteros de importancia forense en el Municipio de Santa María del Tule, Oaxaca, México y es de mucha importancia, debido principalmente a que es el primer trabajo de este tipo en la región y de las primeras en el Estado de Oaxaca, formando parte de los antecedentes para trabajos futuros en esta área de las ciencias forenses.

REFERENCIAS

Almeida, L. M., & Mise, K. M. (2009). Diagnosis and key of the main families and species of South American Coleoptera of forensic importance. Revista Brasileira de Entomología, 53(2), 227–244.

Amendt, J., Richards, C. S., Campobasso, C. P., Zehner, R., & Hall, M. J. R. (2011). Forensic entomology: Applications and limitations. Forensic Science, Medicine, and Pathology, 7(4), 379–392.

Armani, A., Centeno, N., & Dahinten, S. (2015). Primer estudio de artropodofauna cadavérica sobre modelos experimentales porcinos en el noreste de la provincia del Chubut, Argentina. Revista de la Sociedad Entomológica de Argentina, 74(3–4), 123–132.

Burgos-Solorio, A., & Anaya-Rosales, S. (2004). Los crisomelinos (Coleoptera: Chrysomelidae: Chrysomelinae) del estado de Morelos. Acta Zoológica Mexicana, 20(3), 39–66.

Byrd, J., & Castner, J. (2001). Insects of forensic importance. En J. Byrd & J. Castner (Eds.), Forensic Entomology: The Utility of Arthropods in Legal Investigations (pp. 85–111). CRC Press.

Caballero, U., & León-Cortés, J. L. (2014). Beetle succession and diversity between clothed sun-exposed and shaded pig carrion in a tropical dry forest landscape in Southern Mexico. Forensic Science International, 245, 143–150.

Grassberger, M., & Frank, C. (2004). Initial study of arthropod succession on pig carrion in a central European urban habitat. Journal of Medical Entomology, 41(3), 511–523.

Kulshrestha, P., & Satpathy, D. K. (2001). Use of beetles in forensic entomology. Forensic Science International, 120(1–2), 15–17.

López-Caro, J. B., Quiroz-Rocha, G. A., Navarrete-Heredia, J. L., & Hernández, B. (2016). Coleópteros necrócolos en cadáver de reptil, ave y mamífero en un bosque de pino perturbado y en una zona de cultivo de maíz en Zapopan, Jalisco, México. Duguesiana, 23(1), 3–14.

Makoto, M. K., Barros, S. A. S., Menezes, C. C., Ferreira, K. R. L., & Massutti, A. L. (2010). Coleoptera associated with pig carcass exposed in a forest reserve, Manaus, Amazonas, Brazil. Biota Neotropica, 10(1), 321–324.

Matuszewski, S., Bajerlein, D., Konwerski, S., & Szpila, K. (2008). An initial study of insect succession and carrion decomposition in various forest habitats of Central Europe. Forensic Science International, 180(1–3), 61–69.

Navarrete-Heredia, J. L. (2002). Guía ilustrada para los géneros de Staphylinidae (Coleoptera) de México. Universidad de Guadalajara.

Navarrete-Heredia, J. L. (2003). American Beetles, Vol. 2: Polyphaga: Scarabaeoidea through Curculionoidea. Acta Zoológica Mexicana, (88), 277–281.

Pancorbo, M., Ramos, M., Saloña, M., & Sánchez, P. (2006). Entomología molecular forense. Ciencia Forense, (8), 107–130.

Prado, C., García, M. D., Martins, P., Faria, I., & Serrano, A. (2013). Coleoptera of forensic interest: A study of seasonal community composition and succession in Lisbon, Portugal. Forensic Science International, 232(1–3), 73–83.

Rodríguez, W. D., Navarrete-Heredia, J. L., & Klimaszewski, J. (2018). Rove beetles collected with carrion traps (Coleoptera: Staphylinidae) in Quercus forest of Cerro de García, Jalisco and Quercus, Quercus-pine, and pine forests in other jurisdictions of Mexico. Zootaxa, 4433(3), 457–472.

Shea, J. (2005). A survey of the Coleoptera associated with carrion at sites with varying disturbances in Cuyahoga County, Ohio. Ohio Journal of Science, 105(2), 17–20.

Schoenly, K. G., Haskell, N. H., Hall, R. D., & Gbur, J. R. (2007). Comparative performance and complementarity of four sampling methods and arthropod preference tests from human and porcine remains at the Forensic Anthropology Center in Knoxville, Tennessee. Journal of Medical Entomology, 44(5), 881–894.

Valdes-Perezgasga, M. T., Sanchez-Ramos, F. J., Garcia-Martinez, O., & Anderson, G. S. (2010). Arthropods of forensic importance on pig carrion in the Coahuilan Semidesert, Mexico. Journal of Forensic Sciences, 55(4), 1098–1101.

Wolff, M., Uribe, A., Ortiz, A., & Duque, P. (2001). A preliminary study of forensic entomology in Medellín, Colombia. Forensic Science International, 120(1–2), 53–59.

Ingeniería

Ciencia en Oaxaca: metaanálisis de tendencias, género e impacto local periodo 2017-2023

Francisco Javier Mejía-Ochoa[1]*, Gregorio Hernández-Salinas[1], Isaac Sánchez-Anastacio[1], Manuel González-Pérez[2], Carlos Granados-Echegoyen[3]

[1]Tecnológico Nacional de México, Tecnológico Superior de Zongolica, Veracruz, México. [2]Universidad Tecnológica de Tecamachalco, Puebla, México. [3]CONAHCYT-Instituto Politécnico Nacional CIIDIR Unidad Oaxaca, Oaxaca, México.
*Autor de correspondencia: francisco_javier_mejia_125@zongolica.tecnm.mx

Recibido: 19/10/24; Aceptado: 02/12/24; Publicado en línea: 20/12/24

RESUMEN

Este metaanálisis examina la producción científica publicada en la revista "Contribución al Conocimiento Científico y Tecnológico en Oaxaca" durante el período 2017-2023, enfocándose en tendencias de participación de género, enfoques metodológicos y su impacto en políticas públicas y la economía local. Se analizó la proporción de autoría femenina y masculina, observándose un incremento en la participación de mujeres del 30.4% en 2017 al 42.3% en 2023. Aunque los hombres siguen representando una mayoría, la brecha de género se ha reducido notablemente en los últimos años. La mayoría de los estudios (90.7%) adoptaron enfoques prácticos, con un uso predominante de metodologías cuantitativas y una creciente integración de metodologías mixtas. Estas últimas han contribuido a una mayor profundidad y aplicabilidad de los resultados, facilitando su implementación en políticas y prácticas locales. Los temas recurrentes incluyen sustentabilidad, cambio climático, innovación, agroindustria y gestión hídrica. Existe una clara alineación entre estos temas y las prioridades regionales y globales, al tiempo que se enmarcan en tendencias globales hacia la sostenibilidad y la economía circular. Se evidenció un alto nivel de colaboración interinstitucional, destacando la participación del Instituto Politécnico Nacional y otras instituciones regionales y nacionales. Esta colaboración ha potenciado el impacto de las investigaciones, muchas de las cuales han influido en la formulación de políticas públicas y han beneficiado sectores clave de la economía local, como la producción de mezcal y la agricultura protegida. En conclusión, la producción científica en Oaxaca entre 2017 y 2023 muestra avances significativos en la participación de género, una preferencia por enfoques metodológicos prácticos y mixtos, y un impacto tangible en el desarrollo local.

Palabras clave: Agroindustria, Género, Metodologías mixtas, Producción científica, Sustentabilidad.

ABSTRACT

This meta-analysis examines the scientific production published in the journal "Contribution to Scientific and Technological Knowledge in Oaxaca" during the period 2017-2023, focusing on trends in gender participation, methodological approaches, and their impact on public policies and the local economy. The proportion of female and male authors was analyzed, observing an increase in women's participation from 30.4% in 2017 to 42.3% in 2023. Although men continue to represent a majority, the gender gap has notably decreased in recent years. Most studies (90.7%) adopted practical approaches, with a predominant use of quantitative methodologies and a growing integration of mixed methodologies. The latter have contributed to greater depth and applicability of the results, facilitating their implementation in local policies and practices. Recurring themes include sustainability, climate change, innovation, agroindustry, and water management. There is a clear alignment between these topics and regional and global priorities, reflecting a response to local challenges such as rural development and resource conservation, while fitting within global trends toward sustainability and the circular economy. A high level of inter-institutional collaboration was evident, highlighting the participation of the National Polytechnic Institute and other regional and national institutions. This collaboration has enhanced the impact of the research, many of which have influenced policy formulation and benefited key sectors of the local economy, such as mezcal production and protected agriculture. In conclusion, the scientific production in Oaxaca between 2017 and 2023 shows significant advances in gender participation, a preference for practical and mixed methodological approaches, and a tangible impact on local development.

Key words: Agroindustry, Gender, Mixed methodologies, Scientific production, Sustainability.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la producción científica en Oaxaca ha experimentado transformaciones que requieren un análisis detallado. Entre 2017 y 2023, la revista Contribución al Conocimiento Científico y Tecnológico en Oaxaca ha servido como plataforma para investigaciones que abordan temas esenciales para la región. Empero, es esencial comprender cómo estas publicaciones reflejan tendencias en la participación de género, los enfoques metodológicos empleados y su impacto en la economía local y las políticas públicas (Espinoza, 2019). La brecha de género en la ciencia es un desafío persistente que limita la diversidad y riqueza del conocimiento generado. Analizar la evolución de la participación femenina en la autoría científica en Oaxaca permite identificar avances y áreas donde es necesario impulsar una mayor equidad, asegurando que las voces de las mujeres estén representadas en la construcción del conocimiento regional (García-Holgado et al. 2019, Merchán, 2019). Además, los enfoques metodológicos adoptados en la investigación influyen directamente en la relevancia y aplicabilidad de los resultados. Un predominio de metodologías prácticas y mixtas puede indicar una orientación hacia soluciones concretas que abordan problemas locales. Entender estas tendencias metodológicas ayuda a evaluar cómo la comunidad científica está respondiendo a las necesidades de la región (Sánchez & Murillo, 2021). Por lo tanto, evaluar el impacto de las investigaciones en las políticas públicas y la economía local es fundamental para valorar su contribución al desarrollo de Oaxaca. Estudios que influyen en la formulación de políticas o benefician sectores económicos clave, como la agroindustria y la gestión hídrica, demuestran la capacidad de la ciencia para generar cambios positivos en la sociedad (Caló, 2022). Este metaanálisis busca ofrecer una visión integral de la producción científica en Oaxaca durante el período 2017-2023, resaltando la importancia de fomentar una participación equitativa de género, adoptar enfoques metodológicos que potencien el impacto de la investigación y orientar los esfuerzos científicos hacia el desarrollo sostenible y el bienestar de la región (Villasís-Keever et al. 2020, Sánchez-Meca, 2022).

MATERIALES Y MÉTODOS

Este metaanálisis se realizó con el objetivo de analizar la producción científica publicada en la revista Contribución al Conocimiento Científico y Tecnológico en Oaxaca (CCCTO) durante el período 2017-2023. Se buscó examinar tendencias en la participación de género, enfoques metodológicos empleados y el impacto de las investigaciones en las políticas públicas y la economía local. Se recopilaron todas las publicaciones disponibles en los volúmenes anuales de la revista CCCTO, comprendiendo un total de 93 artículos publicados entre 2017 y 2023. La selección incluyó tanto artículos de investigación original como revisiones y estudios de caso, siempre que estuvieran relacionados con temas científicos y tecnológicos relevantes para la región de Oaxaca.

Criterios de inclusión. Artículos publicados en los volúmenes de 2017 a 2023 que abordaran temas de interés regional, con autoría identificable y disponibilidad de información sobre género de los autores, metodologías empleadas y temática principal. **Análisis de datos.** Análisis de participación de género: Se calculó la proporción de autoras y autores por año y en total, examinando tendencias a lo largo del período estudiado. **Clasificación metodológica.** Los estudios se categorizaron según su enfoque metodológico y se calcularon las proporciones de cada tipo (teóricos vs. prácticos; cuantitativos, cualitativos y mixtos). **Análisis temático.** Se realizó una frecuencia de los temas recurrentes en las publicaciones, identificando tendencias y patrones en la elección de tópicos de investigación. **Colaboración interinstitucional.** Se evaluó el número de instituciones colaboradoras por año y se identificaron las más recurrentes, así como su contribución en áreas temáticas específicas. **Evaluación del impacto.** Mediante revisión documental y consultas a fuentes secundarias, se identificaron estudios que influyeron en la formulación de políticas públicas o que tuvieron un impacto en sectores económicos locales. **Procedimientos estadísticos.** Se utilizaron estadísticas descriptivas para resumir y presentar los datos recopilados. **Proporciones y porcentajes.** Para representar la distribución de género, tipos de metodologías y temas abordados. **Análisis de**

tendencias. Se examinaron cambios a lo largo del tiempo en la participación de género y en la elección de enfoques metodológicos y temáticos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La participación de autoras en las publicaciones entre 2017 y 2023 muestra una tendencia fluctuante, con un incremento significativo en los últimos años. En términos generales, del total de 244 autores registrados en este periodo, el 36.9% corresponde a mujeres (90 autoras) y el 63.1% a hombres (154 autores). A nivel anual, la proporción más baja de participación femenina se observó en 2019, con un 25.0%, mientras que el 2022 alcanzó la participación más alta, con 45.0% de autoras (Figura 1).

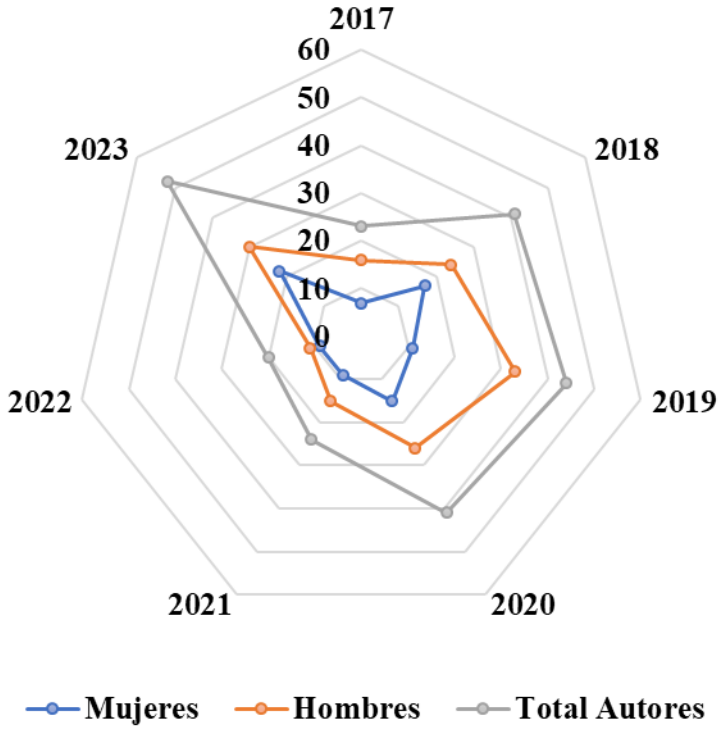


Figura 1. Proporción de Mujeres y Hombres Autores (2017-2023).

La tendencia creciente se confirma en 2023, cuando la proporción de mujeres se situó en 42.3%. Estos datos reflejan una recuperación progresiva de la representación femenina, que pasó del 30.4% en 2017 al rango superior del 40% en los dos últimos años. Esto sugiere una evolución hacia una mayor equidad de género en la producción científica, aunque persisten desafíos para alcanzar una distribución más equilibrada.

En 2019, no se publicaron estudios teóricos, destacando ese año como el de mayor orientación empírica, con un 100% de investigaciones prácticas. Las metodologías empleadas refuerzan este enfoque aplicado, predominando las técnicas cuantitativas (ej. modelos matemáticos y experimentación) y, en menor medida, las cualitativas (ej. entrevistas y estudios de casos). Además, los estudios mixtos muestran una tendencia creciente, al combinar enfoques cuantitativos y cualitativos, potenciando la aplicabilidad de los resultados en sectores como el agro emprendimiento, ecoturismo y eco innovación. La evolución temática refleja un interés por la integración metodológica, maximizando tanto la profundidad como la aplicabilidad práctica de los hallazgos a lo largo del periodo analizado. En general, las investigaciones publicadas entre 2017 y 2023 se centraron mayoritariamente en enfoques prácticos (90.7%), aunque en los últimos años se ha observado un

ligero aumento en los estudios teóricos. Predominaron las metodologías cuantitativas, pero las investigaciones mixtas han ganado relevancia por su capacidad de integrar diversos métodos, facilitando la implementación de resultados prácticos y contribuyendo al desarrollo sostenible y a la formulación de políticas públicas más efectivas (Figura 2).

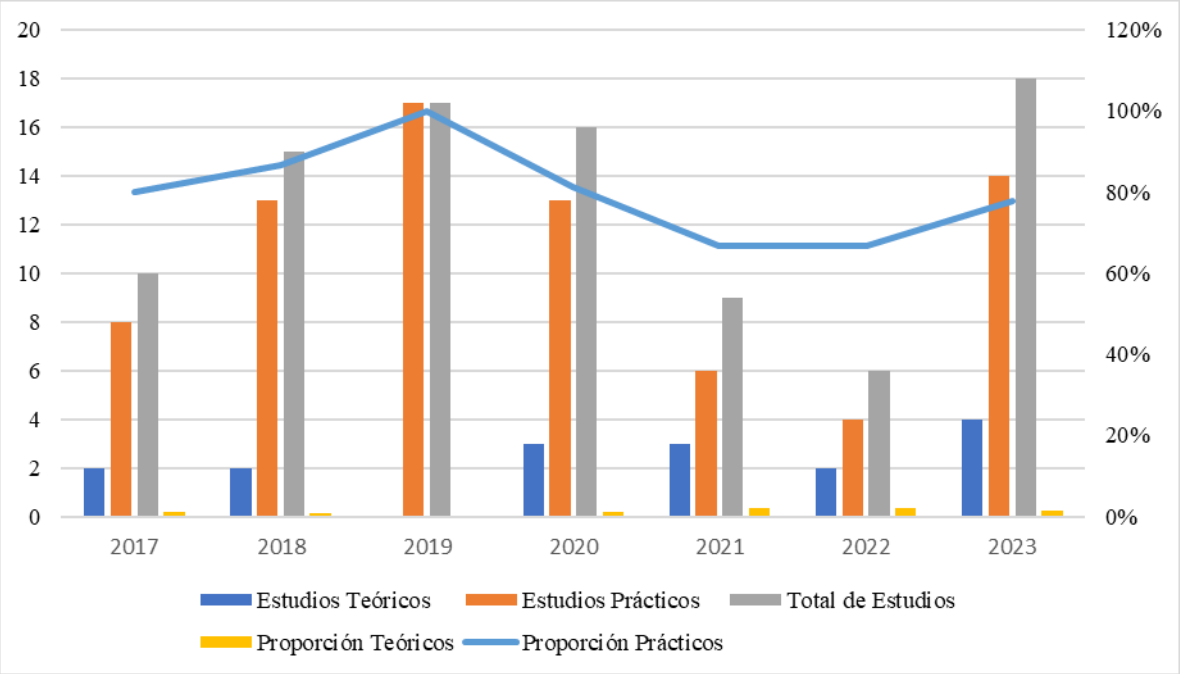


Figura 2. Proporción de los estudios publicados entre 2017 y 2023.

En lo que respecta a la colaboración interinstitucional en las publicaciones entre 2017 y 2023 se muestra una fuerte integración entre instituciones locales, nacionales e internacionales. El Instituto Politécnico Nacional (IPN) y sus centros CIIDIR destacan como los actores más constantes y comprometidos, con un rol clave en estudios interdisciplinarios. A lo largo de estos años, se ha diversificado la participación con alianzas estratégicas entre universidades como la UABJO y la UNAM, así como con centros de investigación especializados como CINVESTAV y CONACYT (Figura 3).

En 2020, se evidencia un pico de colaboración con 15 instituciones, reflejando una tendencia hacia la internacionalización mediante la inclusión de la Universidad San Ignacio de Loyola y EGADE Business School. La investigación ha evolucionado hacia temas prioritarios como el cambio climático, liderado por IPN y UAM Iztapalapa; la innovación, con el protagonismo del IT Oaxaca y CINVESTAV; y la agroindustria, impulsada por INIFAP, UABJO y la Universidad de Guanajuato. Estas alianzas muestran un crecimiento sostenido en complejidad, conectando disciplinas científicas con problemáticas globales y locales. La colaboración ha permitido un enfoque holístico, alineando los proyectos con tendencias internacionales en sustentabilidad, innovación y desarrollo regional, fortaleciendo la economía local y fomentando la integración del conocimiento a nivel global.

Por otra parte, las publicaciones entre 2017 y 2023 reflejan una marcada orientación hacia la sustentabilidad, destacándose como el tema más consistente a lo largo de los años, asociado a la conservación ambiental, responsabilidad social y prácticas agrícolas sostenibles. La innovación se posiciona como otro pilar relevante, aplicada tanto en la industria como en la agroindustria mediante el desarrollo de tecnologías alternativas y procesos circulares.

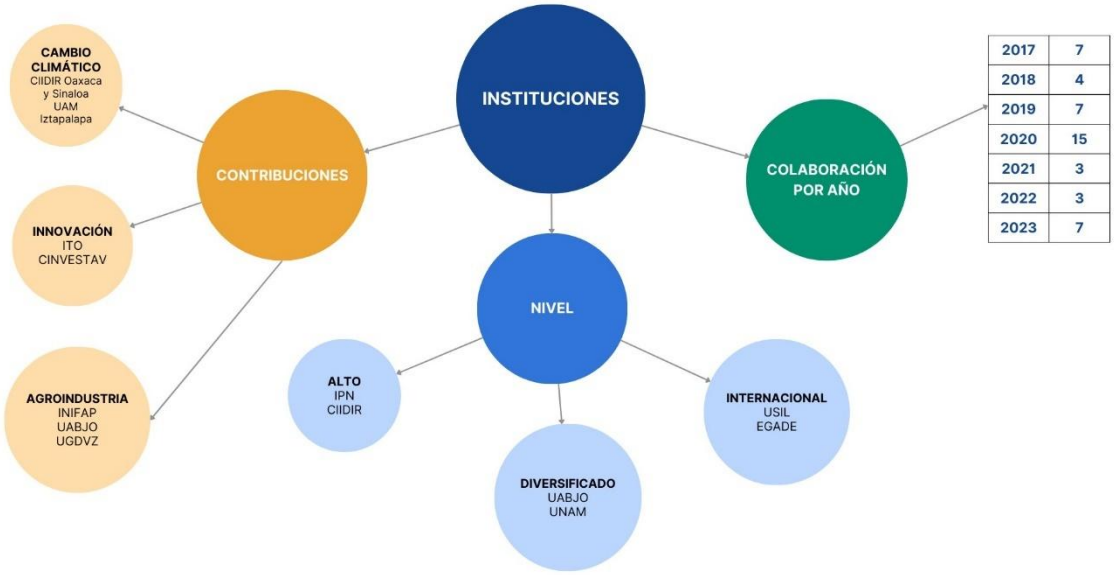


Figura 3. Relación de instituciones, niveles, colaboraciones y contribuciones.

El cambio climático ha ganado protagonismo progresivamente, especialmente en estudios sobre adaptación agrícola y mitigación de riesgos climáticos. La gestión hídrica, particularmente desde 2020, se enfoca en la conservación y el uso eficiente de recursos acuíferos, alineándose con los desafíos locales de disponibilidad de agua en Oaxaca. La agroindustria también ha sido central, con investigaciones orientadas al cultivo de agave y producción sostenible, esenciales para la economía regional (Figura 4).

Figura 4. Temas por año de publicación.

Estas temáticas responden a necesidades regionales como la gestión del agua y el desarrollo agrícola, y reflejan prioridades globales alineadas con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la ONU. Las investigaciones promueven la transición hacia prácticas más sostenibles y resilientes, combinando innovación tecnológica con soluciones ambientales integrales para enfrentar desafíos tanto locales como globales. En otro orden de ideas, las investigaciones realizadas entre 2017 y 2023

muestran una clara convergencia entre prioridades regionales y globales. A nivel local, en Oaxaca y otras regiones de México, la agroindustria y la conservación ambiental resultan esenciales debido a la biodiversidad y la relevancia de la agricultura en la economía regional. Además, la gestión hídrica se torna crítica ante el estrés hídrico y los efectos del cambio climático en la disponibilidad de agua. Simultáneamente, los estudios se alinean con las prioridades globales al abordar la sustentabilidad y el cambio climático, en consonancia con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la ONU. La innovación en procesos industriales y el desarrollo de tecnologías alternativas también responden a la necesidad de adoptar modelos de economía circular y soluciones más sostenibles a nivel mundial.

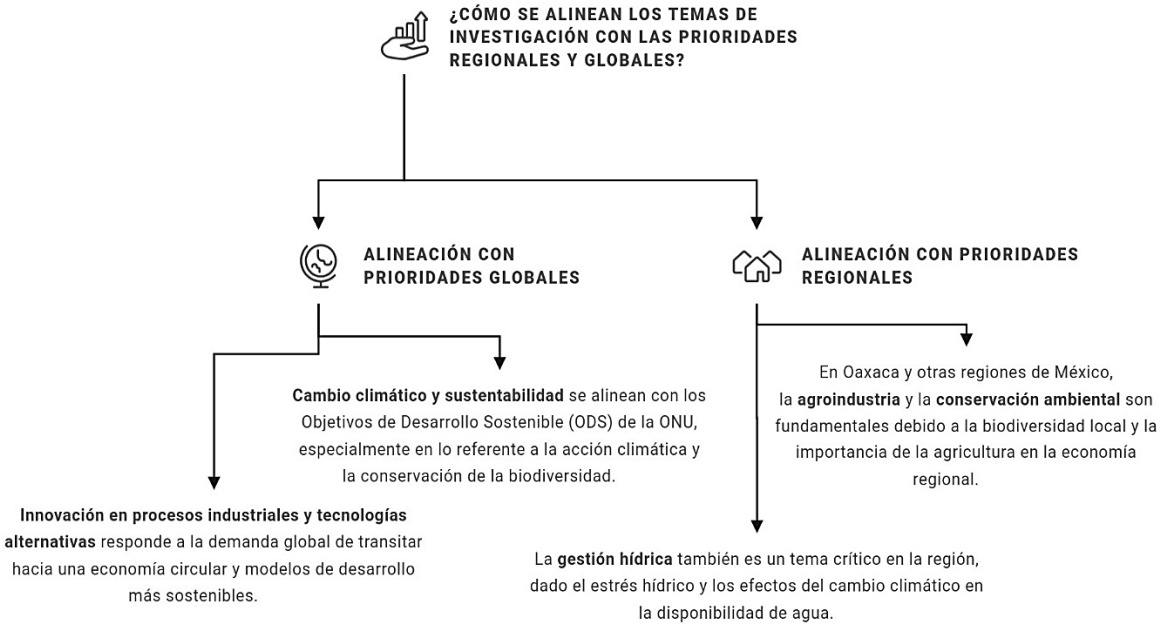


Figura 5. Alineación de temas con prioridades regionales y globales.

Esta sinergia entre enfoques locales y globales promueve la implementación de tecnologías y prácticas responsables que abordan los desafíos ambientales y sociales, integrando sostenibilidad en el desarrollo regional y contribuyendo al bienestar global. Por otra parte, desde 2017 hasta 2023, los estudios realizados en Oaxaca han influido profundamente en la formulación de políticas públicas y en la dinamización de la economía local, abarcando áreas clave como la gestión hídrica, la agroindustria, la conservación ambiental y la educación sostenible. Investigaciones sobre la deforestación y el ecoturismo han llevado a políticas más robustas para la conservación forestal y han estimulado el desarrollo económico a través del turismo sostenible. Además, los estudios han mejorado la competitividad de pequeños negocios y han fortalecido la sustentabilidad comunitaria mediante la implementación de políticas de desarrollo endógeno.

En la agroindustria, particularmente en el sector del agave y la producción avícola, se han desarrollado técnicas alternativas para el control de plagas y la mejora de los parámetros productivos sin el uso de antibióticos, lo que ha resultado en prácticas más saludables. También se han implementado estudios significativos para la gestión de recursos hídricos, como la estimación de la recarga de acuíferos, que han optimizado la administración de estos recursos vitales. En el ámbito industrial, la investigación ha permitido la optimización de los procesos de producción y mantenimiento, reduciendo costos y mejorando la eficiencia operativa. El diseño bioclimático de infraestructuras educativas y el fomento de la seguridad alimentaria mediante la ecofeminismo han destacado la importancia de entornos de aprendizaje adecuados y el reconocimiento del papel de las mujeres en la seguridad alimentaria. Los estudios de valoración económica de los servicios ecosistémicos y los factores de éxito en la

agricultura protegida han mejorado la productividad agrícola y promovido la conservación de ecosistemas.

A nivel regional, los enfoques han abordado desafíos locales como la necesidad de fuentes de agua sostenibles y la reducción del impacto ambiental en la industria del mezcal mediante tecnologías innovadoras como los biofiltros anaerobios. Globalmente, estos esfuerzos se alinean con la transición hacia una economía circular y la sostenibilidad, en consonancia con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas, especialmente en lo que respecta a la gestión eficiente de recursos y la mitigación del cambio climático.

CONCLUSIÓN

Entre 2017 y 2023, la producción científica en Oaxaca, centrada en la revista "Contribución al Conocimiento Científico y Tecnológico en Oaxaca", demostró un notable avance en la participación de género y la implementación de metodologías mixtas que potencian tanto la profundidad como la aplicabilidad de la investigación en la región. La participación femenina en la autoría científica aumentó significativamente, reflejando una tendencia hacia una mayor equidad en el ámbito académico. Al tiempo que, la investigación se caracterizó por un predominio de enfoques prácticos destinados a abordar problemas concretos, con una creciente adopción de metodologías mixtas las cuales facilitaron la implementación de los hallazgos en políticas y prácticas locales. La colaboración interinstitucional es un pilar fundamental, con una participación destacada del Instituto Politécnico Nacional y otras entidades tanto nacionales como internacionales. Esta cooperación es base para el impulso de temas como la sustentabilidad, la gestión hídrica, la innovación y la agroindustria, áreas alineadas con las prioridades globales y regionales de desarrollo sostenible. Los temas de investigación se centran en responder a desafíos regionales críticos como el cambio climático y la conservación de recursos, asimismo, se enmarcan en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Organización de las Naciones Unidas, enfocándose en la acción climática y la conservación de la biodiversidad. Los resultados influyen significativamente en la formulación de políticas públicas y presentan un impacto directo en sectores clave de la economía local, como la producción de mezcal y la agricultura protegida. En conclusión, la investigación científica en Oaxaca ha logrado importantes avances en equidad de género y ha desarrollado un enfoque metodológico que potencia la relevancia y el impacto de los estudios. Las colaboraciones interinstitucionales enriquecen este ecosistema de investigación, asegurando que los resultados sean relevantes a nivel local, y contribuyan a las metas globales de sostenibilidad.

REFERENCIAS

Caló, L. N. (2022). Métricas de impacto y evaluación de la ciencia. Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública, 39, 236-240.

Espinoza, D. M. (2019). Consideraciones éticas en el proceso de una publicación científica. Revista Médica Clínica Las Condes, 30(3), 226-230.

García-Holgado, A., Camacho Díaz, A., & García-Peñalvo, F. J. (2019). La brecha de género en el sector STEM en América Latina: Una propuesta europea.

Merchán, M. L. M. (2019). La sociedad del conocimiento y las brechas de género en ciencia, tecnología e innovación. Cuadernos Latinoamericanos de Administración, 15(29).

Sánchez-Meca, J. (2022). Revisiones sistemáticas y meta-análisis en Educación: Un tutorial. RiiTE Revista Interuniversitaria de Investigación en Tecnología Educativa, 5-40.

Sánchez M. A. A., & Murillo G. A. (2021). Enfoques metodológicos en la investigación histórica: cuantitativa, cualitativa y comparativa. Debates por la Historia, 9(2), 147-181.

Riego, rendimiento y huella hídrica en Lima Tahití (*Citrus x latifolia* Tanaka) en alta densidad de plantación en Campeche

Benigno Rivera-Hernández[1], Víctor Hugo Quej-Chi[2], Vianey González-Jiménez[1], Eugenio Carrillo-Ávila[2]*, Raquel Olivia de los Santos de Dios[1].

[1]Universidad Popular de la Chontalpa, Cárdenas, Tabasco, México. [2]Colegio de Postgraduados Campus Campeche, Champotón, Campeche, México. *Autor de correspondencia: ceugenio@colpos.mx

Recibido: 20/10/24; Aceptado: 02/12/24; Publicado en línea: 20/12/24

RESUMEN

La aplicación de riego en los cultivos se realiza con base en la experiencia empírica de los agricultores, o usando metodologías que requieren una gran cantidad de información meteorológica y del cultivo. Se presenta una metodología simple que permite definir el momento de la aplicación de los riegos, y que puede ser implementada por productores. Se evaluó el efecto del riego aplicado con base en mediciones de la tensión de humedad en el suelo *(THS)*, usadas para definir el inicio de los riegos, sobre el rendimiento y la huella hídrica, en una plantación de limón persa establecida en alta densidad. Se evaluaron 16 tratamientos, resultado de la combinación de cuatro THS (-10, -35, -60 y -85 kPa) aplicadas en dos etapas fenológicas (floración [FL] y fructificación [CF]). Se evaluaron las variables: rendimiento de fruto (RF); eficiencia en el uso del agua de riego (EUAR); eficiencia total del uso del agua (ETUA), huella hídrica azul (HHA), huella hídrica verde (HHV) y huella hídrica total (HHT). RF resultó estadísticamente superior en los tratamientos con THS de -10kPa, -35kPa y -60kPa durante cualquiera de las dos etapas fenológicas, con excepción de aquellos que incluyeron THS de -60kPa en ambas etapas o -85 kPa en alguna etapa. La THS de -85 kPa durante FL ocasionó los valores más elevados en HHT, mientras que las THS más bajas en ambas etapas fenológicas también la aumentaron. El tratamiento con THS -35 kPa FL, -60 kPa CF condujo a un rendimiento estadísticamente mayor y a valores significativamente más bajos en la huella hídrica de la producción de frutos. El riego en el limón puede ser implementado por productores con el uso de tensiómetros, lo que permite obtener buenos rendimientos optimizando la cantidad de agua de riego aplicada, sin requerir cantidades de información meteorológica.

Palabras clave: Limón, Alta Densidad De Plantación, Riego, Rendimiento, Huella Hídrica.

ABSTRACT

The application of irrigation to agricultural crops is carried out based on the empirical experience of farmers, or by using methodologies that require a large amount of weather and crop information. A simple methodology is presented, which makes it possible to define the moment of application of irrigation, and which can be implemented by producers. The effect of irrigation, applied on the basis of soil moisture tension (THS) measurements, used to define the start of irrigation, on yield and water footprint, in a high-density established Persian lemon plantation was evaluated. 16 treatments were evaluated, resulting from the combination of four soil moisture tensions (-10, -35, -60 and -85 kPa) applied at two phenological stages (flowering [FL] and fruiting [CF]). The variables evaluated were: fruit yield (RF); efficiency in irrigation water use (EUAR); Total Water Use Efficiency (ETUA), Blue Water Footprint (HHA), Green Water Footprint (HHV) and Total Water Footprint (HHT). RF was statistically higher in treatments with THS of -10 kPa, -35 kPa and -60 kPa during either of the two phenological stages, except for those that included THS of -60 kPa in the two stages or -85 kPa at any stage ($p < 0.05$). The THS of -85 kPa during FL caused the highest HHT values, while the lowest THS in both phenological stages also increased it. The treatment with THS -35 kPa FL, -60 kPa CF, led to statistically higher fruit yield, and significantly lower water footprint values for fruit production. Irrigation of lemon trees can be implemented by producers through the use of tensiometers, which allows good yields to be obtained by optimizing the quantity of irrigation water applied, without requiring large quantities of weather information.

Key words: Lemon, High Planting Density, Irrigation, Yield, Water Footprint.

INTRODUCCIÓN

El cambio climático y su variabilidad acentuarán la vulnerabilidad de las actividades agrícolas debido al aumento previsto de la temperatura y la reducción de las precipitaciones en algunas zonas productivas (Rivera-Hernández et al. 2016), lo que supone un incremento entre las brechas de los rendimientos actuales y futuros, debido al incremento del estrés hídrico en las plantas cultivadas. En México la información generada sobre el efecto del riego en el rendimiento y la calidad de la fruta de la lima Tahití es escasa, prácticamente no existen estimaciones de la eficiencia del uso del agua de riego, del contenido de agua virtual o de la huella hídrica del cultivo. La máxima eficiencia en el uso del agua depende de una programación de riego adecuada. La programación de riego basada en los valores de la tensión de humedad en el suelo (THS) es un método preciso para estudiar el efecto del estrés hídrico en el crecimiento y rendimiento de los cultivos *in situ* (Rivera-Hernández et al. 2024). Diferentes técnicas novedosas en el manejo del agua se han explorado en el riego por goteo para mejorar la eficiencia en el uso agrícola de agua, entre las que destacan la reducción o suspensión del riego durante etapas fenológicas menos sensibles a la deficiencia hídrica, así como la implementación de cultivos en alta densidad de siembra, que forman un seto que disminuye el requerimiento de agua del cultivo sin afectar el rendimiento por área (Mishra & Goswami, 2016). Estas técnicas cobran cada vez mayor importancia como estrategia de adaptación al cambio climático, dado que disminuyen el uso agrícola del agua, aumentan simultáneamente la eficiencia en su uso y reducen la huella hídrica de los productos agrícolas. El efecto del déficit hídrico en los cítricos está relacionado con la especie y puede variar considerablemente según la duración y la gravedad del mismo, del estado fenológico y de otros factores específicos del sitio (Puig-Sirera et al. 2021, Chen et al. 2022). Con base en lo anterior, el objetivo principal de este trabajo consistió en evaluar el efecto de la combinación de cuatro tensiones de humedad en el suelo para definir el inicio y la duración de los riegos, durante las etapas fenológicas de floración (FL) y de crecimiento inicial del fruto (CR), sobre el rendimiento, la eficiencia en el uso del agua y la huella hídrica del cultivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio experimental. El experimento fue realizado en 2020 en el campo experimental del Colegio de Postgraduados, Campus Campeche, México, ubicado en las coordenadas 19° 29’ 51” N, 90° 33’ 02” W. El clima es cálido subhúmedo del tipo AW0 según la clasificación de Köppen modificada por García (1973), con lluvias en verano, con una precipitación promedio anual de 1,290 mm (Carrillo-Ávila et al. 2015). Se utilizó una plantación de lima Tahití (*Citrus latifolia* Tan.) de 18 años, injertada en naranjo agrio (*Citrus aurantium* L.), sembrada en alta densidad con hileras de árboles a cada 10 m y árboles a 1.5 m entre troncos (666 árboles ha^{-1}). Las plantas fueron irrigadas por goteo, en un suelo vertisol cálcico con textura arcillosa (78-84% de arcilla), densidad aparente de 1.04 a 1.17 g cm-3, materia orgánica de 1.0 a 2.3% y pH de 6.53. La fertilización aplicada por planta al inicio del trabajo fue de 450 g de nitrógeno, 380 g de fosforo y 270 g de potasio.

Diseño experimental y tratamientos. Se evaluaron los factores: a) Tensión de humedad en el suelo (THS) -10, -35, -60 y -85 kPa; y b) Etapas fenológicas del cultivo: etapa I (floración y cuajado de fruto; FL) y etapa II (crecimiento inicial de fruto; CF). Su combinación generó los tratamientos mostrados en el Cuadro 1, evaluados en un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones. Las unidades experimentales (UE) estuvieron constituidas por grupos de seis plantas. Las THS fueron seleccionadas tomando en cuenta resultados previos en trabajos de riego en lima Tahití (Rivera-Hernández et al. 2020).

Aplicación de los tratamientos de riego. Para la aplicación de los tratamientos se utilizaron válvulas individuales, con las que se controló el inicio y conclusión del riego en cada UE. En cada fila de árboles se colocaron en paralelo dos cintas de riego, una a un lado de la fila y la otra del otro lado (con goteros cada 30 cm, gasto de cada cinta de 1.41 l m^{-1} h^{-1}), a una distancia de 20 cm con respecto al tronco de las plantas. Para medir la THS, cerca de los árboles centrales de cada UE se instaló un

tensiómetro de manómetro (Irrometer modelo "R" Riverside, C.A, USA) cuya cápsula porosa se instaló a 30 cm de profundidad, aproximadamente 30 cm del tronco del árbol más cercano y entre las cintas de riego. Los riegos fueron iniciados cuando el manómetro del tensiómetro alcanzó el valor de THS del tratamiento, y concluyeron cuando el manómetro regresó a cero. La cantidad de agua aplicada en cada UE fue cuantificada multiplicando el gasto de las cintas por el tiempo de riego de cada UE en cada riego.

Cosecha. Se realizó en cuatro fechas durante la temporada de secas (15, 22 y 29 de mayo, 11 de junio), cortando los frutos maduros de los cuatro árboles centrales de cada UE. El peso promedio de los frutos *(PPF*, g) se cuantificó utilizando una balanza electrónica marca Mettler (500 ± 0.001 g) en una muestra de 50 frutos por unidad experimental tomados al azar en cada una de las cuatro cosechas. Con los valores acumulados de *PPF* de las cuatro cosechas se calculó el rendimiento de fruto (*RF*) por árbol (kg árbol^{-1}) y por hectárea (t ha^{-1}) en cada tratamiento y en cada bloque.

Eficiencia en el uso del agua y huella hídrica. Se estimaron en cada unidad experimental con las siguientes expresiones, similares a las usadas por Gutiérrez-Gómez et al. (2018):

EUAR=RF/LRA (1)

ETUA=RF/LAT (2)

HH = VAAC/RF (3)

Donde: EUAR =Eficiencia en el uso del agua de riego (t ha^{-1} mm^{-1}); RF = Rendimiento de frutos (t ha^{-1}); LRA = Lámina de riego aplicada (mm); ETUA= Eficiencia total en el uso del agua (t ha^{-1} mm^{-1}); LAT = Lámina de agua total recibida por el cultivo (mm, riego más lluvia); HH = huella hídrica (m^3 kg^{-1}); VAAC = Volumen total de agua aplicada al cultivo (m^3 ha^{-1}, riego más lluvia).

Análisis estadístico. Se realizó el análisis de varianza del diseño de bloques completos al azar para las variables de respuesta, con un nivel de significancia p = 0.05. En los casos en los que se detectaron efectos significativos de los tratamientos se realizó la comparación múltiple de medias con la prueba de Tukey (p = 0.05).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El Cuadro 1 muestra los valores promedio del volumen de agua de riego y del volumen total de agua (riego más lluvia) que recibió cada árbol, así como del número total de riegos para cada tratamiento. El número de riegos en los tratamientos menos húmedos en los que se mantuvo la misma THS en las dos etapas fenológicas (T3: -35 KPa FL, -35 kPa CF; T9: -60 KPa FL, -60 kPa CF; y T16: -85 kPa FL, -85 kPa CF) fueron 262.97%, 370.25% y 698.55% más bajos en comparación con el tratamiento en el que el suelo se mantuvo más húmedo (T1: -10 KPa FL, -10 kPa CF;), respectivamente (Cuadro 1). La frecuencia de aplicación de los riegos en esos mismos tratamientos fue de un riego cada 1 (T1), 2.3 (T3), 6.4 (T9) y 12.5 (T16) días respectivamente, aunque esos valores pueden variar en otras plantaciones, dependiendo de las condiciones meteorológicas del sitio, del tipo de suelo y del tamaño de los árboles. La misma tendencia se mantuvo en la aplicación total de agua (riego más lluvia). El cambio de la THS de la etapa fenológica FL a la de CF disminuyó sustancialmente el número de riegos y el volumen de agua aplicada en los tratamientos en los que se aumentó la THS de la primera etapa a la segunda (Tratamientos T2, T5 y T10 con relación a T1; T7 y T12 con relación a T3; y T11 con relación a T9); en cambio en los tratamientos en los que la THS se redujo de la primera etapa a la segunda el número de riegos y el volumen de agua aplicada aumentaron con relación a los valores de la primera etapa (T4 con relación a T3; T6 y T8 con relación a T9; y T13, T14 y T15 con relación a T16). El rendimiento de fruto total (RF, t ha^{-1}) mostró diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$) como respuesta a los tratamientos de THS dependiendo de la etapa fenológica (Cuadro 2). Tomó los mayores valores (estadísticamente iguales) en todos los tratamientos fijos y combinados que

incluyeron THS de -10 kPa y -35 kPa durante cualquiera de las dos etapas fenológicas (Tratamientos T1 a T7), con excepción de las combinaciones que incluyeron -85 kPa de THS en alguna etapa.

Cuadro 1. Número total de riegos (NTR), volumen de riego aplicado por planta (VRAP) y aplicación total de agua (riego más lluvia) (ATA).

Tratamientos	NTR	VRAP (m^3 planta^{-1})	ATA (m^3 planta^{-1})
T1 = -10FL -10CF	130.67 a	13.92 a	14.81 a
T2 = -10FL -35CF	68.00 d	7.22 c	8.11 c
T3 = -35FL -35CF	49.67 f	5.16 de	6.05 de
T4 = -35FL -10CF	110.67 b	11.50 b	12.40 b
T5 = -10FL -60CF	57.00 e	5.92 d	6.81 d
T6 = -60FL -10CF	106.67 c	11.57 b	12.46 b
T7 = -35FL -60CF	41.33 h	4.40 efg	5.29 efg
T8 = -60FL -35CF	46.33 fgh	4.92 de	5.81 de
T9 = -60FL -60CF	35.33 i	3.67 fhg	4.56 fgh
T10 = -10FL -60CF	48.33 fg	5.25 de	6.14 de
T11 = -60FL -85CF	25.33 k	2.69 hi	3.58 hi
T12 = -35FL -85CF	29.00 jk	3.27 ghi	4.16 ghi
T13 = -85FL -10CF	102.00 c	10.46 b	11.35 b
T14 = -85FL -35CF	43.67 gh	4.54 ef	5.43 ef
T15 = -85FL -60CF	32.00 ij	3.52 fgh	4.41 fhg
T16 = -85FL -85CF	18.67 l	2.22 i	3.11 i

FL= floración y cuajado de fruto; CF= crecimiento inicial de fruto. Letras diferentes en las columnas señalan diferencias estadísticas (Tukey, $p \leq 0.05$).

En el tratamiento T9 (fijo a -60 KPa en las dos etapas fenológicas), así como en el resto de tratamientos en los que se mantuvo la THS a -85 KPa en alguna de las dos etapas, los valores resultaron estadísticamente inferiores. El valor de RF en los tratamientos en los que la THS se mantuvo fija en las dos etapas fenológicas a -10kPa, -35kPa y -60kPa (T1, T3 y T9) disminuyó en 46.75, 49.44% y 47.26% respecto del valor obtenido en los tratamientos en los que se cambió la THS de -10 KPa, -35 KPa y -60 KPa durante la etapa FL a -85kPa en la etapa CF (Tratamientos T10, T12 y T11). Estos resultados muestran que la disponibilidad de agua en el suelo durante la etapa CF es muy importante para el rendimiento de la plantación. Por otra parte, valores significativamente más bajos en RF fueron observados cuando la THS se mantuvo a -85 KPa durante la etapa FL, con el valor estadísticamente menor en el tratamiento a -85 KPa en ambas etapas (T16, Cuadro 2). El cambio de -85kPa en etapa FL a -10kPa, -35kPa y -60kPa en etapa CF incrementó RF en 103.07%, 106.43% y 43.13%, con relación a los valores obtenidos en T16 (-85 KPa de THS en ambas etapas), respectivamente. Sin embargo, los incrementos no igualaron estadísticamente a la producción obtenidos en las THS más bajas y en sus combinaciones. La falta de humedad en el suelo durante la etapa FL pudo haber influido en el amarre de flores y la formación de frutos.

Las diferencias en el rendimiento obtenido en este trabajo entre las plantas sometidas a las THS más bajas (-10 y -35 kPa), y aquellas en las que se evaluaron las THS más altas (-60 y -85 kPa) pueden explicarse probablemente por el aborto de flores y menor fijación de frutos cuando las tensiones de humedad más altas se aplicaron en la etapa FL, debido a la deshidratación ocasionada por las altas temperaturas (Machado et al. 2005). Valores significativamente más bajos en el rendimiento del cultivo se observaron en los tratamientos en los que las plantas fueron sometidas a una THS de -85 kPa durante la etapa FL (T13, T14, T15 y T16, Cuadro 2), resultado de la elevada THS a la que se sometió el cultivo durante esa etapa, lo que afectó la formación de flores. Este resultado sugiere que la cantidad de agua disponible para el cultivo durante la etapa FL es de gran importancia en la definición del rendimiento final del cultivo. Los resultados de este trabajo confirman la alta sensibilidad que tienen los árboles de lima Tahití al estrés hídrico durante las etapas fenológicas FL

y CF. Su sensibilidad al estrés hídrico durante la etapa CF parece ser menor, dado que el cambio de THS de -10 y -35 kPa en la etapa FL a -60k Pa en la etapa CF (T5 y T7) no afectó de manera significativa el rendimiento del cultivo. No obstante, cuando la THS se aumentó hasta -85 kPa en la etapa CF (T10 y T12), el rendimiento sí se redujo significativamente respecto del obtenido en los tratamientos más húmedos (Cuadro 2). Los resultados obtenidos muestran que no es recomendable regar el cultivo a THS mayores o iguales a -60 kPa durante la etapa FL, dado que el rendimiento y la producción disminuyen de manera significativa; sin embargo, durante la etapa CF los riegos pueden hacerse hasta -60 kPa sin una reducción significativa en RF, siempre que la THS en la etapa FL no haya sido mayor de -35 kPa.

El Cuadro 2 muestra los valores encontrados para la eficiencia del uso del agua de riego (EUAR, kg m-3), para la eficiencia total del uso del agua (ETUA, kg m^{-3}) y para la Huella hídrica de la producción de frutos de limón (HH, m^3 kg^{-1}) para los 16 tratamientos evaluados. El tratamiento T9 (-60 kPa FL, -60 kPa CF) presentó estadísticamente ($p \leq 0.05$) los mayores valores en EUAR y ETUA, significativamente superiores a los valores observados en el resto de tratamientos, debido a que en este tratamiento se obtuvo un buen rendimiento de fruta (34.91 t ha^{-1}; Cuadro 2), estadísticamente igual al obtenido en los tratamientos T6 y T8 (más húmedos), con una cantidad de agua de riego aplicada significativamente menor respecto de la empleada en los tratamientos T1 a T6 (3.67 m^3 $planta^{-1}$; Cuadro 1). Valores significativamente más bajos en EUAR y ETUA en los tratamientos con THS menores (T1 a T8) se atribuyen principalmente al mayor volumen de agua de riego aplicado (Cuadro 1) que, aunque condujo al rendimiento de fruto significativamente más altos en T1 a T5 (Cuadro 2), implicaron una mayor cantidad de agua aplicada al cultivo.

Cuadro 2. Rendimiento de fruto, eficiencia en el uso del agua de riego, eficiencia total en el uso del agua y huella hídrica de la producción de frutos de limón.

Tratamientos	***RF* (t ha^{-1})**	***EUAR* (kg m^{-3})**	***ETUA* (kg m^{-3})**	***HH* (m^3 kg^{-1})**
T1 (-10 FL -10 CF)	39.03 ± 0.85 a	4.22 ± 0.34 g	3.97 ± 0.32 hi	0.2518 ± 0.013 c
T2 (-10 FL -35 CF)	38.29 ± 0.78 a	8.11 ± 0.51 e	7.21 ± 0.72 e	0.1386 ± 0.006 f
T3 (-35 FL -35 CF)	38.63 ± 0.65 a	11.19 ± 0.78 c	9.54 ± 0.67 c	0.1047 ± 0.006 gh
T4 (-35 FL -10 CF)	37.98 ± 0.74 a	5.03 ± 0.25 fg	4.67 ± 0.23 gh	0.2139 ± 0.010 d
T5 (-10 FL -60 CF)	38.09 ± 0.98 a	9.56 ± 0.76 d	8.31 ± 0.66 d	0.1203 ± 0.007 fg
T6 (-60 FL -10 CF)	36.71 ± 0.98 ab	4.89 ± 0.29 fg	4.54 ± 0.27 gh	0.2207 ± 0.007 d
T7 (-35 FL -60 CF)	37.95 ± 1.15 a	12.97 ± 0.42 b	10.78 ± 1.19 b	0.0929 ± 0.007 h
T8 (-60 FL -35 CF)	36.83 ± 1.12 ab	11.38 ± 0.79 c	9.63 ± 0.67 c	0.1038 ± 0.006 gh
T9 (-60 FL -60 CF)	34.91 ± 1.24 b	14.68 ± 52 a	11.81 ± 1.06 a	0.0847 ± 0.005 h
T10 (-10 FL -85 CF)	20.78 ± 1.16 c	5.59 ± 0.61 f	4.78 ± 0.53 fg	0.2094 ± 0.010 d
T11 (-60 FL -85 CF)	18.41 ± 1.32 d	10.44 ± 0.94 cb	7.84 ± 0.71 de	0.1275 ± 0.008 fg
T12 (-35 FL -85 CF)	19.53 ± 0.98 cd	6.97 ± 0.91 e	5.46 ± 0.71 f	0.1839 ± 0.014 e
T13 (-85 FL -10 CF)	13.89 ± 0.98 e	1.87 ± 0.15 h	1.72 ± 0.14 j	0.5803 ± 0.031 a
T14 (-85 FL -35 CF)	14.12 ± 1.12 e	4.05 ± 0.41 g	3.38 ± 0.34 i	0.2959 ± 0.018 b
T15 (-85 FL -60 CF)	9.79 ± 1.28 f	4.12 ± 0.38 g	3.28 ± 0.30 i	0.3050 ± 0.018 b
T16 (-85 FL -85 CF)	6.84 ± 1.34 g	4.62 ± 0.55f g	3.29 ± 0.39 i	0.3031 ± 0.022 b

Medias con diferente letra minúscula en columna son estadísticamente diferentes (Tukey, $p \leq 0.05$).
Los valores son medias ± desviación estándar.

Valores significativamente más bajos a los observados en T9, tanto en EUAR como en ETUA, fueron encontrados en los tratamientos T10 a T16, en los que los árboles fueron sometidos a THS de -80 kPa en alguna de las dos etapas fenológicas (o en ambas). En estos tratamientos se aplicó una cantidad de agua de riego similar a la empleada en T9 (con excepción de T13 en el que se aplicó más agua de

riego, y T16 en el que se aplicó menos, Cuadro 1), pero en los que el valor de RF resultó significativamente inferior al observado en T9. El aumento en la THS hasta -80 kPa en alguna de las dos etapas fenológicas redujo significativamente, tanto RF como EUAR y ETUA. El valor significativamente más bajo tanto en EUAR como en ETUA se observó en el tratamiento T13 (-85 kPa FL, -10 kPa CF), resultado de la elevada THS a la que se sometió el cultivo durante la etapa FL, que afectó la formación de flores, y la baja THS en la etapa CF, que implicó una aplicación de agua de riego elevada, pero que no se tradujo en producción de frutos, como consecuencia del bajo número de flores. Este resultado sugiere que la cantidad de agua disponible para el cultivo durante la etapa FL es de gran importancia en la definición del rendimiento final del cultivo.

Por otra parte, el mayor suministro de agua de riego aplicado en los tratamientos más húmedos, en especial donde la THS de -10 kPa se manejó en alguna de las dos etapas fisiológicas (o en ambas), propició una disminución en EUAR y ETUA y un aumento en HH (Cuadro 2), estadísticamente significativos en esas variables. Los principales aspectos negativos asociados a la aplicación una gran cantidad de agua de riego son la disminución de la viabilidad económica del sistema de producción debido al mayor costo energético, el desgaste de los equipos y la disminución en la sostenibilidad ambiental de la agricultura de regadío al aumentar la extracción de agua, así como la posible contaminación de acuíferos ocasionada por la lixiviación de agroquímicos diluidos en el agua percolada.

Por lo que respecta a la huella hídrica (HH) en los tratamientos T9 (-60 kPa FL, -60 kPa CF), T7 (-35 kPa FL, -60 kPa CF), T8 (-60 kPa FL, -35 kPa CF) y T3(-35 kPa FL, -35 kPa CF) se observaron los valores significativamente más bajos, con valores estadísticamente similares ($p \leq 0.05$; Cuadro 2). En el tratamiento T9 se emplearon únicamente 85 litros de agua para producir 1 kg de frutos de limón, mientras que en el tratamiento T1, el correspondiente a la THS más baja se emplearon 252 litros para obtener el mismo resultado, valor 248.5% mayor. El valor estadísticamente más grande de HH se observó en el tratamiento T13 (-85 kPa FL, -10 kPa CF), en el que se requirieron 580 litros de agua para producir un kilogramo de frutos de limón (752.9% mayor que en T9), tratamiento en el que también se obtuvo el valor significativamente más bajo tanto en EUAR como en ETUA. Valores elevados para HH también fueron observados en los tratamientos T14, T15 y T16 (estadísticamente iguales), en los que se requirieron 296, 305 y 303 litros de agua para producir un kilogramo de frutos, valores 248.2%, 258.8% y 256.5% mayores que en T9, respectivamente.

Con base en los resultados obtenidos en este trabajo, puede esbozarse que la producción de lima Tahití en la época de estiaje permite reducir el consumo de agua si los riegos se aplican con base en diferentes valores de la THS en las etapas fenológicas de floración y fructificación. El uso del agua de riego está restringido por su escasez, alto costo de oportunidad y gran influencia en el abatimiento de mantos freáticos en muchas regiones del mundo, lo que lo convierte en un importante factor limitante para el desarrollo socioeconómico en áreas con escasez de agua. En caso de las zonas tropicales en México, esta problemática puede atenuarse si se usa el agua de riego de manera eficiente en los sistemas de producción de lima Tahití con base en los resultados de este estudio.

CONCLUSIÓN

En el tratamiento -35 kPa FL, -60 kPa CF se observó uno de los rendimientos significativamente más elevados, y uno de los menores valores de la huella hídrica en la producción de frutos, con una cantidad de agua de riego aplicada significativamente menor respecto de la empleada en los tratamientos más húmedos. En ese tratamiento se emplearon en total únicamente 92.9 litros de agua para producir un kilogramo de frutos de limón, mientras que en el tratamiento más húmedo se emplearon 252 litros para obtener el mismo resultado y la huella hídrica observada fue significativamente más grande. Se recomienda la aplicación de riegos al cultivo cuando la THS tome el valor de -30 kPa durante la etapa fenológica de floración y de -60 kPa en la de fructificación, para contribuir a la mejora en la sostenibilidad del recurso agua, obteniendo al mismo tiempo rendimientos

muy aceptables en plantaciones de limón persa. También se recomienda realizar trabajos similares en otras zonas agroclimáticas y de tipo de suelos.

REFERENCIAS

Carrillo-Ávila, E., García-Acedo, C., Arreola-Enríquez, J., Landeros-Sánchez, C., Osnaya-González, M.L. & Castillo Aguilar, C. (2015). Evaluation of Four Sunflower Hybrids (Helianthus annuus) under Three Irrigation Regimes and Two Doses of Fertilization on Flower Production. *Journal of Agricultural Science*, 7(4), 183-194.

Chen, F., Cui, N., Jiang, S., Li, H., Wang, Y., Gong, D., Hu, X., Zhao, L., Liu, Ch. & Qiu, R. (2022). Effects of water deficit at different growth stages under drip irrigation on fruit quality of citrus in the humid areas of South China. *Agricultural Water Management*, 262. 107407.

García, E. (1973). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana) (2ª ed.). México: Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México.

Gutiérrez-Gómez, C., Carrillo-Ávila, E., Landeros-Sánchez, C., Coh-Méndez, D., Monsalvo-Espinosa, A., Arreola-Enríquez, J., & Pimentel-López, J. (2018). Soil moisture tension as an alternative for improving sustainable use of irrigation water for habanero chilies (Capsicum chinense Jacq.). Agricultural Water Management, 204, 28-37.

Machado, E. C., Tambelli, S. P., Medina, C. L., & Ribeiro, R. V. (2005). Respostas da fotossíntese de três espécies de citros a fatores ambientais. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 40(12), 1161-1170.

Mishra, D.S. & Goswami, A.K. (2016). High density planting in fruit crops. *HortFlora Research Spectrum*, 5. 261-264.

Puig-Sirera, A., Provenzano, G., González-Altozano, P., Intrigliolo, D. S., & Rallo, G. (2021). Irrigation water saving strategies in citrus orchards: Analysis of the combined effects of timing and severity of soil water deficit. Agricultural Water Management, 248, 106773.

Rivera-Hernández, B., Aceves-Navarro, L. A., Arrieta-Rivera, A., Juárez-López, J. F., Méndez-Adorno, M., & Ramos-Álvarez, C. (2016). Evidencias del cambio climático en el estado de Tabasco durante el periodo 1961–2010. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 14, 2645–2656.

Rivera-Hernández, B., Garruña-Hernández, R., Santamaría-Basulto, F., Andrade-Torres, J. L., Carrillo-Ávila, E., & Andueza-Noh, R. H. (2020). Lime yield (Citrus x latifolia Tanaka ex Q. Jiménez) and fruit quality in winter season from orchards maintained with different soil moisture tension. Agroproductividad, 13(2), 83-88.

Rivera-Hernández, B., Madrigal-Córdova, W., Quej-Chi, V. H., González-Jiménez, V., López-Castañeda, A., & Carrillo-Ávila, E. (2024). Crecimiento, rendimiento y huella hídrica del pepino verde (Cucumis sativus L.) como respuesta a la tensión de humedad en el suelo. Tropical and Subtropical Agroecosystems, 27, Art. No. 139.

Fases de la luna en las actividades de la milpa maya (Ichkool) en Campeche, México

Mónica Jocelyn Sima-Te[1], Noel Antonio González-Valdivia[1]*, Alicia Eugenia Puertovannetti-Arrollo[1], Isidra Pérez-Ramírez[2], Carina Rocha-Méndez[1]

[1]Tecnológico Nacional de México, Campus Instituto Tecnológico de Chiná, Laboratorio de Agroecología y Agricultura Orgánica Sustentable (LAAOS), Chiná, Campeche, México. [2]Ejido Lerma, Campeche, Campeche, Lerma, Campeche, Campeche.
*Autor para correspondencia: noel.gv@china.tecnm.mx

Recibido: 10/10/24; Aceptado: 02/12/24; Publicado en línea: 20/12/24

RESUMEN

Desde hace mucho tiempo las civilizaciones originarias buscan respuestas a las interrogantes e incertidumbres en sus decisiones, mediante la observación de su entorno y del cielo, como parte del entendimiento respecto a cómo funciona el mundo y todo cuanto en el existe. A través del tiempo fueron formando su propia cosmovisión, que durante muchos años ha sido replicada por los pueblos originarios y heredada a las nuevas generaciones. La mayoría de estos conocimientos son usados en el sector agrícola y pecuario, pero, no se han promovido desde la educación formal. En respuesta a este vacío y para el propósito de este estudio nos centraremos en el uso de las fases de la luna en las actividades de la agricultura, en tres comunidades rurales de Campeche: Nilchí, Kobén y Tikinmul. La metodología consistió en la elección de personas para las entrevistas basados en los criterios definidos como: edad, actividad económica, el tiempo de residencia en la comunidad y, usando la fórmula para estimar una muestra a partir de poblaciones finitas y datos cualitativos, que luego se asignó proporcionalmente con 10, 13 y 18 individuos para cada comunidad, respectivamente. Al finalizar el proceso de entrevistas la información recaba se concentró en una base de datos Excel y se realizaron los análisis descriptivos expresando la frecuencia de respuestas obtenidas. Finalmente, se graficaron las respuestas sobre el nivel de conocimiento del uso de las fases lunares por comunidad. Este fue mayor en Nilchí con el 90% de respuestas afirmativas, seguido de Kobén (69%) y por último Tikinmul (61%). Las fases más mencionadas y descritas fueron: Luna llena, Luna menguante y Luna creciente, atribuyéndoles diferentes decisiones sobre actividades, predominantemente agrícolas, influenciadas por las mismas.

Palabras clave: Cultura y Sociedad, Producción, Recursos Naturales, Saberes Ancestrales y Sustentabilidad.

ABSTRACT

For a long time, original civilizations have sought answers to questions and uncertainties in their decisions, through observation of their environment and the sky, as part of understanding how the world and everything that exists in it works. Over time they formed their own worldview, which for many years has been replicated by the native peoples and inherited to new generations. Most of this knowledge is used in the agricultural and livestock sector but has not been promoted through formal education. In response to this gap and for the purpose of this study we will focus on the use of the phases of the moon in agricultural activities, in three rural communities of Campeche: Nilchí, Kobén and Tikinmul. The methodology consisted of choosing people for interviews based on criteria defined as: age, economic activity, length of residence in the community and, using the formula to estimate a sample from finite populations and qualitative data, which then was proportionally assigned with 10, 13 and 18 individuals for each community, respectively. At the end of the interview process, the information collected was concentrated in an Excel database and descriptive analyzes were carried out expressing the frequency of responses obtained. Finally, the responses on the level of knowledge of the use of the lunar phases by community were graphed. This was highest in Nilchí with 90% of affirmative responses, followed by Kobén (69%) and finally Tikinmul (61%). The most mentioned and described phases were: Full Moon, Waning Moon and Waxing Moon, attributing different decisions about activities, predominantly agricultural, influenced by them.

Key words: Culture and Society, Production, Natural Resources, Ancestral Knowledge and Sustainability.

INTRODUCCIÓN

En México, una de las principales actividades de producción es la agricultura, no obstante, en los últimos años este sector se ha visto afectado por diversas situaciones, por ejemplo, la llegada de las nuevas tecnologías, la industrialización, el crecimiento de las poblaciones rurales y el acelerado cambio climático (González-Jácome, 2007), mismas que han impactado directamente a la población del sector rural, los cuales son los que en su mayoría se dedican a estas actividades como medio de sustento económico (Pérez-Sánchez et al. 2014). Sin embargo, a pesar de las situaciones actuales negativas en el sector de la agricultura, la relación que existe de los pobladores de las comunidades rurales y los recursos naturales (plantas, animales, suelo, agua, entre otros), aún se mantiene vigente, mismos que han sido llevados a la práctica en muchas zonas de producción (Pérez-Sánchez et al. 2014). Aunque la mayoría de los enfoques de investigación actuales se centran en comprender como funciona el ambiente físico, también es debe tener en cuenta que existe en ese conjunto otros dos factores igual de importantes: la sociedad y la cultura, mismos que vinculados dan paso a la agricultura tradicional de las comunidades campesinas (González-Jácome, 2003).

Los pueblos originarios mantienen en su historia cultural un cúmulo de saberes, conocimientos y practicas ancestrales, que han sido transmitidas al largo de los años y generación tras generación (Tapia-Barrera, 2014), basados en su experiencia de vida, de manera práctica y oral, manteniendo la relación e interacción del hombre con la naturaleza (De la Cruz et al. 2005). Los saberes tradicionales forman parte de las decisiones y principales actividades de la agricultura de las comunidades rurales, y que se han convertido en parte de los métodos de planificación más usados en la producción agrícola (Altieri-Soto & Nicholls, 2000). Diversos estudios han abarcado la idea de que la agricultura y el conocimiento ancestral, podrían convertirse en una de las nuevas técnicas y estrategias para el desarrollo sustentable, y que podrían replicarse en muchas actividades de los sectores agrícola y pecuario (Altieri & Toledo, 2011, Sima-Te & González-Valdivia, 2023).

El uso de la luna en las prácticas de producción agropecuario forma parte de un conocimiento tradicional que han sido adquiridos a través del tiempo, y que aun en la actualidad permanecen en la vida de las comunidades rurales, como parte de su quehacer diario en el sector agrícola, mismo que ha demostrado tener resultados positivos en las distintas actividades con las que se relaciona (Miranda-Trejo et al. 2009), a partir de este conocimiento los campesinos pueden disminuir la pérdida y preservar los recursos naturales que aun poseen. Existen alrededor de la luna muchas creencias que han estado presentes en los pueblos y culturales ancestrales (Torres, 2012), muchas de las actividades agrícolas, por ejemplo, producir mayores frutos, fechas de siembra y cosecha y conocer la fertilidad de la tierra, están vinculados en gran medida a la interacción de la luna con el planeta, generando un vínculo que prevalece hasta nuestros días, y que ha existido desde épocas muy antiguas (Sánchez, 2011). Así mismo se le atribuyen efectos, en los animales como las épocas reproductivas, y actividades cotidianas de los seres humanos, como cortes de cabello; así como también al movimiento de la marea para el caso del sector pesquero (Restrepo-Rivera, 2005).

Actualmente se ha generado un interés en la comunidad científica lo que ha llevado a generar diversos estudios acerca de la influencia de las fases lunares en distintas actividades agropecuarias, desde la siembra de cultivos hasta la cosecha de frutos y cuidado de animales domésticos (Vázquez-Cabrera et al. 2014). Sin embargo, aunque existen lugares y zonas donde aún se conservan en cierto grado este conocimiento, el uso va disminuyendo a través de los años, es por ello que es importante realizar estudios que permitan generar información que puede ser documentado y compartido para continuar la transmisión de saberes a las nuevas generaciones como parte de las buenas prácticas en la agricultura actual (Uño et al. 2019).

Los estudios de este tipo permiten darle un nuevo valorar a estos saberes que han sido resguardados por los campesinos y productores mismo que serán usados para difundir su importancia en la actualidad a través de prácticas y de manera oral a las nuevas generaciones(Tapia-Barrera, 2014), es

por ello que el objetivo de esta investigación se define como determinar el uso de la influencia de las fases de la luna en las actividades de la agricultura tradicional en Campeche, México, esto con el fin de preservar y en su momento compartir este conocimiento como parte de las nuevas técnicas y estrategias de producción actual, pero esta de manera sustentable y como parte de la cultura de nuestros pueblos originarios.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio. La investigación se realizó en tres comunidades rurales del estado de Campeche, México, mismos que fueron elegidos a partir de la distancia en que se ubican del centro urbano más importante el estado, el municipio de Campeche, resultando un gradiente por distancia o radio de estudio de: menos que 15 km, entre 15 y 30 km; y más de 30, obteniendo las comunidades de Kobén, Nilchí y Tikinmul, respectivamente. Los criterios de selección de las comunidades se relacionaron con ámbitos económicos, sociales, culturales y actividades productivas, no teniendo ningún tipo de criterio en referencia al número de habitantes, pero sí con respecto a la edad de las personas seleccionadas para el estudio.

Diseño de encuestas. Se elaboró un cuestionario semiestructurado de preguntas abiertas el cual se dividió en dos secciones de datos importantes: la primera sección comprendió datos generales (nombre, escolaridad, actividad productiva, entre otros) y en la segunda sección acerca del uso de la luna en las actividades agropecuarias, misma que abarcaron preguntas acerca de fases lunares y una breve descripción acerca de su uso en actividades agrícolas y pecuarias (Millwood & Heath, 2000).

Selección de informantes. Se definieron los siguientes criterios de selección para informantes, 1) mayores de 30 años (hombres y mujeres); 2) procedentes de la comunidad por nacimiento o al menos con una antigüedad de residir superior a los 30 años; 3) tener énfasis en aquellos descendientes de la etnia Maya, y 4) preferentemente con ocupación relacionada con el manejo de recursos agropecuarios sin embargo no sé excluye a personas con ocupaciones distintas.

Cálculo del número de muestras. Con base en los criterios establecidos, se calculó el número de muestras, es decir el número de personas que fueron entrevistadas por cada comunidad para ello se utilizó la fórmula para poblaciones finitas para datos cualitativos: $n = Z^2N\ pq/\ (N - 1)\ e^2 - Z^2pq$), donde; Z = 1.65, e = 10%, p y q iguales a 50%, para hacer un número de muestras total de todas las comunidades, después el número total fue distribuido de manera proporcional en relación con el total de la población mayor de 30 años.

Aplicación de entrevistas. Después de tener el número total de muestras por comunidad, para el caso de la investigación, los entrevistado, se llevó a cabo el proceso de entrevistas a personas de las distintas comunidades que cumplieron con los criterios de selección y que estuvieron dispuestos a ser cuestionados sobre el conocimiento ancestral la luna, para ello se realizaron visitas programadas a cada una de las localidades seleccionadas, en horarios flexibles y que se adaptaron a los quehaceres con el fin de no perjudicar a ningún entrevistados en sus actividades laborales (Robinson, 2014).

Procesamiento de datos. Se procedió a la organización de las respuestas que se obtuvieron por cada comunidad, y se procesó la información de las encuestas en una base de datos y posteriormente se consolidó la información en fichas etnográficas individuales en función de las descripciones obtenidas del uso de la luna para su posterior divulgación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos mediante el proceso de encuestas llevado a cabo en las tres comunidades estudiadas, permite la observación de que existe un mayor grado de conocimiento en la localidad de Nilchí con un 90% de personas que describió que reconoce el uso de la luna en las distintas actividades agropecuarias, seguida de la comunidad de Kobén con un 69% y finalmente se encuentra la

comunidad de Tikinmul con un 61% de personas que dieron una respuesta positiva al conocimiento de la luna (Figura 1).

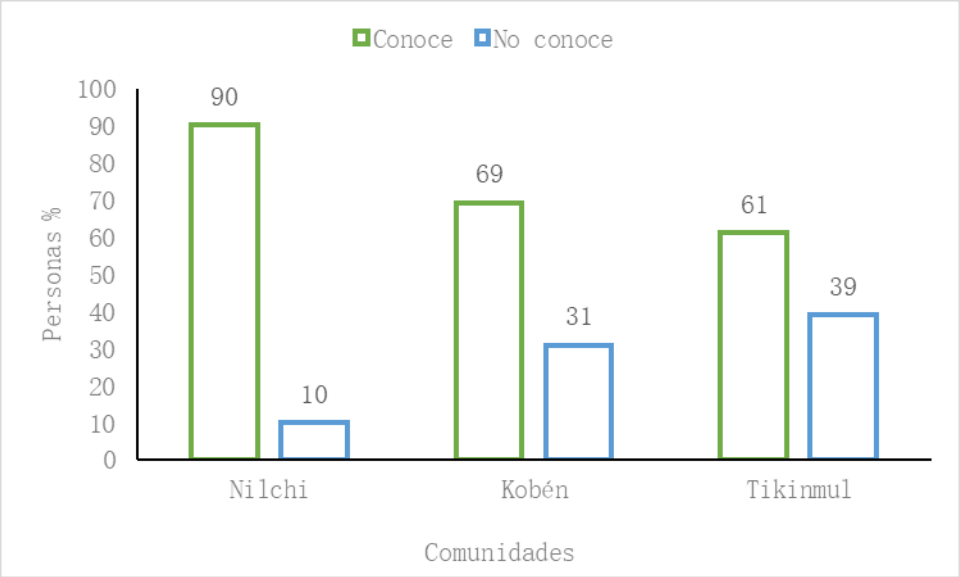


Figura 1. Comparación en porcentaje por comunidad de personas que conoce y no conoce el uso de la luna dentro de las actividades agrícolas y pecuarias.

Al totalizar el número de respuestas obtenidas de las tres comunidades encuestadas se obtuvieron cuatro respuestas de fases de la luna con mayor frecuencia, las más mencionadas en orden fueron Luna menguante, Luna llena, Cuarto creciente, también se hizo mención de Luna con Aro dentro de las observaciones, aunque no cuenta como fases de la luna, sin embargo, presenta un aporte importante dentro del estudio (Figura 2).

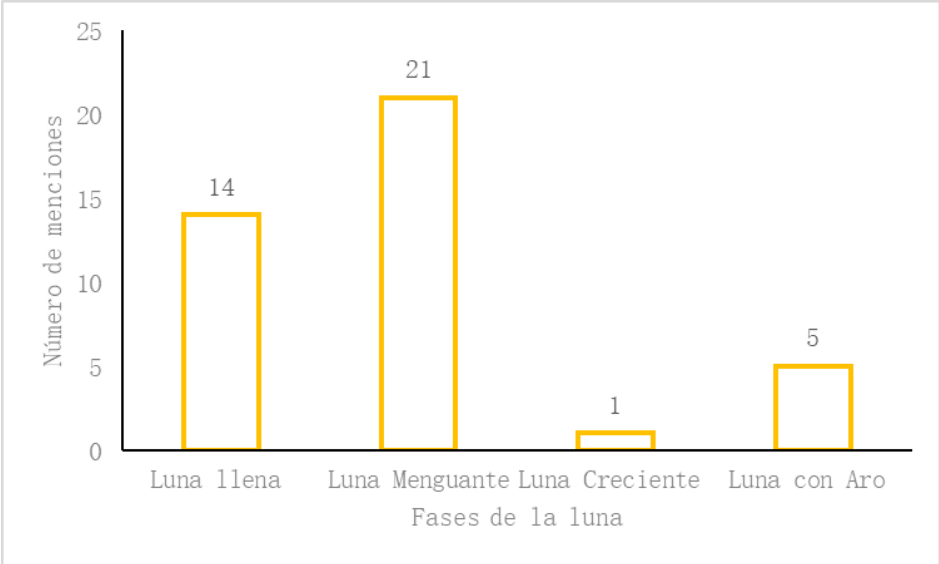


Figura 2. Gráfica de respuestas más frecuentes total de las tres comunidades (Nilchi, Kobén y Tikinmul)

Comunidad Kobén. Dentro de los resultados para la comunidad de Kobén, se encontraron dos fases de la Luna más conocidos, Luna llena y Luna menguante, los cuales dentro del total de los 13

encuestados tuvieron 6 y 5 menciones, respectivamente. Dentro de las descripciones de los pobladores de la localidad, vinculan a la Luna llena con una actividad en particular, el corte de madera o postes el cual mencionan que debe realizar en esta fase ya que, la madera es más duradera y no se apolilla. Para el caso de la luna menguante, mencionan que es efectiva para la siembra de árboles frutales porque se obtienen frutos de buen tamaño en árboles pequeños (Figura 3).

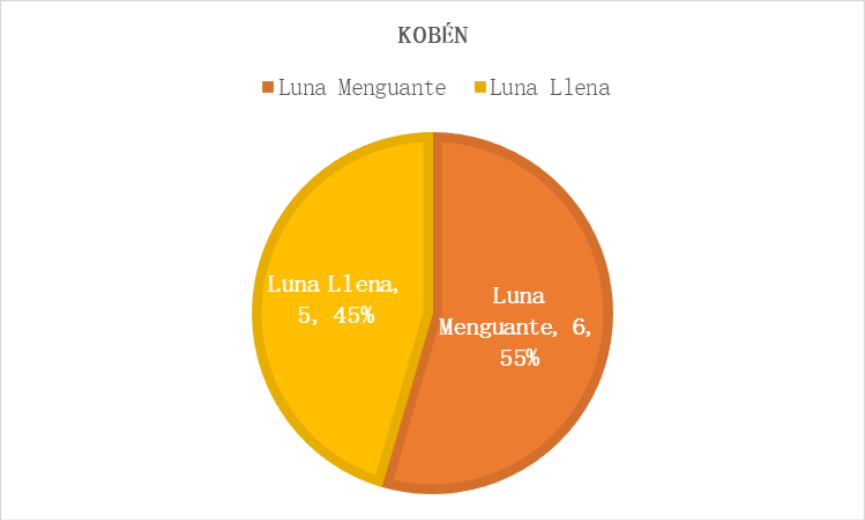


Figura 3. Total, de menciones de fases de la luna en la comunidad de Kobén, Campeche.

Comunidad Nilchi. Los encuestados de la localidad de Nilchi, mencionaron tres fases principales de uso de la luna los cuales fueron: Luna menguante, Luna llena y Luna creciente con 7, 2 y 1 menciones del total de diez encuestas realizadas a los pobladores, respectivamente. Las principales actividades descritas para el uso de la fase de luna menguante fueron dos: bueno para realizar siembra de árboles frutales y cultivos, debido a que se sabe que producirán frutos en menos tiempo así mismo se usa para realizar injertos. Para la Luna llena los pobladores describieron una actividad que se realiza en esta fase: el corte de madera para evitar que se apolille, finalmente para el caso de Luna creciente, se menciona que se pueden sembrar árboles ya que se obtienen alturas mayores de estos. Aunque no es una fase lunar, dentro de los encuestados mencionaron que si se observa la presencia de un aro o halo alrededor de la luna es señal de que habrá lluvias próximas (Figura 4).

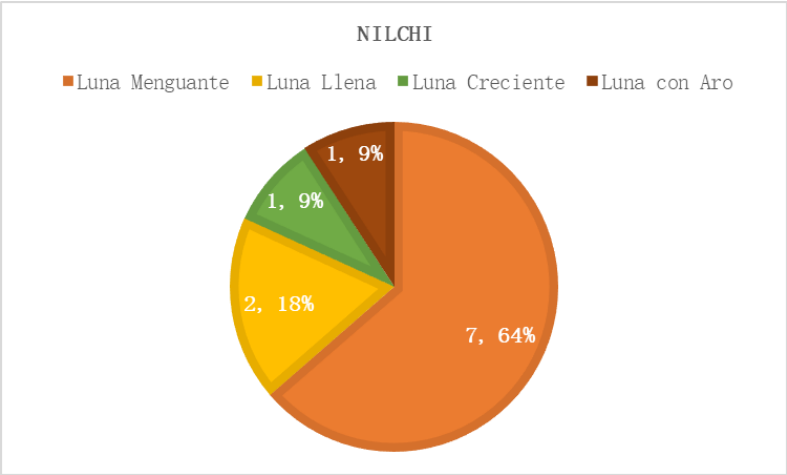


Figura 4. Datos obtenidos de las diferentes fases lunares mencionadas en la comunidad de Nilchi, Campeche.

Comunidad de Tikinmul. Dentro de las respuestas mencionadas por los pobladores de esta comunidad resultan dos con mayor frecuencia de mención Luna menguante con 8 y Luna llena con 7 del total de 18 encuestas realizadas. Para el caso de la luna menguante las principales influencias que los entrevistados describen son: siembra de hortalizas y otros cultivos principalmente mencionan melón y sandía así mismo se menciona que ese momento es óptimo para realizar semilleros, y para hacer injertos de árboles y otras plantas; de igual manera describen que cuando la luna se encuentra en esa fase se puede bajar o cortar el panal de avispas con huevecillos (Ek) para consumo alimenticio. La luna llena por su parte, los pobladores mencionan que realizan la actividad de corte postes, ya que estos no se apolillan ni pudren con facilidad y son más duraderos, recomendado que el corte se realice en viernes para ser más efectivo, en menor frecuencia lo usan para sembrar, aunque si hubo menciones para dicha actividad. A pesar de no ser una fase lunar, describieron una característica en particular, la presencia de un halo alrededor de la luna la cual vinculan con la llegada de lluvia o sequía dependiendo en la temporada en la que se observe, aunque también lo asocian como un indicador de buen momento para sembrar la especie *Lagenaria siceraria* (Figura 5).

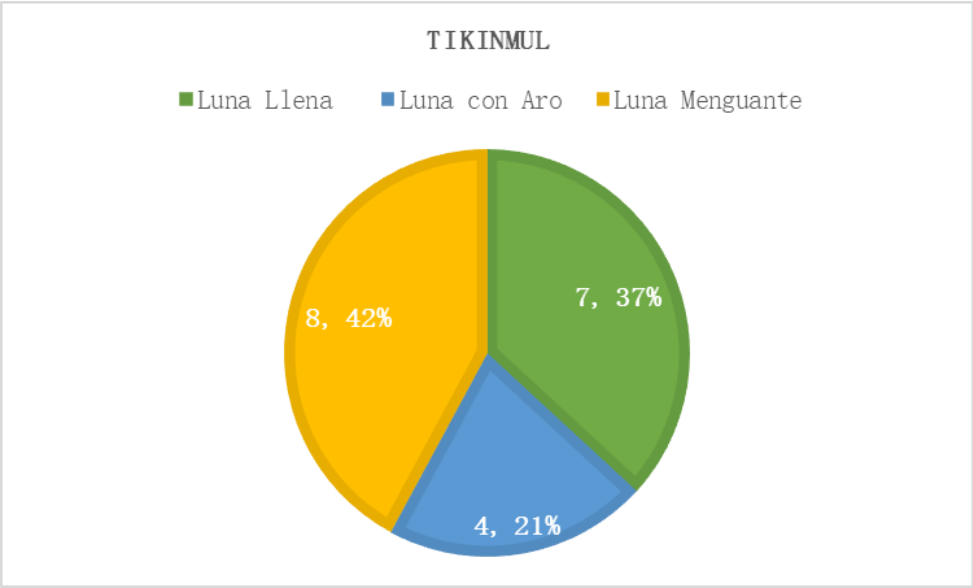


Figura 5. Fases de la luna mencionadas y descritas por los pobladores de la comunidad de Tikinmul, Campeche.

La luna en sus diferentes fases influye en el comportamiento de la naturaleza, y en las plantas este fenómeno es observado en el flujo de savia, iniciando un proceso de movimiento dentro de la misma, en ascenso y descenso desde la parte más alta hasta la raíz (Torres, 2012, Díaz-Chuquizuta et al. 2023). Dentro de un estudio realizado por Miranda-Trejo et al (2009), hace mención del uso de la luna en actividades agrícolas en una comunidad rural, principalmente los campesinos consideran a la Luna llena la mejor fase para realizar la siembra, ya que dicen que en esa fase las plantas poseen características que harán optima la productividad, en tanto en las comunidades para el presente estudio consideran a la luna menguante como la mejor para realizar cultivos, siembra de frutales e injertos.

Los pobladores de las comunidades de Campeche, mencionaron a la Luna llena como la mejor para realizar cortes de madera para postes, ya que esta será más duradera y muy difícil de adquirir plagas (polillas), sin embargo, Torres (2012) refiere que la mejor luna para realizar esta actividad es en cuarto menguante, ya que en esta se evita la perdida de agua y se apolillarán con mayor dificultad, justo como menciona Mariaca-Méndez (2003)en su estudio realizado en comunidades de tres Estados del sureste de México, dentro del cual se afirma que esta luna es la más esperada por los campesinos para

realizar la mayoría de las actividades como son: siembra de cultivos, tubérculos y poda de árboles, estás mismas respuestas fueron incluidas en esta investigación para la misma fase lunar. Dentro de un estudio realizado por Colorado (2007), en el Salvador, muestra que los agricultores no usan la luna llena y cuarto menguante en la siembra de semillas, ya que no pueden desarrollarse debido a sus creencias culturales, y prefieren realizar esta actividad en otras fases lunares, lo anterior puede evidenciar que dentro de las distintas comunidades existen diferencias en las culturas y tradiciones es por ello que existe una variación en las respuestas en cada pueblo, considerando que cada uno mantiene una visión distinta de lo que los rodea (Inglehart & Carballo, 2008, Zárate-Pérez, 2014).

Vásquez-Cabrera et al. (2014), menciona que los entrevistados dentro de su indagación, concuerdan en la importancia de conocer la luna en sus distintas fases como parte de sus actividades agropecuarias, mismo que se puede observar en los habitantes encuestados en este estudio, ya que del total más del 60% por cada localidad dio una respuesta afirmativa al uso de la luna como indicador. Una de las principales razones por las que los productores responden con un alto grado de conocimiento es debido al conocimiento ancestral adquirido durante el transcurso de su vida (Vásquez-Cabrera et al. 2014). Recientemente, este saber campesino ha tomado fuerza y través del uso práctico ha mostrado su efectividad e importancia, por tanto, su adaptabilidad a la modernidad y realidad actual (Uribe-Pérez, 2019).

Una característica muy particular de la luna registrada por los productores fue la presencia de un “halo “o “aro” visible a su alrededor el cual, dependiendo en la temporada que se observada, indica lluvia o sequía, lo cual concuerda con el trabajo realizado por Granda et al. (2016), donde un entrevistado menciona que la luna colorada o rojiza, indica probabilidades de lluvia, complementando la información obtenida de los productores en localidades de Campeche. La diversidad de flora y fauna, así como cultural que se destaca en México (Jiménez-Sierra et al. 2014), abre un gran camino y muy poco recorrido sobre el estudio de indicadores tradicionales, en el que se debe resaltar el rescate del conocimiento ancestral para incorporarse a las nuevas técnicas de producción agrícola sustentable (Miranda-Trejo et al. 2009).

CONCLUSIÓN

La información recopilada permitió conocer los distintos usos de las fases de la luna en las actividades agropecuarias en distintas comunidades rurales de Campeche, así mismo se obtuvo una base de datos para iniciar un listado sistematizado y de fácil comprensión acerca de este conocimiento tradicional. Este tipo de estudios permite generar información valiosa acerca de la importancia de la preservación de los saberes ancestrales como parte de las nuevas estrategias de producción en la agricultura.

REFERENCIAS

Altieri Soto, M. A., & Nicholls, C. I. (2000). Agroecología: teoría y práctica para una agricultura sustentable. Serie Textos Básicos para la Formación Ambiental. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. México, D. F.

Altieri, M. A., & Toledo, V. M. (2011). La revolución agroecológica en Latinoamérica. Sociedad Latinoamericana de Agroecología.

De la Cruz, R., Muyuy Jacanamejoy, G., Viteri Gualinga, A., Flores, G., Humpire, J. G., Mirabal Díaz, J. G., & Guimaraez, R. (2005). Elementos para la protección sui generis de los conocimientos tradicionales colectivos e integrales desde la perspectiva indígena.

Díaz-Chuquizuta, P., Hidalgo Meléndez, E., Cabrejo Sánchez, C., & Valdés Rodríguez, O. A. (2023). ¿La luna influye en el rendimiento del maíz amarillo duro? Hallazgos del trópico seco. Universidad Autónoma de Yucatán, 26(2).

Gonzáles-Jácome, A. (2007). Introducción general. En Los nuevos caminos de la agricultura: procesos de conversión y perspectivas (pp. 15-38). México: Universidad Iberoamericana, Plaza y Valdés Editores.

González-Jácome, A. (2003). Cultura y agricultura. Transformaciones en el agro mexicano. México: Universidad Iberoamericana. 30p.

Granda, Y., Castañeda, R., Mendoza, O., Pérez, L., Agüero, D., Colmenárez, A., & Aguilar, L. (2016). Fases lunares y uso en agricultura campesina, estado Lara

Inglehart, R., & Carballo, M. (2008). ¿Existe Latinoamérica?: Un análisis global de diferencias transculturales. Perfiles Latinoamericanos, 16(31), 13-38.

Jiménez-Sierra, C. L., Sosa-Ramírez, J., Cortés-Calva, P., Solís-Cámara, A. B., Iñiguez-Davalos, L. I., & Ortega-Rubio, A. (2014). México país megadiverso y la relevancia de las áreas naturales protegidas. Investigación y Ciencia, 22(60), 16-22.

Mariaca-Méndez, R. (2003). Prácticas, decisiones y creencias agrícolas mágico-religiosas presentes en el sureste de México. Etnobiología, 3(1), 66-78.

Millwood, J., & Heath, M. R. (2000). Food choice by older people: the use of semi-structured interviews with open and closed questions. Gerodontology, 17(1), 25-32.

Miranda-Trejo, J., Herrera-Cabrera, B. E., Paredes-Sánchez, J. A., & Delgado-Alvarado, A. (2009). Conocimiento tradicional sobre predictores climáticos en la agricultura de los llanos de Serdán, Puebla, México. Tropical and Subtropical Agroecosystems, 10(2), 151-160.

Pérez-Sánchez, J. M., Velasco-Orozco, J. J., & Montes-Reyes, R. (2014). Estudios sobre agricultura y conocimiento tradicional en México. Repositorio Institucional de la Universidad Autónoma del Estado de México, 144-156.

Rivera, J. (2005). La Luna, “El sol nocturno en los trópicos y su influencia en la agricultura".

Robinson, O. C. (2014). Sampling in interview-based qualitative research: A theoretical and practical guide. Qualitative research in psychology, 11(1), 25-41.

Sánchez, J. M. (2011). La Luna, mitología y ciencia. En Historia y ciencia: conmemoración de los 40 años de la llegada del hombre a la luna (pp. 119-132). Observatorio Astronómico de Mallorca.

Sima-Te, M. J., & González-Valdivia, N. A. (2023). Conocimiento sobre indicadores biológicos: fitoindicadores y zooindicadores en tres comunidades rurales de Campeche, México. En J. I. Vera López (Coord.), Colección: Nuevas Territorialidades, Gestión de los Territorios con Inclusión, Innovación Social y Sostenibilidad, Vol. III: Migración, Mercados de Trabajo y Educación (pp. 281-296). Ciudad Universitaria: Universidad Nacional Autónoma de México.

Tapia-Barrera, M. R. (2014). Prácticas y saberes ancestrales de los agricultores de San Joaquín. Universidad Politécnica Salesiana Unidad de Posgrado de Ecuador.

Torres, A. (2012). Influencia de la luna en la agricultura. Universidad de Cuenca, Facultad de Ciencias Agropecuarias.

Uribe-Pérez, M. (2019). Saberes ancestrales y tradicionales vinculados a la práctica pedagógica desde un enfoque intercultural: un estudio realizado con profesores de ciencias en formación inicial. Educación y Ciudad, 2(37), 57-71.

Vásquez-Cabrera, A. D., Narváez Gago, J. M., & Calero-Borge, W. A. (2014). Los efectos de la luna en la producción agropecuaria. Revista Universitaria del Caribe, 13(2), 21-25.

Zárate-Pérez, A. (2014). Interculturalidad y decolonialidad. Tabula Rasa, 20, 91-107.

Producción y Protección Vegetal y Animal

Actividad antifúngica de extracto de *Decatropis bicolor* y Lactobacilos en el crecimiento de dos patógenos de importancia en poscosecha

Nadia Landero-Valenzuela[1], Brenda Moreno-Lara[2], Brenda Ponce-Lira[2], Petra Andrade-Hoyos[3], Luis Alfonso Aguilar-Pérez[1]

[1]Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Departamento de Horticultura, Saltillo, Coahuila, México. [2]Universidad Politécnica de Francisco I. Madero, Departamento de Agrotecnología, Hidalgo, México. [3]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Zacatepec, Morelos, México. *Autor para correspondencia: petra.andrade.hoyos@gmail.com

Recibido: 25/10/24; Aceptado: 02/12/24; Publicado en línea: 20/12/24

RESUMEN

El objetivo de este estudio es evaluar la actividad antifúngica del extracto metanólico de Aranto (*Decatropis bicolor*) y Lactobacilos (*Lactobacillus* spp) sobre los hongos fitopatógenos *Alternaria* spp y *Penicillium expansum* causantes de enfermedades en Tomate (*Solanum lycopersicum*), y Manzana (*Malus domestica*). El estudio se desarrolló en la Universidad Politécnica de Francisco I. Madero en el laboratorio de fitopatología del departamento de Agrotecnología. En la investigación se evaluó el extracto metanólico de Aranto en concentraciones al 3%, 6% y 9% y lactobacilos en concentraciones de 5 g/L, 7.5 g/L y 10 g/L. Se llevó a cabo un bioensayo in vitro, se preparó medio de cultivo (PDA) difundiendo el extracto metanólico y se evaluaron las variables de crecimiento micelial y esporulación. Para evaluar los lactobacilos se hizo un medio de cultivo (PDA) y se empaparon unos discos de papel filtro en una suspensión según las concentraciones predeterminadas y se evaluó la variable de área que ocupaba el hongo en la caja de Petri. Los mejores resultados se obtuvieron en el bioensayo *in vitro* con el extracto de Aranto a una concentración de 9%, ambos hongos fueron controlados de forma similar, aunque *Penicillium* spp también fue controlado al 100% desde la concentración 6%. Con la especie *Lactobacillus* spp los mejores resultados fueron con las concentraciones de 5 y 7.5 g/L sobre *Peniccillium* spp. con una inhibición de más del 50% comparado con el testigo absoluto. Este estudio es pionero en evaluar en la agricultura el efecto antifúngico del extracto metanólico de *Decatropis bicolor* y el efecto de los *Lactobacillus* spp, ya que solo hay estudios que evalúan efectos en la salud y dietas en humanos y animales.

Palabras clave: Fitopatógenos, Alternativas a Pesticidas, Sanidad de Frutos

ABSTRACT

The objective of this study is to assess the antifungal activity of the extract of Aranto (*Decatropis bicolor*) and Lactobacillus (*Lactobacillus* spp) on the fungal pathogens *Alternaria* spp and *Penicillium expansum* causing disease in tomato (*Solanum lycopersicum*), and Apple (*Malus domestica*). The study was conducted at the Polytechnic University of Francisco I Madero in the laboratory of plant pathology. In the research evaluated the metanólico Aranto in concentrations at 3%, 6% and 9% and lactobacillus at concentrations of 5 g/L, 7.5 g/L and 10 g/L. The tests were of in vitro bioassay and *in situ*. In the case of in vitro, culture medium (ADP) was prepared by diffusing the methanolic extract and the variables of mycelial growth and sporulation were evaluated. To evaluate the lactobacilli, a culture medium (PDA) was made and filter paper discs were soaked in a suspension according to predetermined concentrations and the area variable occupied by the fungus in the Petri dish was evaluated. The best results were obtained in the *in vitro* bioassay with the Aranto extract at a concentration of 9%, both fungi were controlled in a similar way, although *Penicillium* spp was also controlled at 100% from the 6% concentration. With the *Lactobacillus* spp species, the best results were with concentrations of 5 and 7.5 g/L on *Penicillium* spp. with an inhibition of more than 50% compared to the absolute control. This study is a pioneer in evaluating the antifungal effect of the methanolic extract of *Decatropis bicolor* and the effect of *Lactobacillus* spp in agriculture, since there are only studies that evaluate effects on health and diets in humans and animals.

Key words: Phytopathogens, alternatives to pesticides, fruit health.

INTRODUCCIÓN

Las enfermedades postcosecha pueden ocasionar elevadas pérdidas económicas, debido al desecho de frutos que no llegan a su mercado final. En países desarrollados se estima que hasta un 25% de los frutos pueden ser afectados por patógenos, mientras que en países en vías de desarrollo el porcentaje de pérdidas se duplica (Sharma et al. 2009). En el caso del tomate una de las principales enfermedades que causan perdidas en pre y postcosecha es *Alternaria* spp (Rivero et al. 2013). *Penicillium expansum* es uno de los hongos postcosecha que más afecta, ya provoca pérdidas económicas significativas al fruto de manzana (Leoni & Mondino, 2003).

Hasta el momento, los métodos de control más usados contra hongos causantes de infecciones postcosecha continúan siendo los fungicidas. La utilización masiva, continuada y en algunos casos poco controlada de los fungicidas, ha generado una serie de problemas como son la proliferación de cepas resistentes a estos fungicidas y el incremento de residuos de frutos con el consecuente incremento de los riesgos de salud humana y para el medio ambiente (Vilanova, 2014). La realidad actual es que necesitamos utilizar productos cada vez menos tóxicos y un medio ambiente menos contaminado, pero sin renunciar a obtener frutos de calidad, con un buen aspecto físico y un estado sanitario adecuado. Todo esto ha propiciado la búsqueda de métodos alternativos a los productos químicos de síntesis que, por sí solos o en combinación, garanticen una eficiencia similar o superior a los fungicidas sintéticos, sin problemas que estos generan, sin afectar negativamente a la calidad del fruto y tenga un costo accesible (Thangavelu et al. 2024).

Los productos naturales gozan de amplia aceptación y reemplazan a los productos sintéticos o materiales generados de forma artificial, por ello se ha creado un interés en la investigación de uso de aceites esenciales, extractos de plantas, bacterias, entre otros organismos. Varios grupos de investigadores han estudiado la actividad antifúngica de estos microorganismos y organismos, para tener alternativas más amigables con el ambiente y la salud humana (Martínez & Ponce, 2015). Si se considera que la mayoría de los compuestos obtenidos de las plantas son biodegradables e inocuos, y que en México se encuentra aproximadamente 10 % de las especies de las plantas superiores del mundo y más del 50 % de ellas son endémicas (CONABIO, 2016), resulta conveniente explorar el potencial de empleo de sus extractos vegetales.

Existen reportes de la evaluación de diversos extractos vegetales con actividad sobre algunos microorganismos fitopatógenos. Este es el caso del Aranto (*Decatropis bicolor*) especie que se encuentra distribuida en bosques mesófilos y tropicales perennifolios de México y Centroamérica. En México se encuentra distribuido en los estados de Chiapas, Coahuila, Guanajuato, Hidalgo, Nuevo León, Querétaro, San Luis Potosí, Tamaulipas y Veracruz (Estanislao et al. 2016). Es un árbol silvestre que crece libremente en los campos, pero muchas personas dedicadas a tratar enfermedades aducen tener propiedades anticancerígenas (Bermúdez et al. 2005) debido a que esta planta posee metabolitos secundarios con actividad antioxidante (Liu, 2004). Por ello es posible que presente potencial antifúngico, inhibiendo el desarrollo de diversos patógenos incluidos microorganismos que causan pérdidas económicas en la agricultura. Los lactobacilos han sido estudiados por su efecto en la salud humana y de otros animales, esto se debe a la producción de metabolitos secundarios para controlar otros microorganismos, por su rápido crecimiento y lucha por alimentos (García, 2018). Por lo anterior el objetivo del presente estudio es evaluar la actividad antifúngica in vitro e *in situ* de un extracto metanólico de *Decatropis bicolor* y *Lactobacillus* spp en el desarrollo de hongos postcosecha.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la Universidad Politécnica de Francisco I. Madero. Se encuentra ubicada en el municipio de Tepatepec, Hidalgo, que se localiza al centro norte del Estado de Hidalgo, entre los

paralelos 20°14’44” de latitud norte, a los 99°05’16” de longitud este, con una altitud de 1977 metros sobre el nivel del mar.

El experimento se realizó bajo un diseño completamente al azar, para el cual se consideraron doce tratamientos sobre dos hongos fitopatógenos, considerando como unidad experimental en el bioensayo *in vitro* una caja de Petri y cuatro repeticiones (Cuadro 1).

Cuadro 1. Tratamientos y repeticiones para establecimiento del experimento in vitro

Tratamiento *in vitro*	**Hongo fitopatógeno**	**Repeticiones**
Extracto de *D. bicolor* al 9%	*Alternaria* spp	4
Extracto de *D. bicolor* al 6%	*Alternaria* spp	4
Extracto de *D. bicolor* al 3%	*Alternaria* spp	4
Testigo negativo	*Alternaria* spp	4
Extracto de *D. bicolor* al 9%	*Penicillium expansum*	4
Extracto de *D. bicolor* al 6%	*Penicillium expansum*	4
Extracto de *D. bicolor* al 3%	*Penicillium expansum*	4
Testigo negativo	*Penicillium expansum*	4
Lactobacillus spp a 10 g/L	*Penicillium expansum*	4
Lactobacillus spp a 7.5 g/L	*Penicillium expansum*	4
Lactobacillus spp a 5 g/L	*Penicillium expansum*	4
Testigo negativo	*Penicillium expansum*	4

Se colectaron hojas de *D. bicolor* en la Localidad Mendoza, Municipio de Francisco I. Madero, Hidalgo, de la parte media el arbusto, en el mes de septiembre.

Microorganismos. Los hongos *B. cinerea*, *Penicillium* spp y *Alternaria* spp originalmente fueron aislados de frutos de fresa, manzana y tomate, respectivamente, con síntomas característicos de la enfermedad. Se cortaron secciones de los frutos, los cortes tuvieron una medida aproximada de 5x5 mm, con 20% de tejido infectado y 80% de tejido sano los cuales fueron depositados en cajas de Petri con medio Agar Papa Dextrosa (PDA) (39 g/L) y se ingresaron a una incubadora a una temperatura de 28°C durante 10 días. Una parte del micelio axénico fue trasferida a otra caja de Petri con PDA para purificar las cepas. Un producto a base de lactobacilos (*Lactobacillus ramnosus*, *Lactobacillus farsiminus*, *Lactobacillus acidofillus* y *Lactobacillus salivarium*) en presentación de polvo fue proporcionado por la empresa Sorbilyo, de un consorcio francés denominado Grupo Vallé. Estos se encontraban en un frasco sellado, con fecha de caducidad vigente.

Bioensayo *in vitro.* Para la preparación del extracto se pusieron a secar hojas de Aranto (*Decatropis Bicolor*) a 48 °C por 8 días, posteriormente se licuó en un procesador de alimentos. Se pesaron 125 g de la planta y se vertió en 300 mL de metanol. La mezcla se dejó reposar en un lugar obscuro a temperatura ambiente por 72 horas. Lo anterior fue filtrado para eliminar los residuos sólidos. El extracto obtenido se almacenó en un recipiente de vidrio totalmente sellado para evitar el contacto con la luz, dejando en refrigeración hasta su uso en los bioensayos. El extracto se difundió en medio de cultivo PDA en cajas de Petri. Una porción de patógeno fue depositada al centro de las placas, las cuales se ingresaron a una incubadora a una temperatura de 28°C hasta que el experimentó finalizó (cuando el tratamiento control cubrió la caja con micelio). Las variables evaluadas para este bioensayo fueron el crecimiento micelial y la esporulación. El primero se midió cada 24 horas, empleando un vernier digital. La esporulación se evaluó a los 12 días cuando se logró su máxima esporulación, empleando una cámara Neubauer.

Para la evaluación de los lactobacilos a cada caja de Petri se le dispersaron 20 µl de una suspensión de espora de 16 esporas por mL previamente preparada con cámara Neubauer. Los discos de filtro se empaparon en una concentración de lactobacilos (5, 7.5 y 10 gr/L), según el tratamiento a aplicar se sumergían los discos por aproximadamente 1 minuto. Posteriormente se colocaban 3 discos

empapados con lactobacilos por caja de Petri con la suspensión de esporas del patógeno correspondiente. Las cajas se incubaron a una temperatura de 28°C por 10 días. Para este experimento se tomaron imágenes en presencia de discos del lactobacilo, se analizaron con el programa "Adobe Photoshop CS5" (64 Bit).

Análisis estadístico. Los datos se sometieron a pruebas de normalidad para posteriormente realizar análisis de varianza (ANOVA) y a continuación, la comparación de medias mediante la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). Las estadísticas se realizaron con el software R 3.6.1 (R Core Team, 2019).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Bioensayo: *Decatropis bicolor* en el desarrollo de hongos patógenos.

Crecimiento micelial. En la Figura 1 se observan diferencias estadísticas significativas entre tratamientos y a través del tiempo, el testigo siempre se mostró como el de mayor crecimiento, a excepción del primer día, cuando su desarrollo fue similar al del tratamiento con una concentración del 3%. Hasta el cuarto día no se observó crecimiento micelial de *Alternaria* spp. bajo concentraciones de 6 y 9%, solo hasta el quinto día inició el crecimiento de este patógeno a una concentración de 6%. Lo anterior indica que el crecimiento del hongo es inversamente proporcional a la concentración de *Alternaria* spp. Estos resultados demuestran que los compuestos que están presentes en el extracto metanólico de *D. bicolor* tienen un efecto antifúngico sobre el hongo Alternaria spp. Este efecto de inhibición del crecimiento de patógenos postcosecha fue observado por Peralta et al. (2020) con ruda (*Ruta graveolens*) sobre *Colletotrichum gloesporiodes* aislado de frutos de papayo. Encontraron que hubo un desarrollo del patógeno inversamente proporcional a las concentraciones de ruda, similar a lo obtenido en el presente trabajo.

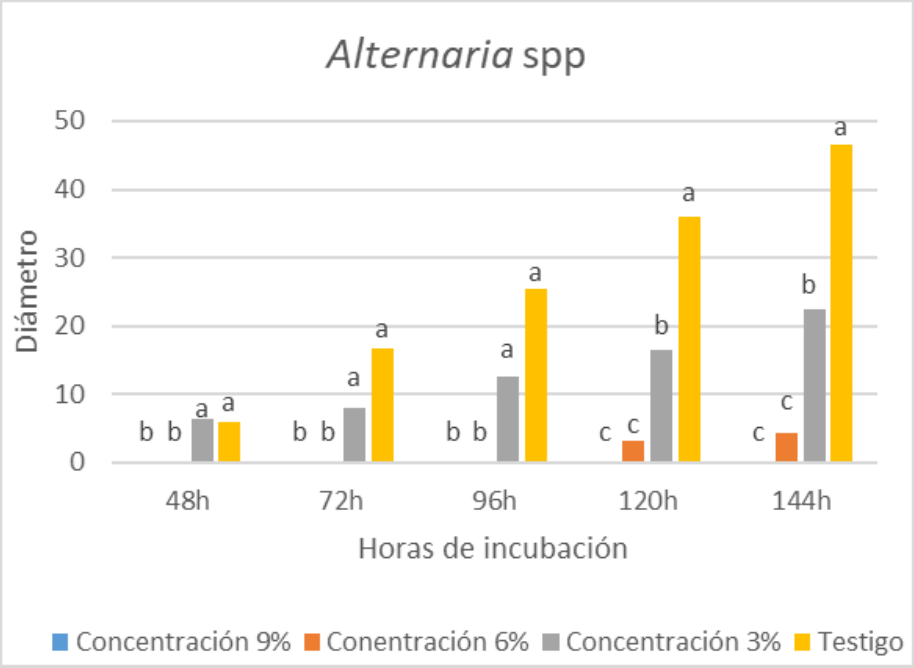


Figura 1. Medias de crecimiento micelial de *Alternaria* spp. bajo diferentes concentraciones a base de *Decatropis bicolor*.

En cuanto a *Penicillium expansum* se encontró un desarrollo similar al de *Alternaria* spp bajo los mismos tratamientos (Figura 2), un crecimiento inversamente proporcional a la concentración de *D. bicolor*, aunque a diferencia de *Alternaria*, *Penicillium* no mostró crecimiento a concentraciones de

6 y 9%, esto indica que *Penicillium* es más sensible a los compuestos químicos sintetizados por *R. graveolens*. Haddouchi et al. (2013) en un estudio realizado encontraron que hubo diferentes efectos de *R. graveolens* sobre el crecimiento de doce patógenos diferentes, lo que indica diferentes grados de sensibilidad a sus compuestos.

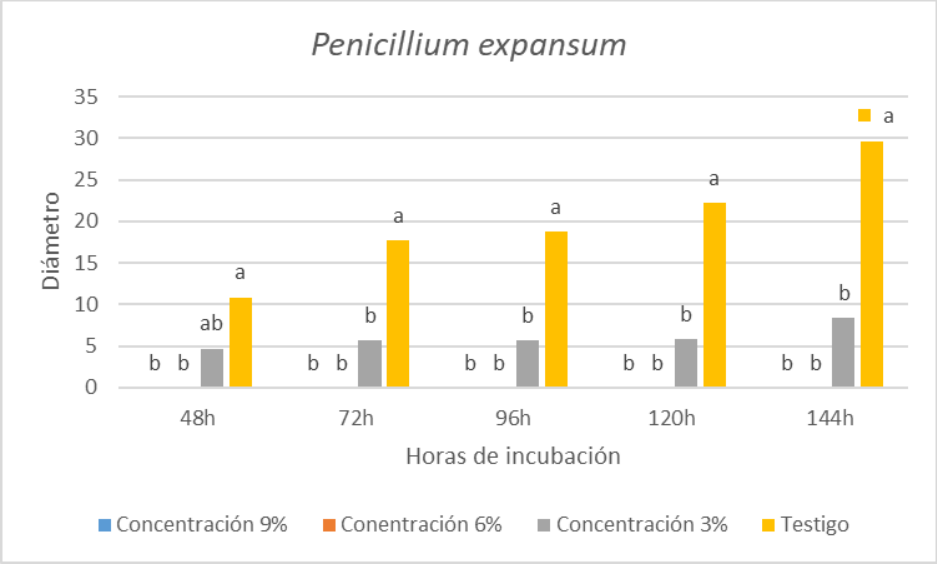


Figura 2. Comparación de medias del crecimiento micelial de *Penicillium expansum* bajo diferentes tratamientos a base de *Decatropis bicolor*.

Esporulación. La formación de esporas mostró diferencias estadísticas significativas con respecto al testigo (Cuadro 2), en *Alternaria* no se observaron esporas bajo ninguno de los diferentes tratamientos, mientras que en *Penicillium* se presentaron esporas con el tratamiento de 3% de concentración. En cuanto a los testigos, en ambos se cuantificaron esporas, aunque el mayor valor se obtuvo en *Penicillium*, esto sucede de forma natural en el género (SCAICPIA, 2022).

Cuadro 2. Comparación de medias de la concentración de esporas de *Alternaria* spp. y *Penicillium expansum* bajo diferentes tratamientos a base de *Decatropis bicolor*.

Esporas/mL		
Tratamiento	***Alternaria* spp.**	***Penicillium expansum***
D9%	0b	0b
D6%	0b	0b
D3%	0b	$6.25x10^4$b
Testigo	$1.75x10^4$a	$3.45x10^5$a

Letras diferentes en la misma columna en cada factor indican diferencia, Tukey HSD p≤0,05 D9% = Tratamiento de D. bicolor al 9%, D6% = Tratamiento de D. bicolor al 6%, D3% = Tratamiento de D. bicolor al 6%.

La formación de esporas mostró diferencias estadísticas significativas con respecto al testigo, en *Alternaria* no se observaron esporas bajo ninguno de los diferentes tratamientos, mientras que en *Penicillium* se presentaron esporas con el tratamiento de 3% de concentración. En cuanto a los testigos, en ambos se cuantificaron esporas, aunque el mayor valor se obtuvo en *Penicillium*, esto sucede de forma natural en el género (SCAICPIA, 2022).

Desarrollo de *Penicillium expansum* en presencia de *Lactobacillus.* Este tratamiento solamente se aplicó sobre *Penicillium expansum* porque se pudo realizar la suspensión de esporas, con *Alternaria* spp no se realizó porque no se formaron suficientes esporas para llevar a cabo la concentración que se requería. Los mejores resultados se obtuvieron de las concentraciones de 7.5 g/L y 5 g/L de

lactobacilos, comparados con el testigo. Estos resultados arrojados nos demuestran que los lactobacilos tienen efectos antifúngicos en el hongo de *Penicillium expansum*. El tratamiento con la máxima concentración mostró diferencias con los otros dos tratamientos a base de los microorganismos, así como con el testigo, siendo este último con el que se mostró el mayor desarrollo de *Penicillium*. Subramaniyan et al. (2024) encontraron resultados similares, cuando probaron el efecto de *Lactobacillus probarum* y *L. delbrueckii* sobre diversos patógenos postcosecha de higo, encontrando hasta un 100% de inhibición del crecimiento, específicamente de *Lasiodiplodia theobromae* (Cuadro 3).

Cuadro 3. Comparación de medias del crecimiento del hongo *Penicillium expansum* en caja de Petri.

Presencia del hongo (%)	
Tratamiento	***Penicillium expansum***
L10	69.80 b
L7.5	40.90 c
L5	41.93 c
Testigo	93.56 a

Letras diferentes en la misma columna en cada factor indican diferencias. Tukey HSD p≤0,05 L10 = Tratamiento de Lactobacilos con una concentración de 10g/L, L7.5 = Tratamiento de Lactobacilos con una concentración de 7.5g/L, L5= Tratamiento de Lactobacilos con una concentración de 5g/L.

CONCLUSIÓN

El extracto metanólico de *Decatropis bicolor* muestra un efecto inhibitorio en el crecimiento micelial de *Alternaria* spp., ya que se observó un crecimiento inversamente proporcional a las concentraciones de extracto. Similar a *Alternaria* spp., el crecimiento micelial de *Penicillium expansum* también mostró una relación inversa con la concentración de *D. bicolor*. Sin embargo, *Penicillium* fue más sensible que *Alternaria*, ya que no mostró crecimiento en concentraciones de 6% y 9%. Este hallazgo sugiere que *Penicillium* es más vulnerable a los compuestos químicos presentes en *D. bicolor*. En cuanto a la esporulación, se observó que *Alternaria* spp. no produjo esporas en ninguno de los tratamientos con *D. bicolor*, mientras que *P. expansum* presentó esporas en el tratamiento con 3% de concentración. Esto indica que, aunque el extracto inhibe el crecimiento micelial, no necesariamente afecta la capacidad de esporulación de todos los hongos de la misma manera, lo que sugiere una variabilidad en la respuesta de los patógenos a las concentraciones de *D. bicolor*. El tratamiento con *Lactobacillus* mostró un efecto antifúngico notable sobre *P. expansum*, especialmente en las concentraciones más altas de *Lactobacillus* (7.5 g/L y 10 g/L), lo que resultó en una mayor inhibición del crecimiento en comparación con el testigo.

REFERENCIAS

Bermúdez, A., Oliveira-Miranda, M. A., & Velázquez, D. (2005). La investigación etnobotánica sobre plantas medicinales: una revisión de sus objetivos y enfoques actuales. *Interciencia, 30*(8), 453–459.

CONABIO. (2016). Especies, México. Recuperado de http://bios.conabio.gob.mx/especies/6035108

Estanislao-Gómez, C. C., Aquino-Carreño, A., Pérez-Ishiwara, D. G., San Martín-Martínez, E., Morales-López, J., Pérez-Hernández, N., & Gómez-García, M. C. (2016). *Decatropis bicolor (Zucc.) Radlk* essential oil induces apoptosis of the MDA-MB-231 breast cancer cell line. *BMC Complementary and Alternative Medicine, 16*(1), 1–11.

García, T. R. (2018). Mecanismos de acción de microorganismos marinos y el inductor de resistencia Ulvan para el control de *Fusarium proliferatum* en frutos de *Cucumis melo* L. var. Reticulatus (Tesis de Maestría).

Haddouchi, F., Chaouche, T. M., Zaouali, Y., Ksouri, R., Attou, A., & Benmansour, A. (2013). Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oils from four *Ruta* species growing in Algeria. *Food Chemistry, 141*(1), 253–258.

Leoni, C., & Mondino, P. (2003). *Enfermedades de poscosecha en frutales de hoja caduca, uva de mesa y citrus*. Seminario/Taller: Actualización técnica en fisiología y manejo postcosecha de frutas y hortalizas. Canelones: INIA (Uruguay).

Liu, R. H. (2004). Potential synergy of phytochemicals in cancer prevention: Mechanism of action. *The Journal of Nutrition, 134*(12), 3479S–3485S.

Martínez M. L., & Ponce Lay, M. (2015). Uso y evaluación de dos aceites esenciales (canela y clavo de olor) para control de las pudriciones fungosas y determinación de la vida útil mediante películas protectoras comestibles en papaya (Carica papaya Cv. Hawaiana) (Tesis de licenciatura). Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador.

Peralta-Ruiz, Y., Tovar, C. G., Sinning-Mangonez, A., Bermont, D., Cordero, A. P., Paparella, A., & Chaves-López, C. (2020). *Colletotrichum gloesporioides* inhibition using chitosan-*Ruta graveolens L.* essential oil coatings: Studies *in vitro* and *in situ* on *Carica papaya* fruit. *International Journal of Food Microbiology, 326,* 108649.

Rivero, M., Quiroga, M., González, O., & Moraga, L. (2013). *Postcosecha de tomate: Control de calidad*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

SCAICPIA. (2022). *Ficha botánica Esporas de hongos*. Sociedad Catalana de Alergia e Inmunología Clínica. Punto de información aerobiológica. Universidad Autónoma de Barcelona.

Sharma, R. R., Singh, D., & Singh, R. (2009). Biological control of postharvest diseases of fruits and vegetables by microbial antagonists: A review. *Biological Control, 50*(3), 205–221.

Subramaniyan, V., Sellamuthu, P. S., & Sadiku, E. R. (2024). Evaluation of the antifungal activity of cell-free supernatant of *Lactobacillus* species against the fig (*Ficus carica. L*) postharvest fungal pathogens through *in-vitro* and *in-silico* analysis. *Scientia Horticulturae, 331,* 113182.

Thangavelu, R., Kumar, P. S., Shuprajhaa, T., Varun, G., & Selvarajan, R. (2024). Influence of native biocontrol agents and newer molecules on controlling postharvest diseases, improving quality, and extending the shelf-life of banana cv. Grand Nain (AAA). *Scientia Horticulturae, 334,* 113292.

Vilanova T. L. (2014). Interacción fruta-patógeno: Factores de virulencia de Penicillium spp. y mecanismos de defensa de naranjas y manzanas (Tesis doctoral). TDX (Tesis Doctorals En Xarxa).

Adaptabilidad de cuatro especies de pitahaya a las condiciones del clima y edafológicas en un leptosol en Chiná, Campeche, México

Luis Fernando Chi-Yeh1, Noel Antonio Valdivia-Gonzalez1*, Pedro Salvador-Morales1

[1]Instituto Tecnológico Nacional de México, Tecnológico de Chiná, Chiná, Campeche, México.
*Autor para correspondencia: noel.gv@china.tecnm.mx

Recibido: 29/10/24; Aceptado: 02/12/24; Publicado en línea: 20/12/24

RESUMEN

La pitahaya es una planta de porte rastrero resistente a las sequias perteneciente a la familia de las cactáceas, cuenta con características adecuadas para el establecimiento de nuevas estrategias de producción agrícola con enfoques agroecológicos con la finalidad de garantizar la seguridad alimentaria, conservación del ecosistema y el medio ambiente. El presente proyecto generó información sobre la respuesta adaptativa y el crecimiento vegetativo de cuatro especies de pitahaya (*Hylocereus* spp.,) cultivada bajo un sistema de tutorado vivo con postes de chaká (*Bursera simaruba*) bajo las condiciones edafoclimáticas en Chiná, Campeche, México. La parcela experimental ocupó un área experimental de 262 m2 de superficie, en las cuales se establecieron 75 tutores de chacá (*Bursera simaruba*) consistiendo en postes en un promedio aproximado de 12.5 ± 2.2 cm de diámetro y una longitud de 1.81 ± 0.08 m plantados a una profundidad de 40 cm. Se designaron 4 tratamientos con 4 repeticiones en un diseño unifactorial en bloques al azar. Las unidades experimentales fueron 6 plantas de cada especie de pitahaya (*H. undatus*, *H. ocamponis*, *H. megalanthus* y *H. polyrhizus*), plantadas en los correspondientes tutores dentro de un bloque. Las variables consistieron en medir la mortalidad y supervivencia de los tutores de chaca y de los esquejes de pitahayas. El crecimiento y longitud de diámetros de esquejes en un periodo de 6 meses.

Palabras clave: Adaptación, esquejes, rastrero, mortalidad.

ABSTRACT

The pitahaya is a drought-resistant, creeping plant belonging to the *Cactaceae* family. It has suitable characteristics for the establishment of new agricultural production strategies with agroecological approaches in order to guarantee food security, conservation of the ecosystem and the environment. environment. The present project generated information on the adaptive response and vegetative growth of four species of pitahaya (*Hylocereus* spp.,) grown under a live staking system with chaká poles (*Bursera simaruba*) under edaphoclimatic conditions in Chiná, Campeche, Mexico. The experimental plot occupied an experimental area of 262 m^2 surface, in which 75 stakes of chacá (*Bursera simaruba*) were established, consisting of posts with an approximate average of 12.5 ± 2.2 cm in diameter and a length of 1.81 ± 0.08 m planted at a depth of 40 cm. 4 treatments with 4 repetitions were designated in a unifactorial design in randomized blocks. The experimental units were 6 plants of each pitahaya species (*H. undatus*, *H. ocamponis*, *H. megalanthus* and *H. polyrhizus*), planted in the corresponding stakes within a block. The variables consisted of measuring the mortality and survival of the chaká stakes and the pitahaya cuttings. The growth and length of diameters of cuttings in a period of 6 months.

Key words: Adaptation, cuttings, creeping, mortality.

INTRODUCCIÓN

La pitahaya es una fruta exótica y con aspectos llamativos lo que la convierte una fruta apreciada en el mercado europeo y asiático. Por tales razones, varios países, incluido México, se han interesado por cultivar esta especie (Raveh et al. 1993). El cultivo de la pitahaya en los últimos años se ha estado fomentando significativamente en el estado de Campeche por las autoridades del sector agropecuario, con el objetivo de incrementar las exportaciones a través de la diversificación de especies.

Esta planta está clasificada dentro de la familia Cactaceae, tribu Hylocereae. Dentro de la tribu Hylocereae se encuentran el género: *Hylocereus* (Bauer, 2003). Las plantas del género *Hylocereus* se caracterizan por sus tallos elongados con tres aristas (Nerd & Mizrahi, 2010). El género *Hylocereus*, es originario de América central y el Caribe, cuenta con 16 especies reconocidas y es conocido como el cactus trepador de mayor distribución a nivel mundial (Cisneros & Tel-Zur, 2013), dentro de estas especies se encuentra *Hylocereus megalanthus* (pitahaya), denominada anteriormente como *Selenicereus megalanthus*.

Los cactus trepadores del género *Hylocereus* son nativos de las regiones tropicales de América del Norte, Central y América del Sur y se conocen en América Latina con el nombre común de pitahaya o pitaya (Esquivel, 2004). Algunas especies dentro del género de *Hylocereus* han alcanzado importancia económica a nivel mundial. *H. undatus* (con cáscara roja y pulpa blanca) ha sido ampliamente cultivada, mientras que otras especies, como *H. polyrhizus* (Weber) Britton & Rose (con cáscara roja y pulpa de color rojo violeta) e *H. costaricensis* (Weber) Britton & Rose (con cáscara roja y pulpa de color rojo) se cultivan en menor escala (Mizrahi & Nerd, 1999). En los últimos años el cultivo de pitahaya se ha vuelto tendencia y un cultivo de gran inversión en el estado de Campeche donde las condiciones edafoclimáticas y la falta de agua son limitantes para que los pequeños productores puedan hacer productivas sus pequeñas parcelas con cultivos básicos como el maíz, frijol, calabaza chihua.

Se optó por implementar el uso de sistemas agroforestales como alternativa de producción debido al bajo nivel de fertilidad de sus terrenos. La pitahaya (*Hylocereus* spp), es una planta con potencial de adaptación a las difíciles condiciones ecológicas que prevalecen en esas zonas marginales; por su deliciosa fruta, tiene una creciente demanda, y por sus elevados precios en los mercados nacional e internacional, es un producto de alta rentabilidad (Ruiz & Treja, 2005).

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio. El estudio se desarrolló en la unidad de producción Rancho Xamantún del Instituto Tecnológico de Chiná, en Chiná, Campeche (19°42’ N y 90°25’O y 44 m de altitud). En donde predomina, el clima cálido subhúmedo con lluvias en verano (INIFAP, 2017).

Diseño de muestreo. Se establecieron los esquejes a pie del tutor vivo (*Bursera simaruba*) con un diseño en la parcela experimental de 1.5 entre tutores y 3.5 m de calle. En los cuales se designaron 4 tratamientos con cuatro repeticiones en un diseño unifactorial en bloques al azar. Las unidades experimentales fueron 6 plantas de cada especie de pitahaya (*H. undatus*, *H. ocamponis*, *H. megalanthus* y *H, polyrhizus*), plantadas en los correspondientes tutores dentro de un bloque.

Manejo y análisis de datos. Para generar la base de datos fue necesario realizar mediciones cada 15 días. Para tener una base confiable en cuanto a los datos recolectados, fue necesario llevar a cabo al menos 12 mediciones. Esta medición, se realizó con la ayuda de una cinta métrica donde se midió el crecimiento longitudinal y diámetro de cada planta durante un periodo de 6 meses. En ese mismo lapso de tiempo se monitoreo la supervivencia y mortalidad de los esquejes y tutores de chaká (*Bursera simaruba*). Los datos recabados se vaciaron en una base de datos en Excel con el formato previamente diseñado para obtener las diferencias entre promedios por tratamiento con respecto al crecimiento vegetativo, supervivencia y mortalidad de las especies de pitahaya.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Mortalidad, supervivencia y crecimiento de pitahaya *(Hylocereus* spp*).* Las variables medidas permitieron determinar la mortalidad y supervivencia de los esquejes de pitahaya (Figura 1). Recomendado en general para cultivo en agronomía. El resultado del crecimiento longitudinal de la pitahaya no tiene diferencias significativas (Figura 2).

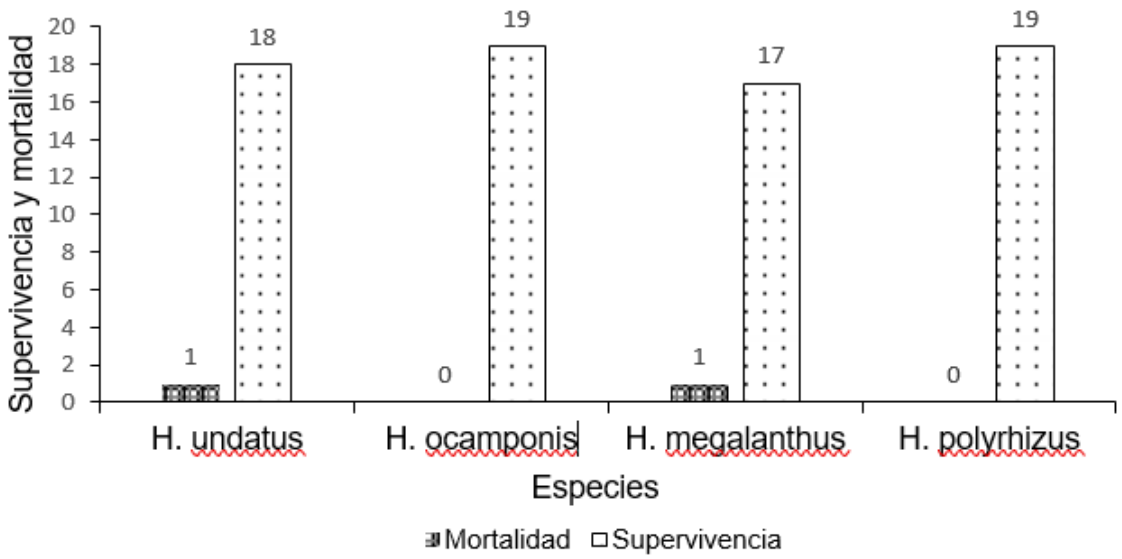


Figura 1. Mortalidad y supervivencia de esquejes de pitahaya establecidos en el Banco de Germoplasma de trabajo en Rancho Xamantún, Instituto Tecnológico de Chiná, Chiná, Campeche, México.

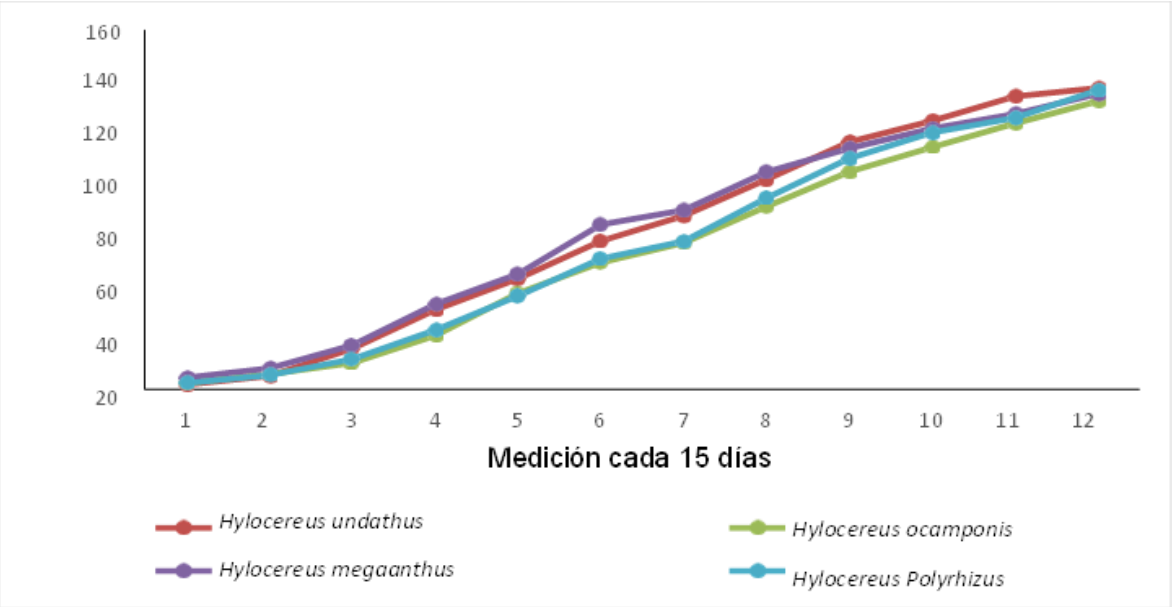


Figura 2. Crecimiento longitudinal de esquejes de pitahaya establecidos en el Banco de Germoplasma de trabajo en Rancho Xamantún, Instituto Tecnológico de Chiná, Chiná, Campeche, México.

Caracterización en postes de chaká. Los tutores de *Bursera simaruba* promediaron 1.81±0.08 m (Figura 3) y no presentaron diferencias debidas al tipo de suelo en el que se establecieron. El diámetro medio de los tutores fue de 12.5 ± 2.2 cm (Figura 4).

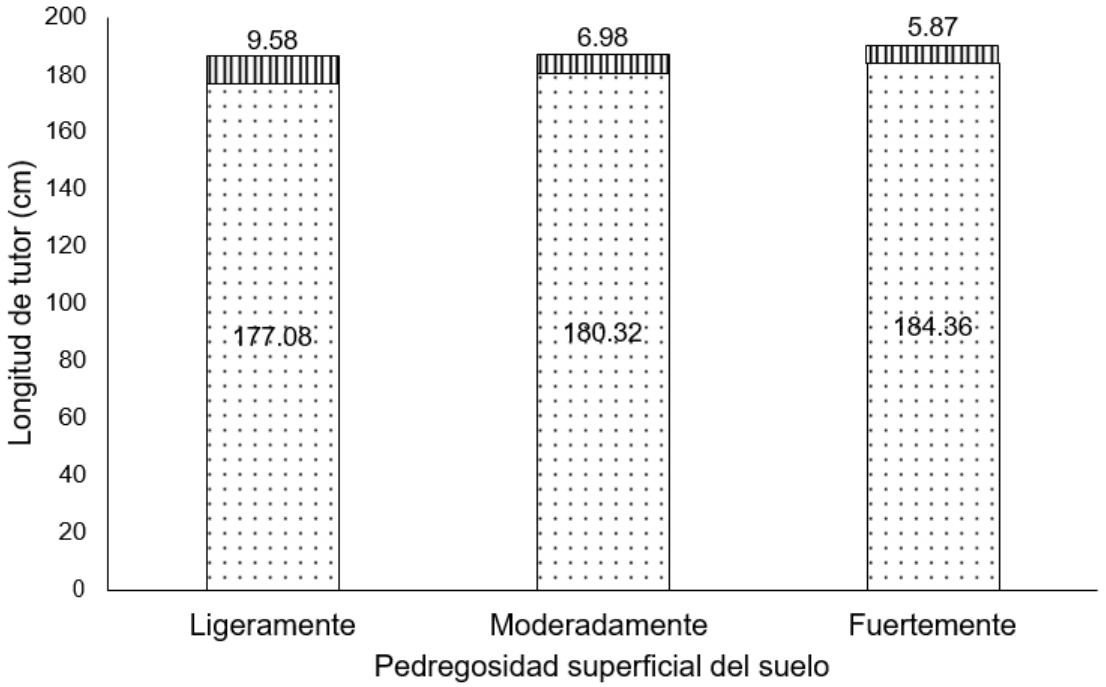


Figura 3. Altura de los tutores de chaká (*Bursera simaruba*) establecidos en el Banco de Germoplasma de trabajo en Rancho Xamantún, Instituto Tecnológico de Chiná, Chiná, Campeche, México.

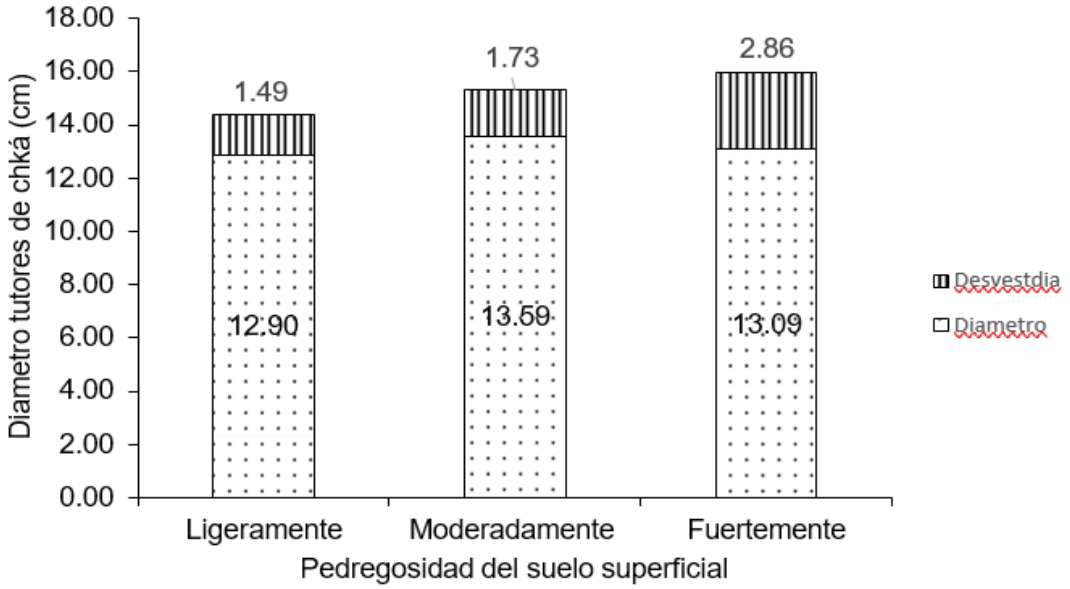


Figura 4. Diámetro de los tutores de chaká (*Bursera simaruba*) establecidos en el Banco de Germoplasma de trabajo en Rancho Xamantún, Instituto Tecnológico de Chiná, Chiná, Campeche, México.

Mortalidad y supervivencia. La mayor mortalidad registrada apenas alcanzó un valor menor al 6%, lo que representada una supervivencia superior al 94 % en todas las especies de pitahayas, lo que significa, según Vélez-Zambrano & Zambrano-Pino (2022), que estas cactáceas tienen una alta capacidad de establecimiento, con mortalidad inferior al 10% en campo, lo es técnicamente deseable en una explotación para este cultivo. Una explicación a esta situación puede encontrarse en la baja afectación por plagas y enfermedades detectadas en la parcela experimental porque no había sido cultivada antes con cactáceas que pudiesen hospedar a estos organismos nocivos. Tal situación puede cambiar en el futuro.

Longitud del esqueje principal. En el experimento se permitieron tutores con una altura de 10 a 20 cm por encima del metro que sugiere Gaona et al. (2015) evitando tutores de 1.5 m porque según, de Dios et al. (2014) se aprovecha que los retoños broten cerca de la punta de los tutores y se sujetan rápidamente a las horquetas que se forman en el tutor. ayudan a sujetar los tallos de pitahaya. La altura adicional utilizada en este experimento se debe a la consideración técnica de que las ramas productivas de la pitahaya penden incluso más de un metro desde el extremo del tutor o de las horquetas que se forman en este, por lo cual si la altura es menor a un metro estas se arrastrarían y expondrían a la contaminación y al daño tanto al material vegetativo como al fruto.

Diámetro. El diámetro de la penca no difiere entre especies pues la mayoría de estas hemiepífitas tienen similitudes en sus hábitos de crecimiento y dimensiones. Con respecto a *Hylocereus undatus*, Pool & Smith (2001) mencionan que esta especie tiene filocladios triangulares de hasta 3 cm de ancho en cada ala, es decir, hasta cerca de 6 cm de diámetro ligeramente superiores al 4.8 cm registrado para las especies 6 meses de haber sido establecida en campo. Los diámetros reportados en el presente estudio para *H. megalanthus* e *H. undatus* están por debajo de los 8 a 16 cm que afirma haber obtenido Magraner (2020). Este trabajo en condiciones de Mediterráneo y sus germoplasmas parecen sido seleccionados y mejorados genéticamente, lo que podría causar la diferencia observadas entre ambas investigaciones.

CONCLUSIÓN

El presente proyecto experimental no presento diferencias significativas en la respuesta adaptativa de las especies de pitahaya en condiciones edafoclimáticas del rancho xamantún. Todas muestras en mismo comportamiento en cuanto el crecimiento vegetativo longitudinal de los esquejes de *Hylocereus* spp. La respuesta de prendimiento de los tutores vivos de chaká (*Bursera simaruba*), fue muy aceptable, ya que más del 92% lograron adaptarse en menos de 5 semanas. Solo el 8 % fue dañado por el escarabajo barrenador (*Brentus anchorago*) tomando en cuenta que no se realizó ningún manejo para la prevención del daño. Sin embargo, la fecha de siembra y la fase lunar pudieron haber influenciado en elevar el porcentaje de prendimiento. Las variables medidas en los esquejes de pitahaya solo tuvieron diferencias significativas en el grosor de los esquejes, debido a que las especies *H. megalanthus* y *H. undatus*, seguido por *H. ocamponis* presentan mejor vigorosidad mientras que la especie *H. polyrhizus* presenta tallos delgados y frágiles.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, agradezco a Dios, porque a pesar de mi desobediencia él siempre ha estado cerca de mí. Agradezco con el corazón humilde sus bendiciones que me han ayudado a culminar con mi carrera profesional. A mi padre Héctor Antonio Chi Keb que desde pequeño me enseñó a luchar por mis sueños y como ganarme el pan de cada día. A ese hombre que trabajó largas jornadas en el campo para poder darme una mejor calidad de vida, le debo mucho. Sin dejar atrás a mi hermosa madre Blanca Consuelo Yeh Gómez que, en cada etapa de mi vida y en los días grises a estado pendiente de mí, para consolarme y apoyarme hasta en lo más crítico. Por ese amor incondicional de madre a hijo que siempre he sentido a donde quiera que voy, le debo la vida. Al Dr. Noel Antonio González Valdivia y al Dr. Pedro Salvador Morales por confiar en mis capacidades y por permitirme ser parte

del Laboratorio de Agroecología y Agricultura Orgánica Sustentable. Gracias por paciencia y comprensión.

REFERENCIAS

Bauer, R. (2003). A synopsis of the tribe Hylocereeae F. Buxb. Hunt. *Cactaceae Systematics Initiatives, 17,* 3–63.

Cisneros, A., & Tel-Zur, N. (2013). Genomic analysis in three Hylocereus species and their progeny: evidence for introgressive hybridization and gene flow. Euphytica, 194, 109-124.

de Dios, H. C., Martínez, R. C., & Canché, H. J. C. (2014). Caracterización de la producción de Pitahaya (*Hylocereus spp.*) en la Zona Maya de Quintana Roo, México. *Agroecología, 9,* 123–132.

Esquivel, P. (2004). Los frutos de las cactáceas y su potencial como materia prima. *Agronomía Mesoamericana, 15*(2), 215–219.

Gaona, Á. A., Castellanos, E. M., & Fonseca, L. O. (2015). Yellow Pitaya (Selenicereus Megalanthus) Production System in Boyacá-Colombia. Espacio I+D, Innovación más Desarrollo, 4: 146-161.

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). (2017). *Agenda técnica agrícola Campeche* (5a ed.). México: INIFAP.

Magraner, S. (2020). Estudio del comportamiento agronómico del cultivo de la pitahaya en condiciones de clima mediterráneo (Tesis de ingeniería agroalimentaria y del medio natural). Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España.

Mizrahi, Y., & Nerd, A. (1999). Climbing and columnar cacti: New arid land fruit crops. En *Perspectives on new crops and new uses* (pp. 358–366). Proceedings of the Fourth National Symposium New Crops and New Uses: Biodiversity and Agricultural Sustainability, Alexandria, Virginia, USA: American Society for Horticultural Science. ISBN 0-9615027-0-3.

Nerd, A., & Mizrahi, Y. (2010). Reproductive biology of cactus fruit crops. *Horticultural Reviews, 18,* 321–346.

Pool, A., & Smith, D. A. (2001). Flacourtiaceae. En W. D. Stevens, C. Ulloa, A. Pool & O. M. Montiel (Eds.), *Flora de Nicaragua* (*Monogr. Syst. Bot. Missouri Bot. Gard.*, Vol. 85(2), pp. 1084–1105).

Raveh, E., Weiss, J., Nerd, A., & Mizrahi, Y. (1993). Pitayas (Genus *Hylocereus*): A new fruit crop for the Negev Desert of Israel. En J. Janick & J. E. Simon (Eds.), *New Crops* (pp. 491–495). Wiley, New York.

Ruiz, E. D. S., & Treja, C. O. (2005). Áreas potenciales para el cultivo de pitahaya (*Hylocereus undatus (Haw.) Britt. & Rose*) en el sur del estado de México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales, 30*(98), 88–97.

Vélez-Zambrano, J. L., & Zambrano-Pino, G. M. (2022). *Propagación asexual en pitahaya roja (Hylocereus undatus) y amarilla (Selenicereus megalanthus) en el Valle del Río Carrizal* (Tesis de ingeniería agrícola). Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí, Calceta, Ecuador.

Características físicas, organolépticas y digestibilidad *in vivo* en ovinos de silos de maíz adicionados con follaje de *Morus alba* y *Guazuma ulmifolia*

José Guadalupe Zarate-López[1], Erika Abril Toledo-Tec[1], Bernardino Candelaria-Martínez[1]*

[1]Tecnológico Nacional de México, Campus Instituto Tecnológico de Chiná. Centro de Investigación en Ganadería Sostenible. Laboratorio de Investigación y Producción Agroecológica de Especies Menores. Laboratorio de Investigación en Nutrición Animal Sostenible. Cuerpo Académico Sustentabilidad y Mejoramiento de Agroecosistemas y Ecosistemas Chiná, Campeche, México.
*Autor de correspondencia: bernardino.cm@china.tecnm.mx

Recibido: 17/10/24; Aceptado: 02/12/24; Publicado en línea: 20/12/24

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue evaluar las características físicas, organolépticas y la digestibilidad *in vivo* en ovinos de silos de maíz adicionados con follaje de *Morus alba* y *Guazuma ulmifolia*. El periodo experimental tuvo una duración de 16 semanas, los animales fueron alojados individualmente en jaulas metabólicas, adaptadas con comederos y bebederos. El pH se vio afectado por el tratamiento (p=0.0001) y fue menor en silo de solo maíz, es posible que esto haya determinado el consumo por parte de los ovinos, que fue mayor en el silo a base de *M. alba*. Las mejores características organolépticas se observaron en los silos de solo maíz y maíz con follaje de *M. alba*. La digestibilidad *in vivo* no se vio afectada por efecto del tratamiento y los valores observados fueron de 63.69, 62.26 y 64.02% para maíz + *M. alba*, maíz + *G. ulmifolia* y maíz solo, respectivamente. Se usó un diseño de cuadro latino con cinco repeticiones, cada repetición estuvo representada por una unidad experimental que correspondía a un ovino macho con una edad y peso promedio de 2.5 meses y 24kg. Los tratamientos evaluados fueron: T1= silo de maíz 70% con *Morus alba* 30%, T2= silo de maíz 70% con *Guazuma ulmifolia* 30% y Tt= silo de maíz 100%. Se concluye que el follaje de *M. alba* con un 30% de inclusión mejora las características organolépticas de silos de maíz, mientras que el follaje de *G. ulmifolia* demeritó dichas características; sin embargo, no hay una alteración de la digestibilidad de la materia seca.

Palabras clave: Silos mixtos, ganadería tropical, alternativas de nutrición animal

ABSTRACT

The objective of the study was to evaluate the physical and organoleptic characteristics and *in vivo* digestibility in sheep of corn silage added with *Morus alba* and *Guazuma ulmifolia* foliage. The experimental period lasted 16 weeks, the animals were housed individually in metabolic cages, adapted with feeders and drinkers. The pH was affected by the treatment (p=0.0001) and was lower in corn-only silage, which may have determined the consumption by the sheep, which was higher in the *M. alba*-based silage. The best organoleptic characteristics were observed in the corn-only and corn silos with *M. alba* foliage. *In vivo* digestibility was not affected by treatment effect and the values observed were 63.69, 62.26 and 64.02% for corn + *M. alba*, corn + *G. ulmifolia* and corn alone, respectively. A Latin square design with five replicates was used, each replicate was represented by an experimental unit corresponding to a male sheep with an average age and weight of 2.5 months and 24 kg. The treatments evaluated were: T1= corn silage 70% with *Morus alba* 30%, T2= corn silage 70% with *Guazuma ulmifolia* 30% and Tt= corn silage 100%. It is concluded that *M. alba* foliage with 30% inclusion improves the organoleptic characteristics of corn silage, while *G. ulmifolia* foliage demerits these characteristics; however, there is no alteration of dry matter digestibility.

Key words: Mixed silos, tropical livestock farming, alternative animal nutrition

INTRODUCCIÓN

Anualmente en México se deforestan aproximadamente 260 mil hectáreas (FAO, 2009). Tan solo en la península de Yucatán cada año se pierden 20 mil hectáreas de selvas, y se estima una pérdida del 40% de las selvas originales. Debido a esto es importante reconvertir la ganadería a sistemas sustentables utilizando los recursos disponibles (Gómez-Fuentes et al. 2017). En este sentido, en las

selvas bajas caducifolias de la Península de Yucatán existe una gran variedad de árboles los cuales son un recurso florístico que además de proporcionar equilibrio al ecosistema pueden brindar alimento de calidad con alto contenido de proteína cruda (10-24% de la MS) a los rumiantes en las diferentes épocas del año (Piñeiro-Vázquez et al. 2017). Por su parte Gómez-Fuentes et al. (2017) encontraron que en las selvas medianas caducifolias existen alrededor de 54 especies de plantas forrajeras con potencial para la alimentación de rumiantes. También Suárez et al. (2011) mencionan que existen especies arbóreas que pierden sus hojas ya sea por sus características fisiológicas o cambios en el ambiente, lo que implica poner en práctica una estrategia que permita la conservación del material y su calidad, dentro de estas estrategias sobresale la elaboración de silos de fermentación, en donde existe una población de bacterias anaeróbicas que procesan el forraje conservando sus características nutritivas (Francisco et al. 1998). Entre las especies no leguminosas con mayores reportes en la literatura y con uso forrajero son: *Cecropia* spp, *Brosimum alicastrum*, *Cedrela odorata*, *Tithonia difersifolia*, *Bursera simaruba*, *Gliricidia sepium*, *Leucaena leucocephala*, *Muntingia calabura* y *Samaea saman*, entre otros (Negreros, 1993). La alimentación de los ovinos en la península de Yucatán se basa en el uso de gramíneas de baja calidad. La inclusión de follajes de arbóreas tropicales puede mejorar la calidad de la dieta ingerida por los ovinos (Pedraza et al. 2007) y consecuentemente mejorar el consumo voluntario, conversión alimenticia y ganancia de peso (Madera et al. 2013). Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo fue determinar las características físicas, organolépticas y digestibilidad *in vivo* en ovinos de silos de maíz adicionados con follaje de *Morus alba* y *Guazuma ulmifolia*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio de estudio. El proyecto se realizó en las instalaciones educativas del Tecnológico Nacional de México campus Chiná, en el Laboratorio de Investigación y Producción Agroecológica de Especies Menores (LIPAEM). Ubicado en la calle 11S/N, colonia centro entre 22 y 28 Chiná Campeche, Código postal 24520. El clima corresponde al subhúmedo con 26°C de temperatura media anual, presentándose los niveles máximos con un promedio de 28°C.

Procedimiento. Los ovinos se adquirieron de una granja comercial ubicada en la localidad de Pocyaxum Campeche, fueron cinco ovinos adultos de la raza pelibuey con un peso promedio de 23.2 ± 3.5 kg, los cuales fueron seleccionados teniendo en cuenta la homogeneidad en cuanto a edad, condición corporal y manejo. Antes de iniciar la fase experimental los animales fueron desparasitados, se elaboraron silos con planta entera de maíz y el follaje de las arbóreas, se molieron en una picadora y se realizaron las mezclas correspondientes a cada tratamiento y se embolsaron en bolsas para silo, se les extrajo el aire después se trasladaron a la bodega de almacenamiento, en todo caso se verificó que las bolsas no tuvieran entrada de aire. Se adecuo el espacio, así como las jaulas metabólicas donde se mantuvieron a los cinco ovinos, se realizó una verificación de las jaulas metabólicas para su funcionamiento idóneo al momento de introducir a los animales, para disminuir el error experimental, después se continuó con la adaptación a las dietas para que se familiarizaran con el sabor y olor del alimento y se restableciera la población de microorganismos ruminales, tuvieron un periodo de adaptación de 15 días junto con la adaptación a los pañales recolectores de heces con la finalidad de su acostumbramiento y evitar situaciones de estrés, para después tener un reposo de dos días antes de comenzar con el experimento, y se iniciaran las pruebas de digestibilidad *in vivo.*

Procedimiento experimental. Se procedió con las pruebas de digestibilidad *in vivo* con los cinco ovinos en sus jaulas metabólicas, administrando los silos ad libitum, el primer tratamiento evaluado fue silo de maíz 70% - *Morus alba* 30%, el segundo tratamiento evaluado fue silo de maíz 100% y el tratamiento evaluado al final fue silo de maíz 70% - *Guazuma ulmifolia* 30%. Los animales fueron pesados al inicio y al final de cada tratamiento, el consumo de alimento se determinó mediante la diferencia de los pesos del alimento proporcionado con el peso del alimento rechazado, permitiendo

un rechazo mínimo de 15% de la MS del alimento ofrecido el día anterior, los rechazos de alimento fueron pesados a las 8:30 h del día siguiente (Queiroz et al. 2016).

Toma de datos y muestras. Se llevó a cabo la recolección de las heces cada día, antes de suministrar la nueva ración las cuales se pesaron para determinar por diferencia el porcentaje de digestibilidad de los silos, lo rechazado también se recolectaba y se pesaba antes de subministrar el silo. Se tomaron al azar tres muestras de 100 gr cada una de cada bolsa de ensilaje de los tres tratamientos, de cada bolsa se tomaron muestras de la parte superior, la parte media y parte baja de la bolsa. A cada muestra se para realizar los análisis físicos y organolépticos como también su pH, de igual forma se pesaron 100gr de cada tratamiento de ensilaje en una balanza granataria y se colocaron en una bolsa de papel estraza para posteriormente meter en una estufa de aire forzado por 48hr a una temperatura de 60°C, para obtener la materia seca de cada tratamiento. Los datos obtenidos se pasaron en una hoja de Excel para su respectivo análisis como son las variables pH, consumo voluntario y digestibilidad de la materia seca, se usó un diseño de cuadro latino con cinco repeticiones en donde cada ovino representará una unidad experimental, se realizó un ANOVA por GLM y prueba de medias por Tukey ($p<0.05$) en el programa estadístico Statistica V0.7.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Por los resultados obtenidos se infiere que todos los silos tuvieron un adecuado proceso de fermentación. Lo que permitió que las variables organolépticas presentaran las máximas calificaciones de calidad, en este sentido el color, olor y textura fueron excelentes para los tratamientos Maíz 100% y Maíz 70% - *M. alba* 30%, mientras que el tratamiento Maíz 70% - *G. ulmifolia* 30% presentó una calificación de bueno. La calidad organoléptica de los silos es similar a los reportados por Maza et al. (2011), quienes califican como de calidad excelente los ensilajes de maralfalfa *(Pennisetum* sp) adicionados con yuca (*Manihot esculenta)* (Cuadro 1).

Cuadro 1. Características organolépticas de silos de maíz y arbóreas forrajeras.

Tratamiento	Color	Olor	Textura	Valor total
Silo de maíz	Excelente	Bueno- excelente	Excelente	Excelente
Silo de maíz-*M. alba* (70-30)	Excelente	Bueno-excelente	Excelente	Excelente
Silo de maíz-*G. ulmifolia* (70-30)	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno

Los valores de pH observados coinciden con los parámetros reportados en la literatura como valores indicadores de procesos de fermentación a adecuados. Lo que indica que las arbóreas consideradas tienen un alto potencial para usarse en la elaboración de silos de fermentación para los cuales no es necesario aplicar aditivos adicionales (Cuadro 2). Un ensilaje puede conservar su calidad cuando su pH es inferior a 4.2 pero valores hasta 5 de pH son aceptables siempre que exista una proporción elevada de materia seca porque si no pueden presentar putrefacción (Jiménez & Moreno, 2002).

Cuadro 2. pH, consumo y digestibilidad *in vivo* de silos mixtos de maíz y arbóreas forrajeras.

Tratamiento	Ph	Consumo (Gr)	Digestibilidad de la MS (%)
Silo de maíz	3.16^{b}	632.3^{b}	64.02
Silo de maíz-*M. alba* (70-30)	3.54^{a}	798.5^{a}	63.69
Silo de maíz-*G. ulmifolia* (70-30)	3.46^{a}	743.2^{a}	62.26

El consumo voluntario se vio afectado por el tipo de silo ($p=0.000007$), los valores promedio observados fueron de 798, 743 y 632 g MS día^{-1} para el silo maíz-*M. alba*, maíz-*G. ulmifolia* y solo maíz respectivamente. Lo cual concuerda con lo reportado por Osakwe & Steingass (2006) quienes al incluir 0, 25 y 50% de *L. leucocephala* observaron un incremento en el consumo de MS y PC. Por su parte Piñeiro-Vázquez et al. (2013) observaron que al incluir 0, 20, 30, 40 y 50% *de Enterolobium cyclocarpum* en la dieta de ovinos el consumo voluntario de MS y MO tiene una tendencia de aumentar linealmente. Se ha observado que la inclusión de diversas arbóreas con menor contenido de

FDN, lignina y mayor concentración de PC, mejoran el consumo y la digestibilidad (Piñeiro-Vázquez et al. 2017).

Al analizar los factores se observó una diferencia significativa entre la digestibilidad de la materia seca de los tratamientos. El tratamiento de mayor digestibilidad fue el silo de maíz, mientras que la menor digestibilidad se observó en el silo de maíz con follaje de *G. ulmifolia*. Tendencias similares fueron reportadas en novillas alimentadas con una dieta basal del mismo pasto y niveles de inclusión de 0 a 80% de *L. leucocephala* por Piñeiro-Vázquez et al. (2017). Por su parte Alayón et al. (1998) mencionan que la inclusión de *Gliricidia sepium* en la dieta de ovinos mejora el consumo de PC, debido a su contenido de PC y bajo contenido de FDN y FDA, adicionalmente la alta degradabilidad y digestibilidad de los componentes de este follaje provoca una mayor tasa de pasaje y menor tiempo de retención en el rumen, lo cual provoca una mayor tasa de consumo.

CONCLUSIÓN

La inclusión de follaje fresco de *Morus alba* no afecta las características organolépticas del silo de maíz, mientras que el follaje de *Guazuma ulmifolia* disminuyó dichas características. La inclusión de follaje fresco de *M. alba* y *G. ulmifolia*, tuvo efecto sobre las características físicas de los silos y el consumo voluntario de los ovinos. La digestibilidad *in vivo* de la Materia Seca del silo no se vio afectada por la inclusión del follaje de *M. alba* y *G. ulmifolia*. De acuerdo con los resultados, el follaje de *M. alba* presenta la mejor opción para incrementar la calidad de los silos de maíz, y estimular el consumo por parte de ovinos de pelo.

REFERENCIAS

Alayón, J. A., Ramírez-Avilés, L., & Ku-Vera, J. C. (1998). Intake, rumen digestion and microbial nitrogen supply in sheep fed *Cynodon nlemfuensis* supplemented with *Gliricidia sepium*. *Agroforestry Systems, 41,* 115–126.

Francisco, G., Simón, L., & Soca, M. (1998). Efecto de tres alturas de corte en el rendimiento de biomasa de *Leucaena leucocephala* cv. CNIA-250. *Revista Pastos y Forrajes, 21*(4), 1–6.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2009). *El estado mundial de la agricultura y*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma, Italia.

Gómez-Fuentes, T. G., González-Rebeles, C., López-Ortiz, S., Ku-Vera, J. C., Albor-Pinto, C. J., & Sangines-García, J. R. (2017). Dominancia, composición química-nutritiva de especies forrajeras y fitomasa potencial en una selva secundaria. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo, 14*(4), 617–634.

Jiménez, F., & Moreno, J. (2002). El ensilaje: una alternativa para la conservación de forrajes. CORPOICA. Segunda Edición. Bucaramanga. 23p.

Madera, S. N. B., Bacab, P. H. M., & Ortiz, de la R. B. (2013). Ganancia diaria de peso en ovinos por inclusión de una planta leguminosa (*Leucaena leucocephala*) en dietas basadas en pasto clon Cuba CT-115 (*Pennisetum purpureum*). *Bioagrociencias, 6*(1), 26–31.

Maza, A. L., Vergara, G. O., & Paternina, D. E. (2011). Evaluación química y organoléptica del ensilaje de maralfalfa (*Pennisetum sp.*) más yuca (*Manihot esculenta*). *Revista MVZ Córdoba, 16*(2), 2528–2537.

Negreros, P. (1993). *Los árboles de uso múltiple para agroforestería en el estado de Quintana Roo*. Reporte técnico interno del programa ICRAF en México, 58 p.

Osakwe, I. I., & Steingass, H. (2006). Ruminal fermentation and nutrient digestion in West African Dwarf (WAD) sheep fed *Leucaena leucocephala* supplemental diets. *Agroforestry Systems, 67,* 129–133.

Pedraza, O. R. M., Martínez, S. S. J., Estévez, A. J. A., Guevara, V. G. F., Guevara, V. R. E., & Curberlo, R. L. (2007). Valor nutritivo para rumiantes del forraje de árboles y arbustos tropicales. *Revista Producción Animal, número especial,* 5–12.

Piñeiro-Vázquez, A., Canul-Solís, J. A., Alayón-Gamboa, J. A., Chay-Canul, J., Ayala Burgos, A. J., Solorio-Sánchez, F. J., Aguilar-Pérez, C. F., & Ku-Vera, J. C. (2017). Energy utilization, nitrogen balance and microbial protein supply in cattle fed *Pennisetum purpureum* and condensed tannins. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 101,* 159–169.

Suárez, R., Mejía, J., González, M., García, D. E., & Perdomo, D. A. (2011). Evaluación de ensilajes mixtos de *Saccharum officinarum* y *Gliricidia sepium* con la utilización de aditivos. *Revista Pastos y Forrajes, 34*(1), 69–86.

Queiroz, M. F., De Almeida, O. M. G., Brunoro, C. N. M., Vieira, P. C., & Regina P. F. (2016). Capability of in vitro digestibility methods to predict *in vivo* digestibility of vegetal and animal proteins. Archivos latinoamericanos de nutrición, 66(1), 005-016.

Comportamiento productivo de pollos Cobb 500 suplementados con harina del follaje de arbóreas tropicales

Dahlia Amarilis De la Cruz-Velueta[1], Bernardino Candelaria-Martínez[1]*

[1]Tecnológico Nacional de México, Campus Instituto Tecnológico de Chiná. Centro de Investigación en Ganadería Sostenible. Laboratorio de Investigación y Producción Agroecológica de Especies Menores. Laboratorio de Investigación en Nutrición Animal Sostenible. Cuerpo Académico Sustentabilidad y Mejoramiento de Agroecosistemas y Ecosistemas. Chiná, Campeche, México.
*Autor de correspondencia: bernardino.cm@china.tecnm.mx.

Recibido: 30/10/24; Aceptado: 02/12/24; Publicado en línea: 20/12/24

RESUMEN

La cría de pollos de engorda es una fuente importante de proteína para la población en México. En su crianza se emplean granos de alta calidad que compiten con la alimentación humana; en el trópico existe una variedad de plantas que pueden usarse para alimentar pollos. El objetivo del presente estudio fue determinar el consumo voluntario, ganancia de peso, rendimiento de canal y pechuga de pollos Cobb 500 suplementados con harinas de *Moringa oleifera* y *Morus alba*. El trabajo se realizó en Tecnológico Nacional de México campus Instituto Tecnológico de Chiná. Se usaron 60 pollos Cobb 500, distribuidos en tres tratamientos: T1 (*M. oleifera* 15% + alimento comercial balanceado (ACB) 85%), T2 (*M. alba* 15% + ACB 85%) y TT (100% ACB), con 20 repeticiones cada uno. Las dietas experimentales se proporcionaron a partir del día 33 al 50. Los datos se analizaron mediante un diseño completo al azar, se realizó ANOVA y prueba de medias por Tukey ($p<0.05$). El consumo voluntario fue mayor $p=0.0028$) en pollos alimentados con harina de *M. alba*, alimento balanceado con promedios de 185.4 y 185.1 g/día^{-1}. El peso vivo final fue mayor en pollos alimentados con ACB ($p=0.0001$) con 3,165.2 g. El rendimiento de la canal fue diferente ($p=0.00655$) entre los pollos alimentados con ACB y harina de *M. oleifera* (79 y 72 %), mientras que harina de *M. alba* fue similar ambos tratamientos (76.6). La inclusión de harina de *M. alba* representa una opción viable para la producción de pollos Cobb 500.

Palabras clave: Avicultura, Agroforestería, Ganadería Sustentable.

ABSTRACT

Broiler farming is an important source of protein for the Mexican population. High quality grains that compete with human food are used in their raising; in the tropics there is a variety of plants that can be used to feed chickens. The objective of this study was to determine the voluntary consumption, weight gain, carcass and breast yield of Cobb 500 broilers supplemented with *Moringa oleifera* and *Morus alba* meal. The work was carried out at the Tecnológico Nacional de México campus of the Instituto Tecnológico de Chiná. Sixty Cobb 500 broilers were used, distributed in three treatments: T1 (*M. oleifera* 15% + balanced commercial feed (ACB) 85%), T2 (*M. alba* 15% + ACB 85%) and TT (100% ACB), with 20 replicates each. Experimental diets were provided from day 33 to 50. Data were analyzed using a complete randomized design, ANOVA, and a Tukey test of means ($p<0.05$). Voluntary consumption was higher ($p=0.0028$) in broilers fed *M. alba* meal, balanced feed with averages of 185.4 and 185.1 g/day^{-1}. The Final live weight was higher in chickens fed ACB ($p=0.0001$) at 3,165.2 g. Carcass yield was different ($p=0.00655$) between chickens fed ACB and *M. oleifera* meal (79 and 72 %), while *M. alba* meal was similar in both treatments (76.6). The inclusion of *M. alba* meal represents a viable option for the production of Cobb 500 broilers.

Key words: Poultry farming, Agroforestry, Sustainable Livestock.

INTRODUCCIÓN

México presenta un alto nivel de producción de pollos de engorda, en general la avicultura muestra un rápido desarrollo como actividad económica. La avicultura mexicana se compara en la calidad de sus productos con la avicultura norteamericana. En el país esta actividad tiene una añeja tradición debido a que se realiza desde antes de la llegada de los españoles al continente americano con la domesticación, cría y consumo de guajolote. El sector avícola actualmente es una de las ramas de la

ganadería con mayor nivel tecnológico tanto en eficiencia como en productividad, comparándose con países desarrollados y acoplándose a los niveles exigidos por la población (Meléndez-Guzmán & Juárez-Rodríguez, 2018). La industria avícola representa un 63% de la producción pecuaria nacional, se estima que 6 de cada 10 personas, incluyen en su dieta alimentos avícolas como el pollo o huevo. Siendo así la agricultura más dinámica y uno de los sectores estratégicos para la alimentación en México. Los modelos económicos prospectivos sugieren que la avicultura mexicana para el 2024 producirá el 74% de la oferta total de proteína animal (SENASICA, 2019).

El pollo de engorde tiene un potencial genético de un aumento de peso en un periodo de tiempo muy corto, por lo que para tener éxito y una buena rentabilidad del pollo de engorde es necesario promover una adecuada nutrición desde la etapa inicial del pollito, es indispensable procurar adecuados niveles de apetito que repercutan en elevados volúmenes de consumo de alimento, cuidando siempre el diseño, forma y calidad del alimento. La dieta en los pollos de engorda tiene un papel importante en el aumento de peso corporal, eficiencia alimentaria y composición de la canal, debido a que la densidad de nutrientes con la que está cuente ya sean nutrientes insignificantes o deficientes en la dieta diaria, comprometen la ganancia diaria, la conversión alimenticia, producción de carne de pechuga, hasta pérdida de uniformidad de la parvada (Saúl, 2021).

Dentro de las alternativas sustentables de alimentación se ubican los follajes de especies arbóreas y arbustivas con potencial forrajero que se encuentran altamente disponibles en las regiones tropicales y para las cuales se han reportado altos niveles de proteína cruda y energía (Rodríguez et al. 2014). En este sentido, Martín et al. (2007) destacan que *Morus alba* contiene una gran adaptabilidad en diferentes condiciones edafológicas y puede llegar a producir de 10 a 12 t de $MSha^{-1}año^{-1}$ presenta una digestibilidad de la MS superior al 80%. Por su parte Palacios & Solís (2018) reportaron una mejora de los parámetros productivos de pollos de engorda al ser suplementados con harina de follaje de *M. oleifera*, además destacan su excelente palatalizad, agradable sabor y un contenido de 25% de PC. Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue determinar el consumo voluntario, peso vivo final, rendimiento de la canal y rendimiento de pechuga de pollos de engorda suplementados de follaje de harinas tropicales de arbóreas forrajeras de *Morus alba* y *Moringa oleifera*.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en el Laboratorio de Investigación y Producción, Agroecológica de Especies Menores (LIPAEM) de la Unidad de Ganadería Sustentable del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Chiná. Se usaron 60 pollos Cobb 500 de un día de vida, divididos en corrales con 20 pollos cada uno completamente al azar por 7 semanas, a su llegada los pollos fueron recibidos con agua fresca, iluminación y temperatura ideal mediante la disposición de bombillas eléctricas e higrómetro para monitorear la temperatura y humedad. Se les proporcionó electrolitos, desparasitante y vitaminas en la primera semana. Se les aplicó 0.2 ml de Triple Aviar por vía intramuscular en la pechuga y un refuerzo a los 15 días de vida de 0.5 ml por la misma vía de administración.

La alimentación hasta el día 32 fue con alimento comercial conforme a las etapas. A partir del día 33 se inició con tres tratamientos distribuidos de la siguiente manera: T1 (*M. oleifera* 15% + alimento comercial 85%), T2 (M. alba 15% + alimento comercial 85%) y TT (alimento comercial 100%), la combinación de ambos ingredientes se realizaba diario y se le ofrecía a libre acceso. La asignación de los tratamientos se realizó al azar a cada uno de los tres grupos de pollos de 20 repeticiones, cada pollo constituyó una unidad experimental. La obtención de la harina de las arbóreas forrajeras, se realizó de la siguiente manera: ambos follajes fueron hojas jóvenes de 3 meses, controlado mediante un corte inicial de uniformidad. Se desgajaban las ramas para posteriormente separar las hojas, se extendieron uniformemente, en un cuarto con aire acondicionado a la temperatura de 23°C; una vez completamente secas se realizó la molienda en un molino triturador industrial. Las harinas fueron

reservadas en un lugar fresco y seco hasta el momento de realizar el experimento (De Angelis et al. 2021).

Una vez iniciado el experimentó se pesaba el alimento ofrecido a lo largo del día, al día siguiente a las 8:00 am se recolectaba y pesaba el alimento rechazado para determinar el consumo voluntario, cada grupo experimental disponía de cuatro comederos automáticos de tolva de lámina galvanizada. Se aseguraba que todos los días se tuviera un rechazo de al menos el 20% de la cantidad de alimento ofrecido para que la disponibilidad no afectará el consumo. Así mismo, cada corral dispuso de cuatro bebederos automáticos para favorecer el fácil acceso a agua limpia y fresca. El peso vivo se registró de manera semanal a las 7:00 am, se seleccionaban al azar 10 pollos de cada tratamiento y se pesaron en una báscula electrónica digital con capacidad de 40 kg. Al finalizar el periodo de engorda de los pollos se seleccionaron al azar 10 pollos de cada tratamiento y se sacrificaron siguiendo la norma oficial mexicana NOM 033 ZOO 1995 para el sacrificio humanitario de las especies ganaderas. Se registró el peso vivo de los pollos antes del sacrificio, posterior al eviscerado se pesaron las vísceras totales e individualmente; así mismo, se registró el peso caliente de la canal y el peso frio después de una refrigeración de 24 horas a 4°C. También se registró el peso de la pechuga. A los datos se les hizo análisis de varianza (ANOVA), para las variables que mostraron diferencia estadística se realizó prueba de medias fue por Tukey ($p<0.05$) con el paquete estadístico Statistica 0.7**.**

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El consumo voluntario se vio afectado por efecto de los tratamientos (P=0.0028), los tratamientos con los mayores consumos fueron ACB 85% + *Morus alba* 15% y ACB 100% con promedios de 185.13 y185.47 gdía^{-1} respectivamente; mientras, que el menor consumo se observó con el tratamiento ACB 85% + *Moringa oleifera* 15% con 167.07 gdía^{-1} (Cuadro 1). Por su parte Silva-Bastidas (2016), reportó resultados inferiores en pollos *Gallus domésticas*, en los que registró un promedio de 136.3 gdia^{-1} cuando incluyó el 30% de harina de cascara de cacao (*Theobroma cacao L.*). Los pollos alimentados con ACB mostraron el mayor peso vivo al sacrificio (p=0.000120) con un promedio de 3.8 kg, mientras que entre los pollos que recibieron las harinas no hubo diferencia estadística y los promedios fueron de 3.5 y 3.4 kg para *M. alba* y *M. oleifera* respectivamente (Cuadro 1). Resultados similares a los observados en el presente trabajo fueron reportados por Rangel-Benavides (2021), quien registró pesos finales de 3.31 kg cuando incluyó 15% harina de plátano verde (*Musa paradisiaca*) en pollos Ross 308.

Se observó efecto del tratamiento experimental sobre la variable rendimiento de la canal (p=0.00655), el tratamiento con mayor rendimiento de la canal fue ACB 100% con un porcentaje de 79.9; mientras que los pesos menores se observaron en ACB 85% + *Morus alba* 15% y ACB 85% + *Moringa oleifera* 15% con 76.6 y 72.8 % respectivamente (Cuadro 1). En este sentido Rangel-Benavides (2021) menciona en un trabajo similar que el tratamiento que propició un mayor rendimiento de la canal de pollos Ross 308 se observó con el tratamiento de inclusión de 15% de harina de plátano verde con un valor de 81.8% en comparación con los tratamientos: Testigo, al 5%, al 10% y al 20% con los que se registraron valores de 78.2%, 76.1%, 76% y 77.4%.

Cuadro 1. Resumen de análisis de varianza en pollos Cobb 500 suplementados con harina de arbóreas tropicales. (15/04/2019) y 11 (27/04/2019). F.R.= fase de reposo y F.N.=follaje nuevo.

Tratamiento	**Consumo voluntario (%)**	**Peso vivo (kg)**	**Canal (%)**	**Rendimiento pechuga (%)**
Alimento balanceado	185.47^{a}	3.8^{a}	79.9^{a}	30.8
15 % *M. alba*	185.13^{a}	3.5^{b}	76.6^{ab}	27.5
15 % *M. oleifera*	167.07^{b}	3.4^{b}	72.8^{b}	27.8

Se observó efecto del tratamiento experimental sobre la variable rendimiento de pechuga (p=0.1961) (Figura 1), el tratamiento con mayor rendimiento en pechuga fue ACB con un 30.8%; mientras que

pesos menores se observaron en pollos suplementados con harina de *M. oleifera* y harina de *M. alba* con 27.8 y 27.5% respectivamente. En un trabajo reportado por Santos et al. (2014) obtuvieron resultados inferiores a los encontrados en el presente estudio, registraron un rendimiento de 25.9%.

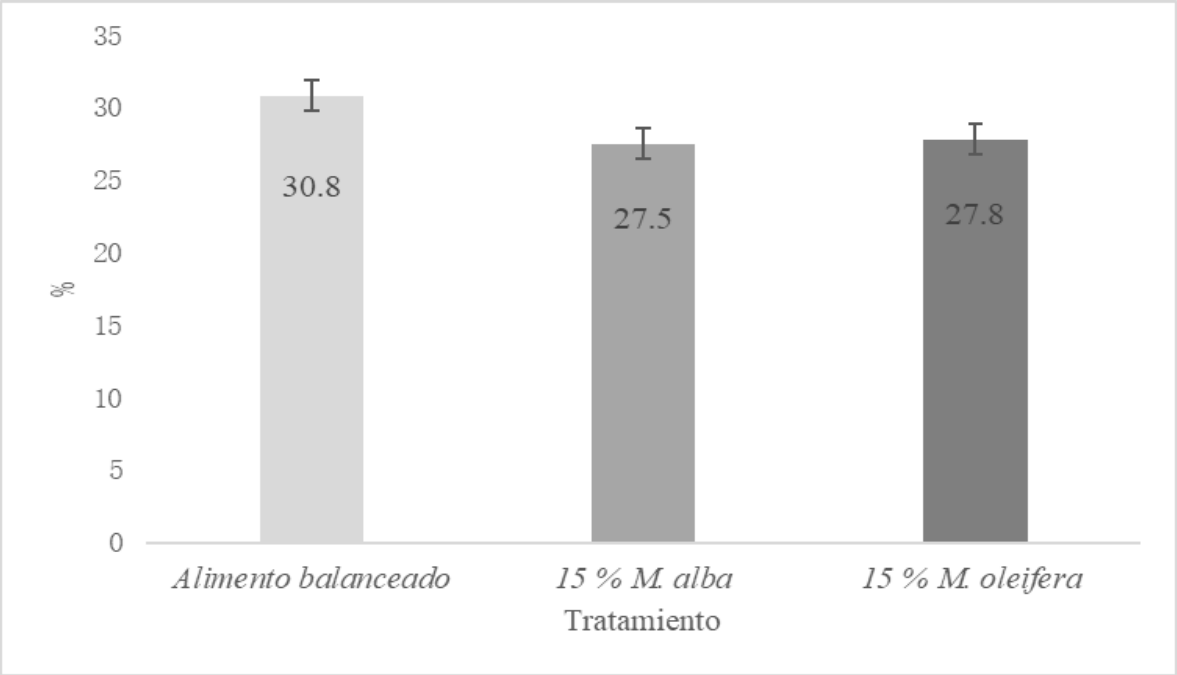


Figura 1 Rendimiento de pechuga en pollos Cobb 500 suplementados con harina de *M. oleifera* y *M. alba.*

CONCLUSIÓN

Se concluye que la inclusión de harina de *M. oleifera* con niveles de 15% en la etapa de engorda afecta los principales parámetros productivos, la suplementación con harina de *M. alba* presenta un menor efecto negativo, por lo que es una opción para considerarse en la alimentación de pollos de engorda. Así mismo, es necesario experimentar menores niveles de inclusión y en diferentes etapas fisiológicas de los pollos.

REFERENCIAS

De Angelis, A., Gasco, L., Parisi, G., & Danieli, P. P. (2021). A multipurpose leguminous plant for the mediterranean countries: Leucaena leucocephala as an alternative protein source: A review. Animals, 11(8), 2230.

Martín, G. J., Noda, Y., Pentón, G., García, D. E., García, F., González, E., Ojeda, F., Milera, M., López, O., Ly, J., Leiva, L., & Arece, J. (2007). La morera (*Morus alba Linn.*): una especie de interés para la alimentación animal. *Pastos y Forrajes*, *30*(5), 1.

Meléndez-Guzmán, J. R., & Juárez-Rodríguez, T. (2018). *Antecedentes de la avicultura en México*. Departamento de Economía, Administración y Desarrollo Rural.

NOM-033-ZOO-1995. Norma Oficial Mexicana, Sacrificio Humanitario de los Animales Domésticos y Silvestres.

Palacios, V. M. A., & Solís, V. K. V. (2018). Evaluación del efecto de la Moringa oleifera y Valeriana officinalis como aditivos naturales en pollos de engorde de 0 a 6 semanas, en el periodo comprendido de noviembre-diciembre del 2017 en la finca El Pegón ubicada 1 km al este de la carretera a La Ceiba, departamento de León (Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma de Nicaragua) 39p.

Rangel-Benavides, R. L. (2021). Efecto de la inclusión de harina de plátano verde en la dieta para pollos de engorde de la línea Ross 308 (Tesis de licenciatura, Universidad de Pamplona). 67p.

Rodríguez, R., González, N., Alonso, J., Domínguez, M., & Sarduy, L. (2014). Valor nutritivo de harinas de follaje de cuatro especies arbóreas tropicales para rumiantes. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola, 48*(4), 371–378.

Santos, M., Savón, L., Lon-Wo, E., Gutiérrez, O., & Herrera, M. (2014). Inclusión de harina de hojas de *Morus alba*: su efecto en la retención aparente de nutrientes, comportamiento productivo y calidad de la canal de pollos cuello desnudo. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola, 48*(3), 259–264.

Saúl, B. (2021). ¿Cómo potenciar el rendimiento del pollo de engorde? Molinos Champion, S.A.S.

SENASICA (Servicio Nacional de Sanidad Inocuidad y Calidad Agroalimentaria). (2019). Manual de buenas prácticas pecuarias en la producción de pollo en engorda.

Silva-Bastidas, A. H. (2016). Consumo voluntario y rendimiento a la canal en pollos de engorde alimentados con residuos poscosecha de Theobroma cacao L. (Tesis de licenciatura, Universidad Técnica de Ambato).

Consumo voluntario y ganancia de peso de conejos alimentados con pellets a base de follaje de *Morus alba* y *Brosimum alicastrum*

Carmi Elizama Cen-González[1], Yessenia Guadalupe Rodríguez-Jiménez[1], Bernardino Candelaria-Martínez[1]*

[1]Tecnológico Nacional de México, Campus Chiná. Centro de Investigación en Ganadería Sostenible. Laboratorio de Investigación y Producción Agroecológica de Especies Menores. Laboratorio de Investigación en Nutrición Animal Sostenible. Cuerpo Académico Sustentabilidad y Mejoramiento de Agroecosistemas y Ecosistemas, Chiná, Campeche, México. *Autor de correspondencia: bernardino.cm@china.tecnm.mx

Recibido: 03/10/24; Aceptado: 02/12/24; Publicado en línea: 20/12/24

RESUMEN

La cría de conejos es una actividad ganadera impulsada por organismos mundiales y nacionales como la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER), debido a sus elevados índices reproductivos y alta calidad biológica de su carne. Con el objetivo de determinar el consumo voluntario y ganancia de peso de conejos alimentados con pellets a base de follaje de *Morus alba* y *Brosimum alicastrum*; se llevó a cabo un experimento en el Laboratorio de Investigación y Producción Agroecológica de Especies Menores (LIPAEM) ubicado en la Unidad de Ganadería Sustentable del Instituto Tecnológico de Chiná. Se recolectó follaje de *M. alba* y *B. alicastrum*, posteriormente se colocó en un cuarto climatizado con circulación de aire para su secado. Se utilizaron 24 conejos destetados de la raza Nueva Zelanda y cruza de Nueva Zelanda con criollo con peso promedio de 900 ± 80 g, alojados en jaulas individuales. Como tratamiento testigo se usó alimento balanceado comercial. Los conejos se distribuyeron al azar en los tres tratamientos y cada tratamiento constó de ocho repeticiones. La ganancia de peso no se vio afectada por los tratamientos experimentales. El mayor consumo voluntario (p=0.00001) se registró en los conejos que consumieron alimento balanceado con un promedio de 100.08 g día^{-1}; mientras que en los conejos alimentados con pellets a base de *B. alicastrum* y *M. alba* los valores promedios observados fueron de 89.79 y 89.03 g día^{-1} respectivamente. Por lo que se concluye que los pellets con 15% de inclusión de harina de *M. alba* pueden sustituir al alimento balanceado en las granjas cunícolas sin afectar sus parámetros productivos.

Palabras clave: Cunicultura, Ganadería Agroecológica, Follaje.

ABSTRACT

Rabbit breeding is a livestock activity promoted by world and national organizations such as FAO and SADER, due to their high reproductive indexes and high biological quality of their meat. With the objective of determining the voluntary consumption and weight gain of rabbits fed with pellets based on *Morus alba* and *Brosimum alicastrum* foliage, an experiment was carried out in the Laboratory of Agroecological Research and Production of Minor Species (LIPAEM) located in the Sustainable Livestock Unit of the Instituto Tecnológico de Chiná. Foliage of *M. alba* and *B. alicastrum* was collected and placed in an air-conditioned room with air circulation for drying. Twenty-four weaned rabbits of the New Zealand breed and a cross between New Zealand and Creole with an average weight of 900 ± 80 g, housed in individual cages, were used. Commercial balanced feed was used as a control treatment. The rabbits were randomly distributed among the three treatments and each treatment consisted of eight replicates. Weight gain was not affected by the experimental treatments. The highest voluntary consumption (p=0.00001) was recorded in rabbits consuming balanced feed with an average of 100.08 g day^{-1}; while in rabbits fed pellets based on *B. alicastrum* and *M. alba* the average values observed were 89.79 and 89.03 g day^{-1} respectively. Therefore, it is concluded that pellets with 15% inclusion of *M. alba* meal can replace balanced feed in rabbit farms without affecting their productive parameters.

Key words: Rabbit farming, Agroecological Livestock, Foliage.

INTRODUCCIÓN

La carne de conejo tiene diversas ventajas con respecto a la carne de otras especies, como un mejor perfil de ácidos grasos, elevado contenido de proteína, vitaminas, minerales, bajo contenido de colesterol y sodio, nulo contenido de ácido úrico; además, es una carne de fácil digestión (Para et al. 2015). Para que la especie obtenga los nutrientes necesarios para su crecimiento, desarrollo fisiológico y ganancia de peso, se recomienda utilizar una dieta balanceada (INATEC, 2016). Cuando la ración se proporciona en forma de alimento peletizado se obtienen diversos beneficios como: digestibilidad de los nutrientes, reducción de uso de energía durante el consumo de alimento, se evita la selección de ingredientes, también mejora en la retribución económica y parámetros productivos (Bolaños, 2013; Quintanilla-Medina et al. 2019). Los pellets a base de arbóreas son una alternativa que aporta los nutrientes necesarios para el buen desarrollo fisiológico de los conejos. Al aplicar una compresión debidamente controlada a los ingredientes del alimento, estos conformarán una masa densa, con una forma impuesta por la matriz contra la cual se les presione. Cuando se quita la humedad y el calor (secado y enfriamiento), la masa formada (pellets) retiene su forma y densidad, y es de tal dureza que resiste un trato moderadamente brusco sin rompimiento excesivo; además reteniendo o aumentando el valor nutritivo del alimento (Hernández, 2019). Por lo anterior descrito, el objetivo del presente trabajo fue determinar el consumo voluntario y ganancia de peso de conejos alimentados con pellets a base de follaje de *Morus alba* y *Brosimum alicastrum.*

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio de estudio. El proyecto se realizó en las instalaciones educativas del Tecnológico Nacional de México campus Chiná, en el Laboratorio de Investigación y Producción Agroecológica de Especies Menores (LIPAEM). Ubicado en la calle 11S/N, colonia centro entre 22 y 28 Chiná Campeche, Código postal 24520. El clima corresponde al subhúmedo con 26°C de temperatura media anual, presentándose los niveles máximos con un promedio de 28°C (INEGI, 2021).

Procedimiento experimental. Se recolectó el follaje de *M. alba* y *B. alicastrum* y se realizó el secado correspondiente en un cuarto con circulación de aire frio. Después del secado, se procedió a moler el follaje seco en un molino pulverizador para así obtener las harinas de *M. alb*a y *B. alicastrum*, posteriormente se realizó la mezcla de acuerdo con la dieta establecida para realizar el alimento peletizado. Antes de iniciar el experimento se desinfectó el establecimiento usando el método todo dentro todo fuera para prevenir posibles propagaciones de enfermedades que ocurren con el manejo en flujo continuo, y se colocó un tapete sanitario en la entrada del establecimiento. Al inicio del experimento se aplicó a la especie una dosis de desparasitante y vitaminas (Doramectina + Vit ADE). Se utilizó un diseño completamente al azar con dos tratamientos experimentales y un testigo, a los cuales se asignaron de manera aleatoria ocho conejos que representaron el mismo número de unidades experimentales. Se le dio un periodo de adaptación con las dietas experimentales durante siete días. Por cada unidad experimental se le suministró 150 g de alimento peletizado de los tratamientos establecidos cada 24 horas (Irlbeck & Hume, 2003).

Toma de datos. Se pesaron los conejos al inicio del experimento, posteriormente, cada siete días. El consumo se evaluó a través de la diferencia del alimento ofrecido menos el alimento rechazado diariamente, durante ocho semanas, Los datos recabados se ordenaron en un libro

de Excel. Se analizaron en un diseño estadístico completo al azar, se realizó un ANOVA y prueba de medias por Tukey P<0.05, en el programa estadístico Statistica V7.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Consumo base seca por tratamiento. El consumo voluntario se vio afectado por el tratamiento experimental, los valores más elevados se registraron en los conejos que consumieron alimento balanceado con un promedio de 100.08 g día^{-1}; mientras que en el de los conejos alimentados con pellets a base de *B. alicastrum* y *M. alba*, los valores promedios observados fueron de 89.79 y 89.03 g, respectivamente (Figura 1).

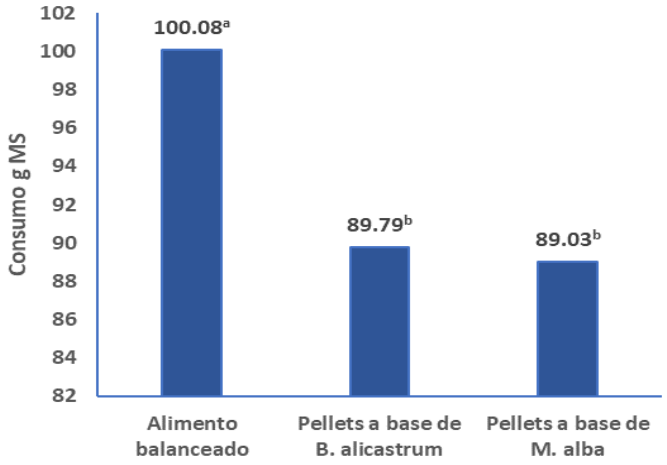


Figura 1. Consumo en base seca por tratamientos.

La ganancia de peso no fue afectada por el tratamiento experimental, los valores observados entre los tres tratamientos fueron similares. En promedio se observa que los conejos alimentados con alimento balanceado comercial ganaron 20.8 g dia^{-1}, los alimentados con pellets a base de *M. alba* obtuvieron una ganancia de 20.44 g día^{-1} y los que consumieron pellets de *B. alicastrum* 19.06 g día^{-1} (Figura 2).

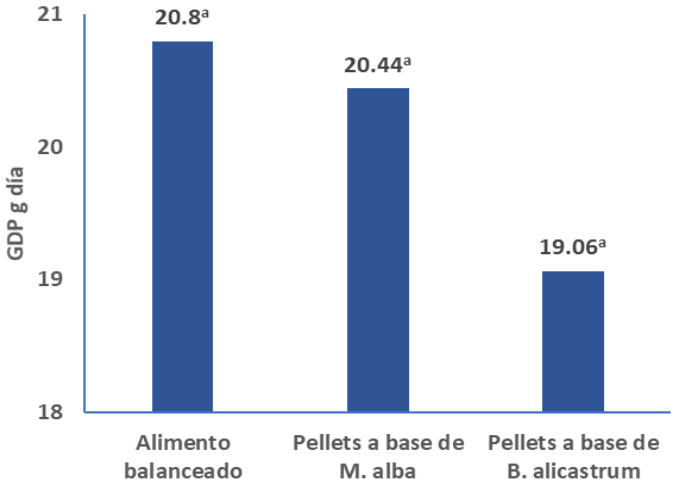


Figura 2. Ganancia de peso por tratamientos.

Conversión alimenticia por tratamiento. La conversión alimenticia se vio afectada por tratamientos, el valor más elevado se encontró en alimento balanceado se consume en promedio 5.85 g de alimento por g de peso ganado, seguido por alimento peletizado a base de *B. alicastrum* con 5.42 g y por último el más bajo el alimento peletizado a base de *M. alba* con 5 g (Figura 3).

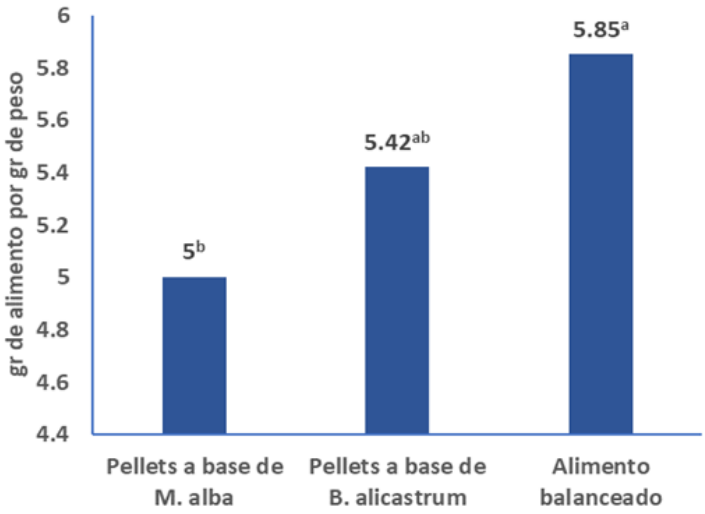


Figura 3. Conversión alimenticia por tratamientos

El consumo voluntario se vio afectado por el tratamiento experimental, los valores más elevados se registraron en los conejos que consumieron alimento balanceado, mientras que en los conejos alimentados con pellets a base de *B. alicastrum* y *M. alba*, los valores observados fueron similares; sin embargo, en cuanto a la ganancia diaria de peso, los valores observados entre los tres tratamientos fueron estadísticamente similares.

CONCLUSIÓN

La conversión alimenticia fue superior en los conejos que consumieron pellets a base de *M. alba*, mientras que los conejos que consumieron pellets a base de *B. alicastrum* presentaron conversión alimenticia similar a los conejos que consumieron pellets a base de *M. alba* y alimento balanceado comercial que fue el que presentó la conversión más baja. Por lo que se concluye que los pellets con 15% de inclusión de harina de *M. alba* pueden sustituir al alimento balanceado en las granjas cunícolas sin afectar sus parámetros productivos.

REFERENCIAS

Bolaños A. (2013). Efecto del peletizado en la dieta, en los costos de producción y desempeño animal.

Hernández, V. P. (2009). Influencia de Molienda y Mini-Peletizado sobre la calidad física de pellet en dietas de aves y su efecto en criaderos. Tesis de nivel Licenciatura. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela de Ingeniería en Alimentos. Valdivia, Chile. 134 p.

INATEC (Tecnológico Nacional de Nicaragua) (2016). Manual del protagonista Nutrición animal. 20p.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). (2021). Aspectos geográficos Campeche. Anuario estadístico y geográfico de Campeche. Anuario estadístico y geográfico de Campeche 2021.

Irlbeck, N. A., & Hume, I. D. (2003). The role of Acacia in the diets of Australian marsupials? A review. Australian Mammalogy, 25(2), 121-134.

Para, P. A., Ganguly S., Wakchaure R., Sharma R., Mahajan T. & Praveen P. K. (2015). Rabbit meat has the potential of being a possible alternative to other meats as a protein source: A brief review. *International Journal of Pharmacy and Biomedical Research*, 2(5): 17-19.

Quintanilla-Medina, J.J., López-Aguirre, D., Cancino-Santiago, J., González-Martínez, J. C. & Hernández-Meléndez, J. (2019). Proceso de peletizado y su efecto en el contenido de nutrientes de *Moringa oleifera* Lam. *Transversalidad científica y tecnológica*, 3(2): 121-125.

Densidad de siembra y componentes principales de calabaza chihua (*Cucurbita argyrosperma* Huber) en Campeche, México

Mónica Beatriz López-Hernández[1], Antonio Villalobos-González[2], Enrique Arcocha-Gómez[1], Noel Antonio González-Valdivia[1], Roberto Carlos Gómez-García[1]

[1]Tecnológico Nacional de México, Campus Chiná (ITChiná), Chiná, Campeche, México. [2]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Campo Experimental Edzná, Campeche, México.
*Autor de correspondencia: villalobos.antonio@inifap.gob.mx.

Recibido: 08/10/24; Aceptado: 02/12/24; Publicado en línea: 20/12/24

RESUMEN

La densidad de siembra es un factor que desempeña un papel importante en el rendimiento de calabaza chihua. El objetivo fue evaluar la variación de caracteres agronómicos en dos poblaciones nativas (Edzná y Champotón) clasificadas dentro la especie *Cucurbita argyrosperma* Huber con base a densidades de siembra en condiciones de temporal en el estado de Campeche. Los estudios se desarrollaron sobre los suelos rojos-arcillosos-profundos, denominados Kancab. La siembra se realizó en el ciclo primavera-verano del 2024, con un diseño de bloques completos al azar con cinco repeticiones. Se evaluaron seis densidades (D) de siembra: 3000 (D1), 4000 (D2), 5000 (D3), 6000 (D4), 7000 (D5) y 8000 (D6) plantas por hectárea. La densidad de siembra afecto ($P \leq 0.05$) la cantidad de semillas completas (NSCF) y totales por fruto (NSTF), longitud (LONS) y ancho de semilla (ANS), peso de 100 semillas (P100S) y total por fruto. La población Champotón presento mejor respuesta a la densidad de siembra al obtener mayor ($p \leq 0.05$) número de semillas completas por fruto, número de semillas totales por fruto y longitud de semilla. El análisis componentes principales y de dispersión, permitió visualizar que ambas poblaciones de calabaza chihua, con 6000 plantas por hectárea se presentó mayor asociación con los caracteres medidos. Finalmente, hubo asociación positiva de NSTF con NSCF y P100S, y ANS con LONS.

Palabras clave: Plantas por hectárea, Caracteres, Rendimiento.

ABSTRACT

Planting density is a factor that plays an important role in the yield of chihua squash. The objective was to evaluate the variation of agronomic traits in two native populations (Edzná and Champotón) classified within the species *Cucurbita argyrosperma* Huber based on planting densities under rainfed conditions in the state of Campeche. The studies were carried out on deep red-clay soils, called Kancab. Planting was carried out in the spring-summer cycle of 2024, with a randomized complete block design with five replications. Six planting densities (D) were evaluated: 3000 (D1), 4000 (D2), 5000 (D3), 6000 (D4), 7000 (D5) and 8000 (D6) plants per hectare. The planting density affected ($P \leq 0.05$) the number of complete seeds (NSCF) and total seeds per fruit (NSTF), length (LONS) and width of seed (ANS), weight of 100 seeds (P100S) and total per fruit. The Champotón population presented a better response to the planting density by obtaining a greater ($P \leq 0.05$) number of complete seeds per fruit, number of total seeds per fruit and seed length. The principal component and dispersion analysis allowed to visualize that both populations of Chihua squash, with 6000 plants per hectare, presented a greater association with the measured characters. Finally, there was a positive association of NSTF with NSCF and P100S, and ANS with LONS.

Key words: Plants per hectare, Characteristics, Yields.

INTRODUCCIÓN

La calabaza es una de las hortalizas de mayor importancia en el mundo por sus beneficios para la salud, consumo y sus subproductos (Bannayan et al. 2017). Anualmente en México se cultivan alrededor de 250 mil hectáreas de calabaza con una producción de más de 697 mil toneladas a cielo abierto y que prácticamente alrededor del 50 % de esta producción se genera en los estados de Sonora, Puebla, Sinaloa, Hidalgo y Zacatecas (INEGI, 2022). En la península de Yucatán se produce

aproximadamente 11 mil toneladas de calabaza al año; donde la siembra de calabaza chihua se realiza de forma manual bajo una densidad de siembra de 2000 a 4000 plantas por hectárea y con rendimiento de semilla que oscila entre los 300 a 500 kilos por hectárea en condiciones de temporal en el ciclo de primavera-verano (Cruz-Cruz & Reyes-Muro, 2020). La relación entre la densidad de siembra y el rendimiento de los cultivos tiene un valor agronómico considerable de interés (Yan et al. 2023); donde los efectos dependientes de la densidad de plantas sobre el rendimiento se deben a la competencia entre plantas adyacentes para los recursos naturales necesarios (Mkenda et al. 2019).

El rendimiento constante en un amplio rango de alta densidad de plantas (Valenzuela, 2024) se considera que representa la fijación máxima de energía que el cultivo puede lograr en el tiempo entre siembras y cosecha. Dado que la competencia entre plantas afecta en gran medida los componentes principales de rendimiento, tales como el número y peso de semillas, biomasa y menor proliferación de raíces (Postma et al. 2020), por lo que es posible ajustar la densidad de plantas por hectárea para optimizar el espacio (Heagy et al. 2023), humedad del suelo (Emah et al. 2024), nutrición (Kirtaeva et al. 2022) y luz (Fonteyne et al. 2023) en el cultivo de calabaza.

La población de plantas puede influir en el cultivo mediante interacciones con plagas (Waithaka et al. 2023). Asimismo, entre menor espaciamiento entre plantas puede dar a los cultivos una ventaja competitiva sobre malezas o proporcionar control ecológico de malezas (Ofosu et al. 2023). En este contexto, la densidad de siembra es una de las decisiones más complejas para los agricultores en la Península de Yucatán, porque implica además calcular la cantidad de semilla y fertilizante que se va a comprar, el uso de otros insumos para el control de plagas y maleza. Por lo que es necesario estudios encaminados al efecto de la densidad de siembra y componentes principales de rendimiento con base a poblaciones nativas (*Cucurbita argyrosperma* Huber) en condiciones de temporal en el ciclo de primavera-verano (P-V). En este sentido, el objetivo del presente trabajo fue evaluar poblaciones de calabaza chihua con base a la densidad de siembra y componentes principales de rendimiento en condiciones de temporal en el estado de Campeche.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio. Los estudios se realizaron en terrenos de la localidad de Pocyaxum, Municipio de Campeche, Camp, con coordenadas en latitud: 19.7333 y longitud: -90.3583, y 30 msnm. La localidad se caracteriza por presentar un clima cálido subhúmedo y una temperatura media de 27°C, aproximadamente con máximas de 29.6° C y unas mínimas de 23.2 ° C anual. El experimento se desarrolló sobre los suelos rojos-arcillosos-profundos, denominados Kancab o K´aancab en la clasificación de suelos elaborados por los antiguos Mayas y llamados Luvisoles en la clasificación de la FAO (2009).

Poblaciones nativas, diseño y manejo experimental. El experimento estuvo conformado por seis densidades (D) de siembra (3, 4, 5, 6 ,7 y 8 mil plantas/ha) y dos poblaciones de calabaza chihua (*Cucúrbita argyrosperma* Huber): una denominada Edzná y otra Champotón. La siembra se realizó con un diseño de bloques completos al azar con cinco repeticiones. La unidad experimental para todas las densidades de siembra consistió en tres surcos de seis metros de longitud con una separación entre surco de 2.40 m. Con relación a la distancia entre plantas: la densidad de 3000 plantas/ha (D1) presentaron una distancia de 1.30 m; para la de 4000 plantas/ha (D2) fue de 1.0 m entre planta; 0.80 m entre planta para 5000 plantas/ha (D3), al depositar una semilla por mata. Mientras que para la densidad de 6000 plantas/ha (D4) fue de 1.30 m entre planta; 1.15 m entre planta para 7000/plantas/ha (D5); 1.0 m entre planta para 8000 plantas/ha (D6), al depositar dos semillas por mata. Durante el desarrollo del experimento se realizó el control de maleza de forma manual. Se fertilizo a los 15 días después de la siembra (dds) con 150 kg de fosfato diamónico (18-46-00) en mezcla con 100 kg de cloruro de potasio. El fertilizante se aplicó de forma manual en suelo húmedo, a una distancia de 10 cm de separación de la base del tallo de la planta de calabaza, que seguidamente fue tapado. Dentro

del manejo fitosanitario de plagas, se realizaron tres aplicaciones con frecuencia semanal del insecticida Decis Forte (Deltametrina) en dosis de 0.5 litros por hectárea para barrenadores.

Variables y análisis de datos. Las variables evaluadas fueron el número de semilla totales (NSTF), completas (NSCF) e incompletas (NSVF) en el fruto (NSTF); se obtuvo al contar el número de semillas completamente formadas e incompletas (vanas), después de extraer la semilla de cada uno de los frutos. La longitud (LONS, cm) y ancho (ANS, cm) de semilla; se obtuvo al medir la semilla con una regla milimétrica. El peso total de semilla en seco (PTS, g); se cuantificó extrayendo la semilla de cada uno de los frutos, que posteriormente fue sometida a un proceso de secado a temperatura ambiente por cinco días y pesado en una báscula digital. El peso de 100 semillas (P100S, g); se obtuvo al elegir al azar 100 semillas de cada fruto para pesarlos en una báscula digital. Cada una de las variables en estudio fue sometida a un análisis en el programa SAS (Statistical Analysis System, para Windows Versión 9.0) en forma individual e interacción. Se calculó la diferencia mínima significativa (DMS de Tukey, $p \leq 0,05$) para la comparación de medias. Posteriormente, se aplicó un análisis de componentes principales (ACP) a partir de la matriz de correlaciones entre los caracteres, con el procedimiento PRINCOMP de SAS. Asimismo, con SAS, se desarrolló un-Plot, utilizando los vectores de los dos primeros componentes principales, que en conjunto explican la mayor parte de la variación total acumulada en los valores medios de los componentes principales (ACP) (Yan, 2014).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se presentó diferencia significativa para las fuentes de variación densidad de siembra y poblaciones de calabaza en las siete características. En el caso de la interacción población por densidad de siembra ($P \leq 0.05$) hubo significancia en longitud de semilla (LONS) y ancho de semilla (ANS), con excepción del número de semillas vanas (NSVF), completas (NSCF) y totales por fruto (NSTF), peso de 100 semillas (P100S) y peso total de semilla (PTS) por fruto (Bannayan et al. 2017), respectivamente (Cuadro 1), lo que demuestra una amplia variación de las variables bajo estudio, entre poblaciones y densidades de siembra, que puede estar relacionado con las temperaturas irregulares durante el desarrollo y crecimiento de las poblaciones que oscilaron entre 22 a 40 °C (Emah et al. 2024).

Cuadro 1. Significancia de cuadrados medios de los análisis de varianza de características agronómicas en poblaciones de calabaza chihua (Edzná y Champotón) de la especie *Cucurbita argyrosperma* Huber.

FV	GL	NSVF	NSCF	NSTF	LONS	ANS	P100S	PTS
POB	1	18.37^{ns}	21840.66*	20592.04*	0.29**	0.0009^{ns}	2.66^{ns}	400.16^{ns}
D	5	605.34**	3430.06^{ns}	2517.57^{ns}	0.20**	0.04*	51.46*	529.46^{ns}
POB x D	5	21.47^{ns}	351.56^{ns}	354.04^{ns}	0.04**	0.03*	8.46^{ns}	11.06^{ns}
Error	11	33.64	2588.07	2219.40	0.0004	0.003	20.21	244.98
Total	23							
C.V. (%)		29.3	24.3	20.6	0.97	6.0	27.5	21.0

FV=fuente de variación; GL=grados de libertad; POB=población nativa de calabaza; D=densidad de siembra; NSVF, NSCF y NSTF=número de semillas vanas, completas y totales por fruto, respectivamente; LONS y ANS=longitud y ancho de semilla, respectivamente; P100S=peso de 100 semillas; PTS=peso total de semilla; **= $p \leq 0.01$; *=$p \leq 0.05$; ns= no significativo.

El estudio muestra que la población Champotón presento mejor respuesta ($p \leq 0.05$) a la densidad de siembra al obtener mayor NSCF, NSTF y LONS (Cuadro 2). Asimismo, la ausencia de diferencias significativas en el NSVF, ANS, P100S y PST, entre poblaciones (Cuadro 2) y NSCF, NSTF y PTS entre densidades (Cuadro 3), señalan una similitud de respuesta a la densidad de siembra, pero también muestra que en condiciones de temporal la densidad de siembra es un componente importante, por lo que es posible ajustar la densidad de plantas por hectárea para optimizar el espacio

(Heagy et al. 2023), humedad del suelo (Emah et al. 2024), nutrición (Kirtaeva et al. 2022) y luz (Fonteyne et al. 2023) en el cultivo de calabaza.

Cuadro 2. Comportamiento medio de características agronómicas con base a la población de calabaza chihua (Edzná y Champotón) de la especie *Cucurbita argyrosperma* Huber.

Plantas/ha	NSVF	NSCF	NSTF	LONS (cm)	ANS (cm)	P100S (g)	PTS (g)
Edzná	21 a	178 b	199 b	1.97 b	0.9 a	16.6 a	34.0 a
Champotón	18 a	239 a	257 a	2.19 a	1.0 a	16.0 a	42.1 a

Medias con la misma letra en cada columna son estadísticamente iguales (Tukey, α = 0.05).

Además de la densidad de siembra (Cuadro 3) (Valenzuela, 2024), otros factores que pueden repercutir en la variabilidad del NSTF en calabaza es el estado de madurez del fruto (Silva-Gómez et al. 2023), fertilización del cultivo (Karashchuk et al. 2022), la fecha de siembra (Choopan et al. 2014), las temperaturas bajas o altas, los niveles insuficientes de humedad y la polinización ineficaz dan como resultado una disminución del cuajado, lo que reduce el rendimiento de los frutos de calabaza (Pomares-Viciana et al. 2017). Al respecto, Hosen et al. (2021) señala, que el número de frutos por planta y el NSTF es fundamental en la generación de materiales de calabaza (*Cucurbita* spp. y *Cucurbita moschata* D.).

Cuadro 3. Comportamiento medio de características agronómicas en poblaciones de calabaza chihua (Edzná y Champotón) de la especie *Cucurbita argyrosperma* con base a la densidad de siembra.

# densidad	Plantas/ha	NSVF	NSCF	NSTF	LONS (cm)	ANS (cm)	P100S (g)	PTS (g)
1	3000	8 b	223 a	231 a	2.10 b	0.95 bc	14.7 a	34.7 a
2	4000	12 b	189 a	201 a	2.15 b	0.98 bc	16.7 a	35.2 a
3	5000	12 b	208 a	220 a	1.71 d	0.86 c	19.7 a	43.5 a
4	6000	16 b	260 a	275 a	2.31 a	1.16 a	21.2 a	58.5 a
5	7000	35 a	187 a	222 a	2.28 a	1.07 ab	13.0 a	29.5 a
6	8000	35 a	183 a	219 a	1.92 c	0.98 bc	12.5 a	27.0 a

Medias con la misma letra en cada columna son estadísticamente iguales (Tukey, α = 0.05); #=número.

El estudio también permitió observar que, a mayor densidad de siembra por hectárea (D5 y D6), se obtienen más NSVF (Cuadro 3). Aunque no se presentaron diferencias significativas para ambas poblaciones de calabaza chihua, en promedio con la D4 se obtuvo el mayor NSTF (275 semillas) y NSCF (260 semillas) (Cuadro 3). En el análisis de componentes principales (CP) indica que con base a dos componentes se explica el 80.2 % de la variación total acumulada en los valores medios de las poblaciones, donde los dos primeros componentes (PC1 y PC2) incluyeron a NSCF, NSTF y P100S como los caracteres de mayor valor explicativo (Figura 1). Resultados similares fueron obtenidos por Ngoc-Nam et al. (2020) en 223 poblaciones provenientes de la especie *C. maxima* y *C. moschata* donde el PC1 y PC2 explicaron el 79.2 % de la variación total.

Al mismo tiempo, en la Figura 1 se representa la dispersión gráfica de las interacciones poblaciones por densidad de siembra, donde se observa una diferenciación de comportamiento de las poblaciones en función de la densidad para los caracteres medidos. Al respecto, de acuerdo con la proyección y ángulos de los vectores; ambas poblaciones a través de la D4 (6000 plantas/ha) presentaron mayor asociación con el NSTF, NSCF y P100S (Figura 1, segundo y cuarto cuadrante). Mientras que con la D6 (8000 plantas/ha) para ambas poblaciones se presentó menor asociación con ANS, LONS, NSTF, NSCF, P100S y PTS (Figura 1, primer cuadrante). Asimismo, el NSVF se asoció negativamente con el PTS; y hubo asociación positiva de NSTF con NSCF y P100S, y ANS con LONS (Figura 1). Estos resultados se asemejan a los de Ezin et al. (2022) quienes encontraron una asociación positiva entre el peso del fruto y NSTF, por lo que la variabilidad observada dentro de las poblaciones de calabaza

muestra que existe la posibilidad de ajustar la densidad de siembra para producir en condiciones de temporal en el ciclo de primavera-verano.

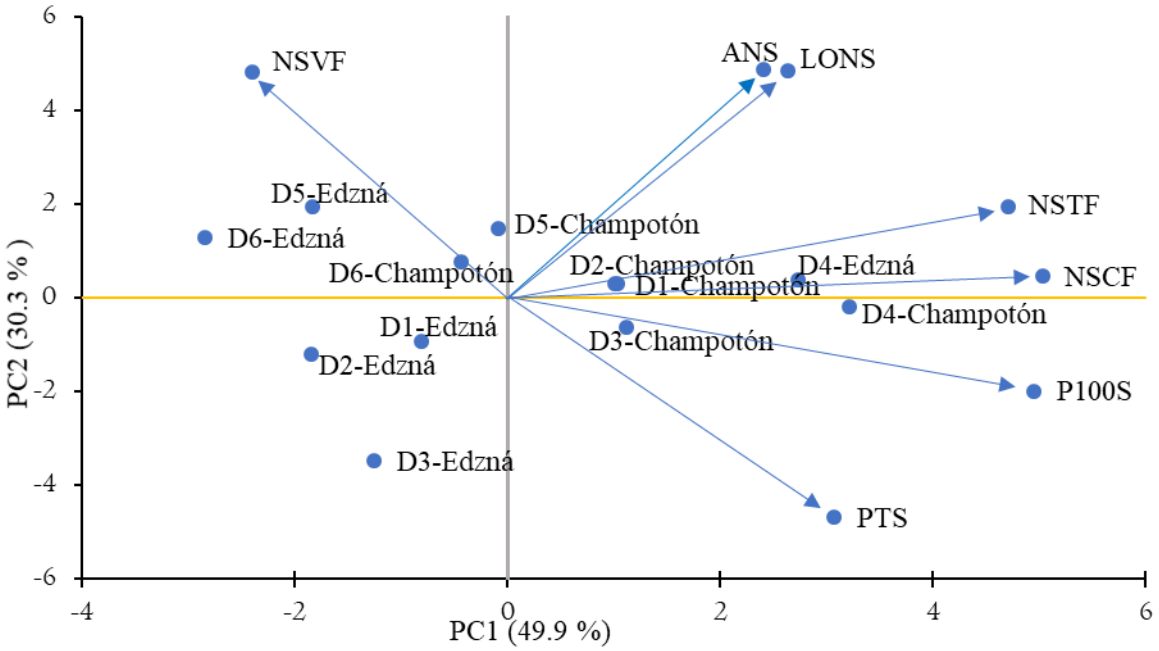


Figura 1. Dispersión de las densidades de siembra (D) y caracteres agronómicos con base en el plano de los dos primeros componentes principales. NSVF, NSCF y NSTF=número de semillas vanas, completas y totales por fruto, respectivamente; LONS y ANS=longitud y ancho de semilla, respectivamente; P100S=peso de 100 semillas; PTS=peso total de semilla.

CONCLUSIÓN

La densidad de siembra afecto la cantidad de semillas completas y totales por fruto, longitud y ancho de semilla, así como el peso de 100 semillas y total por fruto. La población Champotón presento mejor respuesta a la densidad de siembra al obtener mayor número de semillas completas por fruto, número de semillas totales por fruto y longitud de semilla. El análisis componentes principales y de dispersión, permitió visualizar que ambas poblaciones de calabaza chihua, con 6000 plantas por hectárea se presentó mayor asociación con los caracteres medidos. Así mismo, se obtuvo una asociación positiva de número de semillas totales por fruto con el número de semillas completas por fruto y peso de 100 semillas, y ancho de semilla con longitud de semilla.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a todos los ejidatarios y al agente municipal de las localidades de San Gabriel e Independencia por permitir acceder a los predios donde se encontraban las poblaciones de *B. alicastrum*.

REFERENCIAS

Bannayan, M., Mortazagoldani, M., & Reza-Naderi, M. (2017). Growth analysis of pumpkin (*Cucurbita pepo L.*) under various management practices and temperature regimes. *Agricultural Research and Technology, 11*(1), 555801.

Choopan, F., Bannayan-Aval, M., Asadi, G., & Shabahng, J. (2014). Effect of planting date and density on yield and yield components of medicinal plant pumpkin (*Cucurbita pepo L.*). *Journal of Agroecology, 6*, 383–392.

Cruz-Cruz, E., & Reyes-Muro, L. (2020). Producción de semilla de calabaza chihua "Edzná" en Campeche. En Aportaciones del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) al campo mexicano en 35 años.

Emah, K., Hu, L., Boamah, S., Chukwuka, S., Tiika, J. R., Zhang, K., Tie, J., Tang, Z., & Yu, J. (2024). The influence of external parameters on the ripeness of pumpkins. *Sensors, 24*(143).

Ezin, V., Gbemenou, U. H., & Ahanchede, A. (2022). Characterization of cultivated pumpkin (*Cucurbita moschata Duchesne*) landraces for genotypic variance, heritability and agro-morphological traits. *Saudi Journal of Biological Sciences, 29*, 3661–3674.

Fonteyne, S., Castillo-Caamal, J. B., López-Ridaura, S., Van-Loon, J., Espidio-Balbuena, J., Osorio-Alcalá, L., Martínez-Hernández, F., Odjo, S., & Verhulst, N. (2023). Review of agronomic research on the milpa, the traditional polyculture system of Mesoamerica. *Frontiers in Agronomy, 5*, 1115490.

Heagy, K., Schultheis, R. J., Birdsell, T., Knuth, M., & Ward, K. J. (2023). High-density planting and a smaller row width increased yield and decreased fruit size of pumpkins. *HortScience, 58*(10), 1194–1200.

Hosen, M., Rafii, Y. M., Mazlan, N., Jusoh, M., Oladosu, Y., Nazneen-Chowdhury, M. F., Muhammad, I., & Hasan-Khan, M. M. (2021). Pumpkin (*Cucurbita spp.*): A crop to mitigate food and nutritional challenges. *Horticulturae, 7*, 352.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). (2022). *Superficie sembrada o plantada por cultivo producido a cielo abierto.*

Karashchuk, G., Ilchuk, V., & Lavrenko, S. (2022). The impact of varieties, inter-row spacing and doses of fertilizers on fruit productivity and effectiveness of pumpkin production in the South of Ukraine. *Bulgarian Journal of Agricultural Science, 28*(1), 89–95.

Kirtaeva, N. T., Komin, E. A., Grishko, I. A., Evseeva, A. E., & Komin, A. P. (2022). Features of cultivation technology for organic pumpkin certified by JAS (Japan) in the conditions of Primorsky region. *BIO Web of Conferences, 42*, 02013.

Mkenda, A. P., Ndakidemi, A. P., Mbega, E., Stevenson, C. P., Arnold, E. J. E., Gurr, M. G., & Belmain, R. S. (2019). Multiple ecosystem services from field margin vegetation for ecological sustainability in agriculture: Scientific evidence and knowledge gaps. *PeerJ, 7*, e8091.

Ngoc-Nam, N., Kim, M., Kee-Jung, J., Jo-Shim, E., Min-Chung, S., Park, Y., Pyo-Lee, G., & Chur-Sim, S. (2020). Genome-wide SNP discovery and core marker sets for assessment of genetic variations in cultivated pumpkin (*Cucurbita spp.*). *Horticulture Research, 7*, 121.

Ofosu, R., Agyemang-Duah, E., Márton, A., Pásztor, G., Taller, J., & Kazinczi, G. (2023). Herbicide resistance: Managing weeds in a changing world. *Agronomy, 13*, 1595.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2009). *Guía para la descripción de suelos* (4ª ed.). Traducido y adaptado al castellano por Ronald Vargas Rojas. Nairobi, Kenya: FAOSWALIM.

Pomares-Viciana, T., Die, J., Del Rio-Celestino, M., Román, B., & Gómez, P. (2017). Auxin signalling regulation during induced and parthenocarpic fruit set in zucchini. *Molecular Breeding, 37*(4), 56.

Postma, A. J., Hecht, L. V., Hikosaka, K., Nord, A. E., Pons, L. T., & Poorter, H. (2020). Dividing the pie: A quantitative review on plant density responses. *Plant Cell Environment, 44*, 1072–1094.

Silva-Gómez, R., Machado-Júnior, R., Freitas-De Almeida, C., Ravaneli-Chagas, R., Sripathy, K. V., & Groot, P. C. S. (2023). Seed development and maturation. En *Seed Science and Technology*, 1, 17–22.

Valenzuela, H. (2024). Optimizing the nitrogen use efficiency in vegetable crops. *Nitrogen, 5*, 106–143.

Waithaka, A. N., Kasina, M., Samita, E. N., Guantai, M. M., Omuse, R. E., Toukem, K. N., Lattorff, G. M. H., Abdel-Rahman, E. M., Adan, M., Mohamed, A. S., & Dubois, T. (2023). Interactions between integrated pest management, pollinator supplementation, and normalized difference vegetation index in pumpkin, *Cucurbita maxima* (*Cucurbitales: Cucurbitaceae*), production. *Environmental Entomology*, *52*(3), 416–425.

Yan, W. (2014). *Crop variety trials: Data management and analysis*. *Crop Science*, *54*, 2910–2911.

Yan, Z., Cheng, J., Wan, Z., Wang, B., Lin, D., & Yang, Y. (2023). Prediction model of pumpkin rootstock seedlings based on temperature and light responses. *Agronomy*, *13*, 516.

Diagnóstico de los agroecosistemas cañeros de la localidad de Villa Madero, Campeche

Julio Emmanuel Sosa-Zaldívar[1], Bernardino Candelaria-Martínez [1], Elvira María Quetz-Aguirre[1], Salvador Partida-Sedas[2], Adán Cabal-Prieto[3], Emmanuel de Jesús Ramírez-Rivera[4]*, Víctor Daniel Cuervo-Osorio[1]*

[1]1Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Chiná, Departamento de Ingenierías, Chiná, Campeche, México. [2]Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz, Veracruz, México. [3]Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico Superior de Huatusco, Maestría en Ingeniería, Huatusco, Veracruz, México. [4]Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico Superior de Zongolica, Departamento de Innovación Agrícola Sustentable, Zongolica, Veracruz, México.
*Autor de correspondencia: victor.co@china.tecnm.mx; ejramirezrivera@zongolica.tecnm.mx

Recibido: 24/10/24; Aceptado: 02/12/24; Publicado en línea: 20/12/24

RESUMEN

La agricultura moderna de altos insumos ha alcanzado los mayores rendimientos a escala mundial; no obstante, este modelo de producción no ha solucionado los problemas alimentarios y socioeconómicos. Es necesario un cambio hacia una agricultura sustentable capaz de satisfacer las necesidades crecientes de la humanidad, así como de preservar y restaurar los recursos naturales y los agroecosistemas. El sector azucarero en Campeche y en específico la localidad de Villa Madero, presenta la oportunidad de incrementar su rentabilidad sin degradar el ambiente; aunque, son limitados los estudios sobre el estado de los agroecosistemas cañeros. El objetivo del trabajo fue realizar un diagnóstico agroecológico de los agroecosistemas cañeros de la localidad de Villa Madero, Campeche. Se definió el concepto de agricultura sustentable y tres dimensiones (ecológica, económica y social), con esta base se seleccionaron 22 indicadores de evaluación que se estandarizaron y ponderaron para generar un índice. Mediante un muestreo bola de nieve se realizaron entrevistas semiestructuradas a 50 productores cañeros pertenecientes a la Confederación Nacional Campesina. Se analizaron los datos y se obtuvieron los puntos críticos del manejo de los agroecosistemas. Se concluye que los agroecosistemas cañeros de la localidad de Villa Madero obtuvieron un buen grado de sustentabilidad agrícola, aunque existen puntos críticos (espacios remanentes de vegetación, cultivos de cobertura, tipo de fertilización, maquinaria, trabajo extra-finca capacitación, años de escolaridad, acceso a la salud, opinión de la mujer en la toma de decisión y edad del productor) que se deben mejorar para lograr una transición a la agricultura sustentable.

Palabras clave: Agricultura Sustentable, Agroecología, Indicadores.

ABSTRACT

Modern high-input agriculture has achieved the highest yields on a global scale; however, this production model has not solved food and socioeconomic problems. A shift is necessary towards sustainable agriculture capable of meeting the growing needs of humanity, as well as preserving and restoring natural resources and agroecosystems. The sugarcane sector in Campeche and specifically the town of Villa Madero, presents the opportunity to increase its profitability without degrading the environment; Although, studies on the state of sugarcane agroecosystems are limited. The aim of the work was to carry out an agroecological diagnosis of the sugarcane agroecosystems of the town of Villa Madero, Campeche. The concept of sustainable agriculture and three dimensions (ecological, economic and social) were defined; with this basis, 22 evaluation indicators were selected that were standardized and weighted to generate an index. Using snowball sampling, semi-structured interviews were conducted with 50 sugarcane producers belonging to the Confederación Nacional Campesina. The data were analyzed and the critical points of agroecosystem management were obtained. It is concluded that the sugarcane agroecosystems of the town of Villa Madero obtained a good degree of agricultural sustainability, although there are critical points (remaining spaces of vegetation, cover crops, type of fertilization, machinery, off-farm work, training, years of schooling, access to health, women's opinion in decision-making and age of the producer) that must be improved to achieve a transition to sustainable agriculture.

Key words: Sustainable Agriculture, Agroecology, Indicators.

INTRODUCCIÓN

En la histórica y difícil tarea de alimentar adecuadamente a los seres humanos, se han conducido numerosos modelos de desarrollo bajo premisas filosóficas diversas, entre las cuales la agricultura de altos insumos ha sido sin duda la que ha alcanzado los mayores éxitos a escala mundial. Sin embargo, este modelo de producción no ha podido solucionar los problemas alimentarios y socioeconómicos que flagelan a los países menos desarrollados, víctimas del franco deterioro de sus recursos naturales (Funes, 2007). En las últimas décadas ha surgido un especial interés por encontrar metodologías dirigidas a evaluar agroecosistemas. Sin embargo, aún son escasas las investigaciones científicas profundas que adoptan este tipo de perspectivas (Sarandón et al. 2008). Los estudios parten de escenarios tradicionales que resultan insuficientes para establecer indicadores que caractericen, de forma eficiente y completa, a los agroecosistemas (Silva-Santamaría & Ramírez-Hernández, 2017).

El sector azucarero en Campeche presenta la oportunidad de incrementar la eficiencia y rentabilidad tanto en la producción primaria como en la industria; la productividad por hectárea del campo cañero durante los últimos años ha mejorado de manera importante al avanzar de un rendimiento promedio de 54 ton/ha en la zafra 2020/2021 a 64 ton/ha en la zafra 2021/2022, lo anterior, entre otras razones provocado por la incorporación de superficie al riego, incorporación de variedades más productivas y mejoramiento de las prácticas de cultivo. En Campeche, el "Ingenio La Joya", en la zafra 2020/2021 se procesó más de 940615 toneladas de caña obtenidas de las 18520 hectáreas cultivadas por 2389 productores. Sin embargo, la principal amenaza para la producción de caña de azúcar en el estado de Campeche es el deterioro acelerado y la contaminación de los suelos en producción, debido al mal manejo y al poco conocimiento de prácticas sustentables que garanticen las producciones para generaciones futuras.

Es importante evaluar la sustentabilidad agrícola de los agroecosistemas, de modo que asegurar la eficiencia económica, ecológica y social de los mismos. Además, son limitados los estudios que, mediante indicadores, brindan información sobre el estado de los agroecosistemas cañeros de Villa Madero, Campeche. Dicha información permitirá a productores, investigadores y técnicos, tomar decisiones, en busca de alcanzar una sustentabilidad agrícola. Por lo cual, el objetivo del presente trabajo fue realizar un diagnóstico agroecológico de los agroecosistemas cañeros de la localidad de Villa Madero.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio. La presente investigación se realizó en el estado de Campeche, dentro del municipio de Seybaplaya, en la localidad de Villa Madero, en el grupo cañero de Villa Madero 01 pertenecientes a la organización Confederación Nacional Campesina (CNC).

Diseño de muestreo. Mediante la técnica de muestro bola de nieve (Izquierdo, 2015), se entrevistaron 50 productores; los cuales fueron seleccionados bajo los siguientes criterios: (1) la cercanía a la Impulsora Azucarera del Trópico, SA de CV, (2) disposición de los productores para participar en la investigación (3) vías de acceso.

Metodología de evaluación de la sustentabilidad en agroecosistemas La metodología utilizada es la propuesta por Sarandón & Flores (2009) para la evaluación de la sustentabilidad en agroecosistemas. La cual consiste en las siguientes etapas: 1. Establecimiento del marco conceptual: Es fundamental clarificar la definición de Agricultura Sustentable adoptada y los requisitos que se considera que debe cumplir; 2. Caracterización del sistema a evaluar: En esta etapa se debe definir el nivel de análisis y caracterizar el sistema a evaluar. En este caso es muy útil, realizar un diagrama o esquema (modelo) del sistema a analizar; 3. Recopilación inicial de datos: Se debe proceder a la búsqueda y análisis de la información existente sobre el sistema o sistemas a evaluar: características de la zona geográfica, latitud, altitud, tipo de suelos, clima, vegetación y fauna, tipologías de productores en la zona, aspectos socioculturales, etc; 4. Definición de las dimensiones a evaluar: Se

seleccionan las dimensiones a considerar de acuerdo con la definición de agricultura sustentable que se haya adoptado en el marco conceptual y de la selección de los requisitos que debe cumplir la misma; al menos se deben considerar tres dimensiones de evaluación (la ecológica, la económica y la social); 5. Definición de categorías de análisis: En función del marco conceptual adoptado, para cada dimensión, se definen los diferentes niveles de evaluación. Estos niveles se denominan, de lo general a lo particular, categorías de análisis, descriptores e indicadores; 6. Desarrollo de indicadores: Se seleccionan los indicadores acordes al marco conceptual establecido, así como de la definición de agricultura sustentable adoptada. La elección cumple con el requisito de que se dedujeron de las categorías de análisis elegidas y ninguna de las dimensiones de sustentabilidad se quedó sin un indicador que la cuantifique o evalúe; 7. Estandarización y ponderación de indicadores: Para la estandarización, se considera la construcción de escalas, por ejemplo, de 1 a 3, siendo 1 la categoría menos sustentable y 3 la más sustentable. Independientemente de las unidades originales de cada indicador, estos se convertirán y expresarán en algún valor de la escala. De esta manera, todos los indicadores serán directos: a mayor valor, más sustentable. La ponderación es un coeficiente por el cual se debe multiplicar, tanto el valor de los subindicadores y las variables que los forman, como los propios indicadores. El peso que le otorguemos a cada indicador dependerá de la importancia que este tenga en el funcionamiento del sistema en cuestión; 8. Toma de datos: La información necesaria para los indicadores es muy variada, depende de innumerables factores. Dicha información se obtuvo de acuerdo con las características de cada indicador seleccionado, mediante encuestas o entrevistas, por relevamiento de datos en campo y/o análisis de laboratorio, o por recopilación y análisis bibliográfico; 9. Análisis de resultados: Una vez recabados los datos, y desarrollado el valor de los indicadores, los resultados serán descritos de manera sencilla y clara. Una forma de hacer esto es representándolos en un gráfico. En este diagrama se representan los valores de los indicadores obtenidos y se comparan con una situación ideal. Esto permite detectar los puntos críticos de cada sistema, al dar una idea de la distancia entre la situación ideal y la actual; 10. Determinación de puntos críticos: se detectan aquellos puntos críticos del manejo del sistema que atentan o comprometen la sustentabilidad. Esto se aprecia como la diferencia entre el valor ideal y el valor real obtenido. La distancia entre ambos es una medida de la insustentabilidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Establecimiento del marco conceptual. Para el trabajo se definió agricultura sustentable como aquella que "permite mantener en el tiempo un flujo de bienes y servicios que satisfagan las necesidades socioeconómicas de la población, dentro de los límites biofísicos que establece el correcto funcionamiento de los sistemas naturales (agroecosistemas) que lo soportan" (Sarandón & Flores, 2009).

Caracterización del sistema a evaluar. Este tipo de diagramas permite percibir y analizar las interrelaciones entre los componentes del sistema, distinguir las entradas y salidas (deseadas o no) del mismo y detectar las consecuencias de las acciones humanas sobre la sustentabilidad del sistema en estudio. La figura 1 representa en un diagrama, el funcionamiento de un agroecosistema cañero de Villa Madero.

Recopilación inicial de datos. La localidad de Villa Madero está situada en el Municipio de Seybaplaya en el Estado de Campeche se encuentra en las coordenadas geográficas de Longitud -90.701389 y Latitud 19.526667; a una altura promedio de 10 metros sobre el nivel del mar. La temperatura promedio anual es de 27 ºC y una precipitación promedio anual de 1135.6 mm. (INEGI 2021). Es la localidad con mayor población del municipio, cuenta con 4612 habitantes (INEGI 2020). El Atlas Nacional de Riesgos del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED 2019), determina a la localidad con un grado de vulnerabilidad social medio, al igual que para el grado de resiliencia, mientras que el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL 2020), determinan el grado de vulnerabilidad de rezago social como bajo. Se puede

encontrar vegetación conformada en su mayoría por selva de tipo alta subperennifolia, mientras que la fauna está relacionada con el tipo de ecosistema de selva y manglar (SEDATU 2020). La vegetación se modifica en función de las actividades económicas, por ello se ve amenazada por contaminación de agroquímicos, aguas residuales, inadecuada disposición de residuos sólidos y la introducción de especies; siendo la ganadería y la acuicultura los principales introductores (SEDATU 2020).

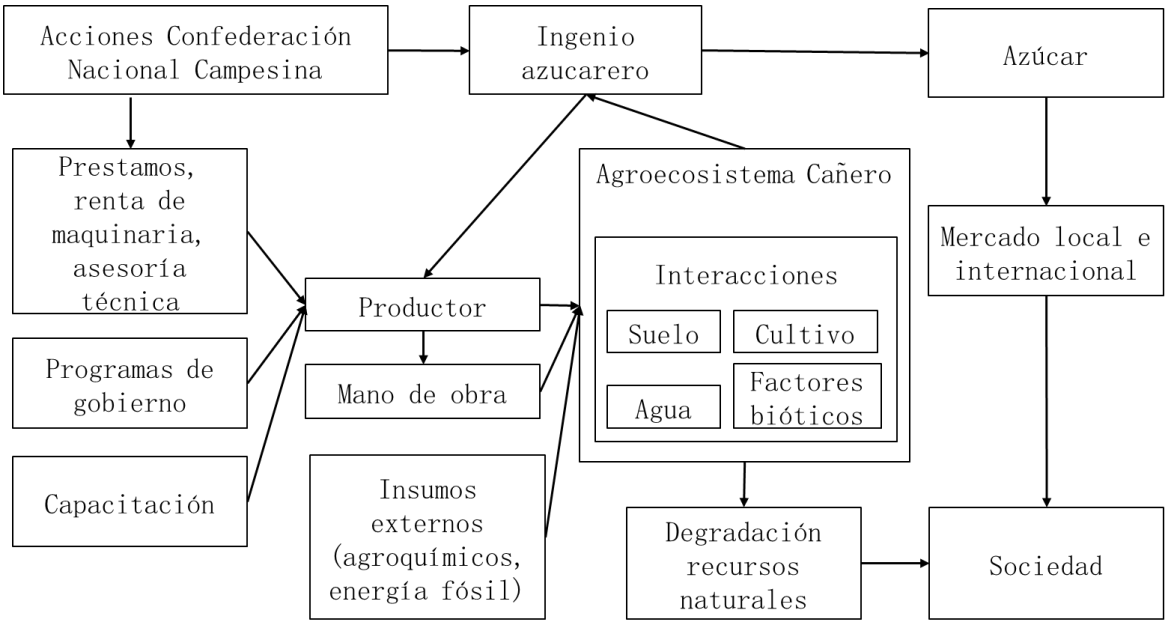


Figura 1. Modelo simplificado de un agroecosistema cañero de Villa Madero.

Definición de las dimensiones a evaluar. De acuerdo con el concepto de agricultura sustentable se definen las dimensiones a evaluar: ecológica, económica y social.

Desarrollo de indicadores. En función de la definición de agricultura sustentable y de cada dimensión, se definieron 22 indicadores de evaluación, ocho ecológicos, seis económicos y ocho sociales (Cuadro 1). Estos, han sido seleccionados de lo más general a lo particular.

Cuadro 1. Indicadores seleccionados y estandarización.

Dimensión	**Indicador**	**Escala**		
		1	**2**	**3**
Ecológica	Tipo de riego	Temporal	Gravedad	Aspersor
	Espacios remanentes de vegetación	No	-	Si
	Número de laboreo del suelo	3	2	1
	Cultivo de cobertura	No	A veces	Si
	Tipo de fertilización	Inorgánico	Ambos	Orgánico
	Número de agroquímicos	>2	2	1
	Procedencia de agroquímicos	Mpio vecino	Cabecera Mpio	Localidad
	Procedencia de semilla	Mpio. vecino	Cabecera Mpio.	Localidad
Económica	Maquinaria	Rentada	Prestada	Propia
	Contrata Mano de obra	No	A veces	Si
	Procedencia Mano de obra	Otro Mpio.	Mpio.	Localidad
	Trabajo extra-finca	Si	A veces	No
	Crédito	Si	-	No

Dimensión	Indicador	Escala		
		1	**2**	**3**
	Pertenece organización	No	-	Si
Social	Intención de heredero	No	-	Si
	Mujer toma decisión	No	-	Si
	Capacitación	No	-	Si
	Acceso salud	No	-	Si
	Servicios en vivienda	No	-	Si
	Alimentación variada	No	-	Si
	Edad	>60	41-60	<41
	Años de escolaridad	<7	7 a 12	>12

Debido a las múltiples dimensiones de la sustentabilidad, los indicadores se expresan en unidades diferentes, en función de la variable que se quiera cuantificar (ecológica, económica, social). Por lo que, se construyó una escala de 1 a 3, siendo 1 la categoría menos sustentable y 3 la más sustentable (Cuadro 1). No todas las dimensiones e indicadores tienen el mismo valor o peso para la sustentabilidad. Para este trabajo se considera a la dimensión ecológica con un valor de 30 de 100, la económica 35 de 100 y la social 35 de 100, siendo 100 el valor máximo de la sustentabilidad agrícola de los agroecosistemas cañeros. La importancia relativa de los diferentes indicadores se muestra en la Cuadro 2, así como los valores promedios obtenidos de los agroecosistemas cañeros de Villa Madero.

Cuadro 2. Valor ponderado por indicador y valores promedio de los agroecosistemas cañeros de Villa Madero.

Dimensión	Indicador	Valor ponderado	Valor promedio agroecosistemas cañeros
Ecológica	Tipo de riego	3.75	1.5
	Espacios remanentes de vegetación	3.75	1.3
	Número de laboreo del suelo	3.75	3.7
	Cultivo de cobertura	3.75	1.3
	Tipo de fertilización	3.75	1.3
	Número de agroquímicos	3.75	2.5
	Procedencia de agroquímicos	3.75	2.9
	Procedencia de semilla	3.75	3.4
Económica	Maquinaria	5.8	2.3
	Contrata Mano de obra	5.8	5.1
	Procedencia de Mano de obra	5.8	5.1
	Trabajo extra-finca	5.8	3.1
	Crédito	5.8	5.7
	Pertenece organización	5.8	5.8
Social	Intención de heredero	4.38	4.38
	Mujer toma decisión	4.38	3.1
	Capacitación	4.38	1.9
	Acceso salud	4.38	3.1
	Servicios en vivienda	4.38	4.0
	Alimentación variada	4.38	3.7
	Edad	4.38	3.2
	Años de escolaridad	4.38	2.9

Análisis de resultados y determinación de los puntos críticos. La edad promedio de los 50 productores entrevistados es de 47 años, donde el 18% de los productores son mujeres y el 82% restante hombres. De acuerdo con la evaluación realizada por medio de los indicadores los puntos críticos en los agroecosistemas cañeros de Villa Madero son, en la dimensión ecológica: espacios remanentes de vegetación, cultivos de cobertura, tipo de fertilización; en la dimensión económica: Maquinaria y trabajo extra-finca; y en la social: capacitación, años de escolaridad, acceso a la salud, mujer toma de decisión y edad (Figura 2).

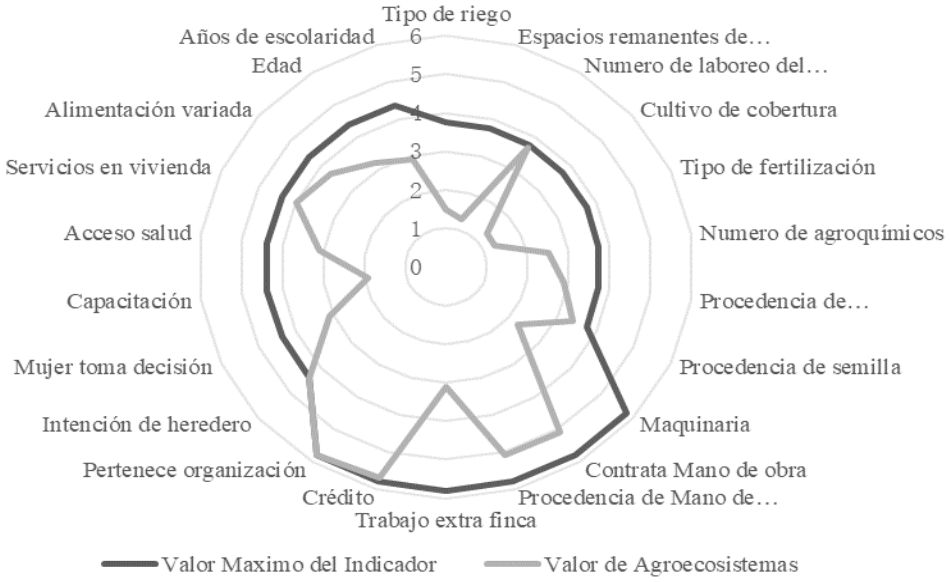


Figura 2. Indicadores de sustentabilidad agrícola de los agroecosistemas cañeros de Villa Madero.

Los productores no cuentan con espacios remanentes de vegetación en sus predios, manteniendo limpios bordes y pasillos, propiciando menor diversidad biológica; tampoco implementan alguna practica de conservación de suelo. La fertilización es 100% mediante fertilizantes sintéticos. La maquinaria con la cual se realiza el surcado es principalmente rentada; la mayoría de los productores tienen un trabajo extra-finca, por lo cual el agroecosistema es dependiente de los ingresos de dicho trabajo. Los productores mencionan que tienen interés por recibir capacitación pero que esta no llega a su localidad o no son informados de ella, además de la indiferencia por parte de la organización campesina y el ingenio por brindar ese servicio. Otro factor importante es la baja escolaridad ya que el 70% de los productores solo cuentan con la secundaria terminada. Asimismo, el 13% de los productores no cuentan con acceso a servicios de salud y el 16% no toma en cuentan a la mujer en la toma de decisiones sobre la parcela.

El valor de sustentabilidad agrícola de los sistemas cañeros obtenido es de 71, indica un buen grado de sustentabilidad. En este sentido, respecto a las dimensiones de la sustentabilidad, la dimensión ecológica es la que se aleja más del nivel máximo, en general los productores priorizan aspectos económicos y sociales. Es por ello, que la capacitación es primordial, para lograr la concientización de los productores y se preocupen por la dimensión ecológica, la cual es la base de sus sistemas productivos.

CONCLUSIÓN

Los agroecosistemas cañeros de la localidad de Villa Madero obtuvieron un buen grado de sustentabilidad agrícola. Sin embargo, existen puntos críticos en el manejo, en donde se deben

implementar acciones en busca de lograr la transición hacia la sustentabilidad agrícola; en la dimensión ecológica son: espacios remanentes de vegetación, cultivos de cobertura, tipo de fertilización; en la dimensión económica: maquinaria y trabajo extra-finca; y en la social: capacitación, años de escolaridad, acceso a la salud, opinión de la mujer en la toma de decisión y edad del productor.

REFERENCIAS

Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED). (2019). *Sistema de consulta de declaratorias.*

Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL). (2020). *Índice de rezago social (IRS). Anexos estadísticos del IRS 2000-2020.*

Funes, F. (2007). *Agroecología, agricultura orgánica y sostenibilidad.* Biblioteca ACTAF. La Habana, Cuba.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2020). *Censo de población y vivienda. Panorama sociodemográfico de Campeche: Censo de población y vivienda 2020: CPV.* México.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2021). *Aspectos geográficos: Campeche.* México.

Izquierdo, G. M. (2015). Informantes y muestreo en investigación cualitativa. *Revista Investigaciones Andina, 17*(30), 1148–1150.

Sarandón, S. J., & Flores, C. C. (2009). Evaluación de la sustentabilidad en agroecosistemas: Una propuesta metodológica. *Agroecología, 4*(4), 19–28.

Sarandón, S. J., Zuluaga, M. S., Cieza, R., Janjetic, L., & Negrete, E. (2008). Evaluación de la sustentabilidad de sistemas agrícolas de fincas en Misiones, Argentina, mediante el uso de indicadores. *Agroecología,* 1(1), 19–28.

Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU). (2020). *Programa de mejoramiento urbano, municipio de Seybaplaya, programa territorial operativo* (Primera edición). México: SEDATU.

Silva-Santamaría, L., & Ramírez-Hernández, O. (2017). Evaluación de agroecosistemas mediante indicadores de sostenibilidad en San José de las Lajas, provincia de Mayabeque, Cuba. *Luna Azul, 44,* 120–152.

Diagnóstico del comportamiento de producción de chayote de las altas montañas del estado de Veracruz

Susana Isabel Castillo-Martínez[1]*; Hilario García-Martínez[1], Rogelio Limón-Rivera[1], María Guadalupe López-Chompascle[1], Evelin Rojas-Huerta[1], Diego Isaac Mendoza-Juárez[1]

[1]Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico Superior de Zongolica, Veracruz, México.
*Autor de correspondencia: susana_castillo@zongolica.tecnm.mx.

Recibido: 01/10/24; Aceptado: 02/12/24; Publicado en línea: 20/12/24

RESUMEN

El chayote (*Sechium edule* (Jacq.) Swartz), es uno de los vegetales más accesibles para los grupos poblacionales de bajos ingresos, además ostenta un potencial nutricional que puede adaptarse a las demandas del mercado que prioriza la ingesta de productos saludables. México es el principal productor y exportador de chayote a nivel mundial y Veracruz es el principal estado productor concentrando su producción en sus Altas Montañas. Por lo anterior, el objetivo de la presente investigación fue diagnosticar el comportamiento de la producción de chayote en México para determinar si es un elemento potencial para el desarrollo regional de las Altas Montañas de Veracruz. La investigación se realizó mediante el modelo de descomposición de la producción de los 14 estados chayoteras registrados en el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) de 1980 al 2023. Las resultados reflejan una tendencia positiva de crecimiento en la producción de chayote para México, siendo Veracruz (inició producción desde 1980), Chiapas (inició producción en 2016) y Tabasco (inició producción en 2011), los tres de mayor importancia, y Nayarit el que refleja menor crecimiento (sembró de 1997 al 2016). Se destaca también que Veracruz ha atravesado tres años de producción nula 1983, 2020 y 2021. Se puede concluir que existe alta heterogeneidad entre los sistemas de producción estatales, y que el chayote es un producto Veracruzano nativo mexicano comestible en los mercados tradicionales, con un alto potencial de desarrollo regional para las Altas Montañas donde se produce, sin embargo, el cambio climático y la presencia de plagas y enfermedades son factores que ponen en peligro dicha sostenibilidad.

Palabras clave: Desarrollo Regional, Modelos Econométricos, *Sechium edule*, Pronósticos De Producción.

ABSTRACT

Chayote (*Sechium edule* (Jacq.) Swartz) is one of the most accessible vegetables for low-income population groups, and also has a nutritional potential that can be adapted to market demands that prioritize the intake of healthy products. Mexico is the main producer and exporter of chayote worldwide and Veracruz is the main producing state, concentrating its production in its High Mountains. Therefore, the aim of this research was to diagnose the behavior of chayote production in Mexico to determine if it is a potential element for the regional development of the High Mountains of Veracruz. The research was carried out using the production analysis model of the 14 chayote-growing states registered in the Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) from 1980 to 2023. The results reflect a positive growth trend in chayote production for Mexico, with Veracruz (started production in 1980), Chiapas (started production in 2016) and Tabasco (started production in 2011) being the three most important, and Nayarit the one with the lowest growth (planted from 1997 to 2016). It is also highlighted that Veracruz has gone through three years of zero production: 1983, 2020 and 2021. It can be concluded that there is high heterogeneity between the state production systems, and that chayote is a native Mexican Veracruz product that is edible in traditional markets, with a high potential for regional development for the High Mountains where it is produced. However, climate change and the presence of pests and diseases are factors that endanger this sustainability.

Key words: Regional Development, Econometric Models, *Sechium edule*, Production Forecasts.

INTRODUCCIÓN

El chayote (*Sechium edule* (Jacq.) Swartz), es una calabaza de una sola semilla popular en América Latina y cultivada en climas tropicales y subtropicales del mundo. Dicho cultivo surgió y fue domesticado en México y Guatemala, es decir, en América Central (Newstrom, 1991). En el contexto de la sostenibilidad, es trascendente analizar los sistemas agrícolas no solo por su importancia económica, sino también por su impacto socioeconómico y cultural (Pascual-Mendoza et al. 2020).

México es el principal productor y exportador de chayote a nivel mundial, y el estado de Veracruz acapara el 66% de la producción nacional (González-Lucas et al. 2019), dicha producción se concentra en los municipios de las Altas Montañas (Coscomatepec, Ixtaczoquitlán y Actopan) (SIAP, 2017). El cultivo enfrenta una situación de baja rentabilidad económica, a pesar de su arraigo cultural y su importancia para pequeños productores locales. La falta de tecnología y las dificultades durante la época seca afectan la productividad del cultivo. Además, la cadena de valor del chayote carece de un enfoque integral que permita identificar estrategias de sostenibilidad.

El comportamiento de la producción se ha analizado en varios cultivos como hule (Castillo-Martínez et al. 2023), cacao (Díaz-José et al. 2013), limón persa (Castillo-Martínez et al. 2020), fresa (Zarzúa et al. 2011), entre otros, con el propósito de determinar las tendencias de producción de los cultivos agrícolas, para posteriormente proponer estrategias de ventajas competitivas que potencialicen sus cadenas productivas, y con esto lograr la sostenibilidad a largo plazo. González-Pérez & García-Ortega (2023) promueven que el conocimiento tradicional y las prácticas sostenibles favorecen la producción de los cultivos agrícolas. Por lo anterior, este estudio propone diagnosticar el comportamiento de la producción de chayote en México para determinar si es un elemento potencial para el desarrollo regional de las Altas Montañas de Veracruz.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el análisis del comportamiento de la producción de chayote se identificaron las tendencias anuales que arrojan su comportamiento, analizando la producción del periodo comprendido entre 1980-2023 reportado por el SIAP de los 14 estados productores de dicho vegetal en México. En el análisis de datos, se aplicó un modelo econométrico que registra el crecimiento en la producción (Díaz-José et al. 2013), basado en la interacción entre la superficie y el rendimiento del cultivo, empleando la siguiente fórmula:

$$PT = A0Y0 + Y0\,(At - A0) + A0(Yt - Y0) + (At - A0)\,(Yt - Y0)$$

Dónde:

PT = Cambios de producción en el periodo de análisis

A0Y0 = Producción del periodo base

Y0(At - A0) = Cuantificación de la contribución por superficie

A0 (Yt - Y0) = Cuantificación de la contribución por hectárea

(At - A0)(Yt - Y0) = Cuantificación del efecto, combinado de superficie y hectárea

Las variables analizadas se normalizaron usando promedios máximos y mínimos aplicando la distribución t-student.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los 14 estados mexicanos han tenido cambios positivos a lo largo del tiempo, sin embargo, sus periodos productivos han iniciado años después que Veracruz, además su producción no ha sido constante. Los resultados demuestran que Veracruz ha tenido el mayor crecimiento de producción (Cuadro 1) en los más de 40 años de producción (0.96), seguido por Tabasco (0.78) y Puebla (0.77),

sin embargo, el horizonte de producción en Tabasco inició en 2011 a 2019, y en Puebla de 2008 a 2019 fue constante y los últimos años ha sido irregular. Eso demuestra una heterogeneidad en la forma de producción y superficie. Mientras que Veracruz tiene más de 2000 ha dedicadas a la producción de chayote, Puebla tiene 40 ha en el último año reportado por el SIAP, y Tabasco no tuvo producción ni ningún otro estado. Lo anterior demuestra que, a pesar de tener potencial productivo en otros estados, el desconocimiento para extender la actividad productiva y comercial del cultivo, así como la falta de infraestructura productiva peligran la sostenibilidad del agroecosistema (González-Pérez & García-Ortega, 2023).

Cuadro 1. Modelo de descomposición de la producción de chayote en México 1980-2023.

México	**Ao**	**At**	**Yo**	**Yt**	**PT**
Baja California	0.13	0.75	1.00	1.00	0.75
Colima	1.00	0.13	0.55	0.96	0.12
Chiapas	0.97	0.71	0.88	0.96	0.68
Guanajuato	0.24	0.18	0.21	0.19	0.03
Jalisco	0.01	0.27	0.17	1.00	0.26
Michoacán	0.25	0.97	0.07	0.77	0.74
México	0.12	0.75	1.00	0.04	0.03
San Luis Potosí	0.02	0.28	0.48	0.59	0.16
Morelos	0.75	1.00	1.00	0.56	0.56
Tabasco	0.42	0.92	0.57	0.86	0.78
Nayarit	0.02	0.07	0.43	0.10	0.00
Puebla	0.50	0.80	0.39	0.96	0.77
Yucatán	0.44	0.15	0.30	0.62	0.09
Veracruz	0.05	0.96	0.28	1.00	0.96

De acuerdo con Cadena-Iñiguez et al. (2024) y Wongsurasate (2021) hay diversas plagas y enfermedades que se presentan en el periodo de cosecha y dañan el cultivo, las cuáles se podrían prevenir con prácticas de poda adecuadas y con la evolución a la agricultura orgánica, lo que podría provocar la sostenibilidad del sistema productivo en México y una reducción del alto grado de heterogeneidad existente.

CONCLUSIÓN

En las Altas Montañas de Veracruz la producción de chayote es clave esencial para la seguridad alimentaria y el desarrollo regional. A pesar de enfrentar desafíos de baja fertilidad del suelo y la escasez de agua para riego, este cultivo ofrece beneficios económicos y sociales significativos. Su promoción y apoyo pueden mejorar la calidad de vida de las comunidades rurales y vulnerables, además de contribuir a la conservación del medio ambiente y la diversidad genética. Asimismo, se recomienda integrar el agroecosistema chayote en las políticas y programas de desarrollo regional para fortalecer la seguridad alimentaria y fomentar el desarrollo sostenible en la región montañosa de Veracruz. Por último, este cultivo tiene el potencial de ser una estrategia efectiva para impulsar el crecimiento económico y social local, al tiempo que promueve la sostenibilidad ambiental.

AGRADECIMIENTOS

Al Tecnológico Nacional de México por el financiamiento del proyecto 20545.24-PD de la Convocatoria Proyectos de Investigación Científica, Desarrollo Tecnológico e Innovación 2024.

REFERENCIAS

Cadena-Iñiguez, J., Olguín-Hernández, G., Aguirre-Medina, J. F., Arévalo-Galarza, M. D. L., Cadena-Zamudio, D. A., Ruiz-Posadas, L. D. M., Avendaño-Arrazate, C. H., & Cisneros-

Solano, V. M. (2024). Reduction of pest organisms and improvement of quality and biosecurity of edible chayote fruits (*Sechium edule (Jacq.) Sw.*). *IntechOpen.*

Castillo-Martínez, S. I., Solano-Varela, A. P., Xochicale-Pacheco, Y., Limón-Rivera, R., & Díaz-José, J. (2020). Comportamiento de la producción de limón persa en la región centro del Estado de Veracruz. *Journal CIM, 8*(1), 213–220.

Castillo-Martínez, S. I., Dimas-García, C., García-Martínez, H., Virgen-Rivera, G., & Quevedo-Rodríguez, J. (2023). Diagnóstico del comportamiento de la producción de hule en el municipio de Tezonapa, Veracruz. En Facultad Maya de Estudios Agropecuarios, de la U. A. de C. (Ed.), *Aplicaciones del conocimiento científico agropecuario, forestal y acuícola con enfoque sustentable: aportaciones desde el Sur-Sureste mexicano* (pp. 155–162). Primera edición. Catazajá.

Díaz-José, O., Aguilar-Ávila, J., Rendón-Medel, R., & Santoyo-Cortés, H. (2013). Current state of and perspectives on cocoa production in Mexico. *Ciencia e Investigación Agraria, 40*(2), 279–289.

González-Lucas, J., Báez-Santacruz, J., Serna-Lagunes, R., Llarena-Hernández, R. C., Núñez-Pastrana, R., & Reynoso-Velasco, D. (2019). Chinches fitófagas (*Hemiptera: Heteroptera*) asociadas al cultivo de chayote (*Sechium edule Jacq.*) en el centro de Veracruz, México. *Entomología Mexicana, 6*, 170–176.

González-Pérez, S., & García-Ortega, J. (2023). Conocimiento y comercialización de chayote (*Sechium edule (Jacq.) Sw.*) en los mercados de Valles Centrales de Oaxaca, México. *Revista Brasileira de Agroecologia, 18*(3), 123–138.

Newstrom, L. E. (1991). Evidence for the origin of chayote, *Sechium edule* (*Cucurbitaceae*). *Economic Botany, 45*, 410–428.

Pascual-Mendoza, S., Manzanero-Medina, G. I., Saynes-Vásquez, A., & Vásquez-Dávila, M. A. (2020). Agroforestry systems of a Zapotec community in the northern Sierra of Oaxaca, Mexico. *Botanical Sciences, 98*(1).

SIAP (Servicios de Información Agroalimentaria y Pesquera). (2017). Información de cultivos: 1980-2017.

Wongsurasate, S. (2021). Cost analysis of the plantation of chayote for farmers in Khao Kho District, Phetchabun Province. *Journal for Developing the Social and Community, 8*(1), 655–664.

Zarzúa, J., Almaguer, G., & Márquez, S. (2011). Redes de innovación en el sistema productivo fresa en Zamora, Michoacán, México. *Revista Chapingo. Serie Horticultura, 17*(1), 51–60.

Efecto de la inoculación de bacterias promotoras de crecimiento vegetal sobre la germinación de agaves

José Abimael Campos-Ruíz[1], Hazael Obed Ramírez-Maces[1], Elí Secundino Porras-Ramírez[1], Víctor Hugo Vásquez-Luna[1], Santiago Justino Hernández-Hernández[1], Fidel Alejandro Castro-Pérez[1], Nancy Alonso-Hernández[2]

[1]Universidades para el Bienestar Benito Juárez García (UBBJG). Sede Educativa Villa De Zaachila, Villa de Zaachila, Oaxaca, México.
[2]Instituto Politécnico Nacional, CIIDIR Unidad Oaxaca, México. *Autor de correspondencia: josecampos92@gmail.com

Recibido: 13/10/24; Aceptado: 02/12/24; Publicado en línea: 20/12/24

RESUMEN

La propagación más común y exitosa del Agave spp. es a través de métodos asexuales; sin embargo, este enfoque puede generar problemas sanitarios y pérdida de variabilidad genética. El objetivo de este trabajo fue determinar el efecto de diferentes períodos de inoculación con un consorcio de dos cepas bacterianas promotoras de crecimiento vegetal (*Azotobacter* spp. y *Azospirillum* spp.) sobre el porcentaje de germinación de semillas de dos especies de la familia Agavaceae: *A. angustifolia* Haw y *A. potatorum* Zucc. bajo un diseño completamente al azar, se evaluaron tres períodos de inoculación: 6 horas (T1), 12 horas (T2), 24 horas (T3) y un control (sin inoculación), con tres repeticiones por tratamiento. Se determinaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre los tratamientos y el control mediante un modelo lineal generalizado (GLM). Para explorar la variación dentro de las especies, se realizó una comparación de medias utilizando el método de Tukey ($\alpha=0.05$). El porcentaje de germinación se evaluó a los 10, 20, 30, 40 y 50 días después de la siembra (DDS). En A. angustifolia, el análisis de varianza y la prueba de medias (Tukey, $p \leq 0.05$) revelaron un aumento de hasta el 55% en la tasa de germinación, reduciendo en 5 días el tiempo de germinación en comparación con los tratamientos pregerminativos con agua destilada. En *A. potatorum*, se observó una disminución del porcentaje de germinación de hasta un 29% después de 24 horas de remojo. En ambas especies, se presentaron dos picos de germinación a los 20 y 30 DDS, que representaron el 96% del total de la germinación en *A. angustifolia* y el 91% en *A. potatorum*. Por otro lado, se evidenció que, a mayor tiempo de remojo, la emergencia disminuyó hasta un 12% en *A. angustifolia* y un 29% en *A. potatorum*..

Palabras clave: Propagación Sexual, Consorcios Bacterianos, Inoculación, Perdida de Diversidad.

ABSTRACT

The most common and successful propagation method for Agave spp. is asexual reproduction; however, this approach may lead to sanitary issues and a loss of genetic variability. The aim of this study was to determine the effect of different inoculation periods with a consortium of two plant growth-promoting bacterial strains (*Azotobacter* spp. and *Azospirillum* spp.) on the germination percentage of seeds from two species of the Agavaceae family: *A. angustifolia* Haw and *A. potatorum* Zucc. using a completely randomized design, three inoculation periods were evaluated: 6 hours (T1), 12 hours (T2), 24 hours (T3), and a control (no inoculation), with three replications per treatment. Significant differences ($p \leq 0.05$) between treatments and the control were determined using a generalized linear model (GLM). To explore the variation within species, mean comparisons were performed using the Tukey method ($\alpha=0.05$). Germination percentages were evaluated at 10, 20, 30, 40, and 50 days after sowing (DAS). In *A. angustifolia*, the analysis of variance and mean comparison (Tukey, $p \leq 0.05$) revealed a 55% increase in germination rate, reducing the germination time by 5 days compared to pre-germination treatments with distilled water. In *A. potatorum*, a decrease of up to 29% in germination percentage was observed after 24 hours of soaking. Both species showed two germination peaks at 20 and 30 DAS, accounting for 96% of total germination in *A. angustifolia* and 91% in *A. potatorum*. Furthermore, it was observed that with longer soaking times, emergence decreased by up to 12% in *A. angustifolia* and 29% in *A. potatorum*.

Key words: Sexual Propagation, Bacterial Consortia, Inoculation, Loss of Diversity.

INTRODUCCIÓN

Las especies de la familia Agavaceae son endémicas del continente americano, donde se encuentran 273 especies en él, cerca de 215 se distribuyen en México, destacando 150 especies por ser nativas del país (UNAM, 2022). Esta gran diversidad fue generada por los diferentes mecanismos de dispersión y diversificación, debido a su importancia cultural, económica y biológica, principalmente para la elaboración de bebidas fermentadas y destiladas tradicionales como el mezcal (CONABIO, 2021). El estado de Oaxaca tiene la mayor diversidad de magueyes del país con 35 especies, donde cuatro son las de mayor valor comercial: agave bacanero, mezcalero, tequilero y tequilero weber, con una superficie de siembra de 11,089.19 ha y un valor de producción de $924,411. 87 (CONABIO, 2021; SIAP, 2024). El municipio de Villa de Zaachila cuenta con una superficie de siembra de 10. 50 ha, con una producción de 36.38 ton y un valor de producción $4,455.65, siendo agave *A. potatotum* Zucc., la especie con mayor presencia de valor comercial (SIAP, 2024).

En la producción de mezcal, el maguey debe aprovecharse antes de entrar a floración, debido a que contiene altos niveles de azúcares, representando una problemática, pues al impedir la formación de semillas y solo aprovechando los hijuelos laterales para su propagación, se obtiene una menor diversidad de la especie, significando una amenaza aun mayor por la pérdida de variabilidad genética (Aquino-Bolaños et al. 2020). Dando mayor importancia a la germinación por semillas, debido a que mantiene la estructura, variabilidad, dinámica y plasticidad fenológica de las poblaciones de Agave spp., sin embargo, este método retrasa el tiempo desarrollo de todo el ciclo productivo de la planta (Anducho-Reyes et al. 2017).

La propagación asexual por hijuelos jóvenes de rizoma presenta uniformidad genética y reduce el tiempo madurez a producción. Debido a la perdida de variabilidad ocasionada por este método de propagación, se ocasionan diversos problemas fitosanitarios, nula adaptación a las condiciones edafoclimáticas, reduciendo directamente el potencial productivo (Niño-Vásquez, 2013). Aunado a los problemas mencionados de las diferentes formas de propagación, Arrazola-Cárdenas et al. (2020) mencionan que existen pocos trabajos enfocados a la propagación de agaves a partir de semillas, por lo que es necesario implementar nuevas alternativas de germinación. Una adopción es el uso de bacterias promotoras de crecimiento vegetal como *Azotobacter* spp., y *Azospirillum* spp., han funcionado como biofertilizantes de gran eficiencia, además que pueden ofrecer otras ventajas como la fijación de nitrógeno atmosférico, solubilizadores de fósforo, liberación de hormonas de crecimiento (auxinas, citocinas y giberelinas) y el complejo de vitamina B (Flores-Gallegos & Rodríguez-Herrera, 2014).

Estos microorganismos son una alternativa que pueden ayudar en el proceso de germinación y sobrevivencia de las plántulas. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue determinar el efecto de diferentes periodos de inoculación en un consorcio de dos cepas bacterianas promotoras de crecimiento vegetal (*Azotobacter* spp. y *Azospirillum* spp.), en el porcentaje de germinación de semillas de dos especies de la familia Agavaceae: *A. angustifolia* y *A. potatorum*, en condiciones controladas, bajo la hipótesis de que el porcentaje de germinación dependerá del tiempo de inoculación en el consorcio bacteriano.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio. Las actividades se realizaron en el vivero de la fundación Guendabi'chi', en el municipio de Villa de Zaachila, ubicado en la Sierra Madre del Sur de Oaxaca, con una variación altitudinal entre 1,400 a 2, 300 msnm, con rangos de temperatura de 16 a 22 °C, las lluvias son variables oscilando de 600 a 800 mm anuales, los climas predominantes son: semiseco semicálido, semicálido subhúmedo y templado subhúmedo, con una variación de pendientes de 10.15% al 60.86% (INEGI, 2022). Esencialmente el tipo de producción del sistema agave es tradicional, con unidades

de producción familiar reducidas, los intereses comerciales promueven sistemas de monocultivos asociándolos temporalmente con cultivos de granos básicos con baja adopción tecnológica.

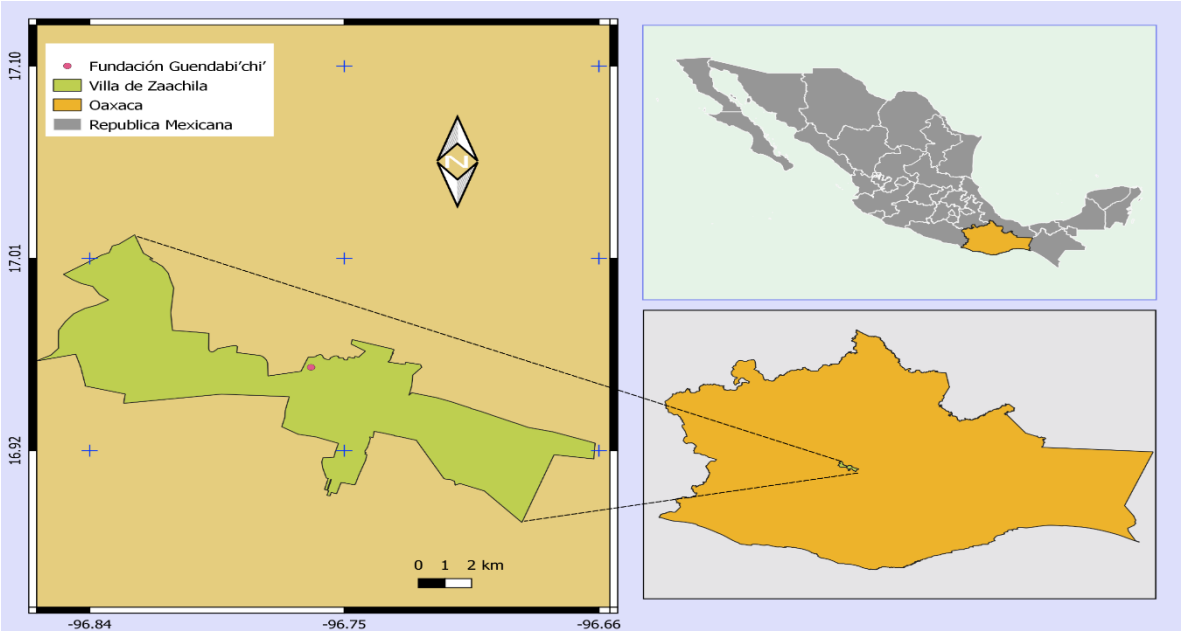


Figura 1. Ubicación del municipio Villa de Zaachila.

Material vegetal. Se utilizaron semillas de dos ecotipos de agaves: *Agave potatorum* y *A. angustifolia* conocidos regionalmente como tobalá y espadín, respectivamente. Las semillas fueron proporcionadas por la fundación Guendabi'chi'. Antes de la siembra se realizó la limpieza de las semillas, descartando semillas vanas, seleccionando la de mejor aspecto físico y sin ningún daño (ruptura, daños por organismos plaga y/o síntomas de enfermedades).

Preparación del inoculo. El consorcio bacteriano de *Azospirillum* y *Azotobacter* fue adquirido de forma comercial. Previo a la siembra para evaluar el efecto de las bacterias en el porcentaje de germinación de cada una de las especies de agave, se plantearon los tratamientos de la siguiente manera: T0: semillas sin remojo, T1: inoculación de semillas durante 6 h, T2: inoculación durante 12 h, T3: inoculación durante 24 h. Para cada uno de los tratamientos se utilizó una concentración de 100mL/L^{-1}, en un recipiente con una capacidad de 20 L, posteriormente se sumergieron las semillas por especie por el tiempo de cada uno de los tratamientos. Se evaluaron tres periodos de inoculación: de 6 h (T1), 12 h (T2), 24 h (T3) y un control (sin inoculación), para identificar el lapso de tiempo donde las semillas garanticen un aumento en la germinación, reduciendo el periodo de obtención de plántulas y así impulsar la propagación vegetal de manera sexual. Para evaluar la capacidad promotora de germinación del consorcio bacteriano se estableció un diseño completamente al azar (DCA), sembrando las semillas en charolas de 200 cavidades, con tres repeticiones, las charolas fueron divididas en cuatro partes (una por tratamiento), se depositaron dos semillas por cavidad a una profundidad de 1 cm, utilizando turba (Sunshine-Mezcla 3®) como sustrato. Se realizaron muestreos simples contabilizando el porcentaje de germinación desde la siembra y periódicamente cada 10 días, hasta los 50 días después de la siembra (DDS; Niu et al. 2018).

Análisis estadístico. Los datos obtenidos se sometieron a pruebas de normalidad, las variables que no presentaron una distribución normal fueron transformados mediante raíz cuadrada (0.5). El análisis de varianza se realizó mediante el procedimiento lineal generalizado (GLM), para precisar entre tratamientos las variables con diferencias significativas ($p \leq 0,05$). Para la exploración de la variación

entre los tratamientos se realizó una comparación de medias por la prueba de Tukey (α=0.05). Todos los análisis fueron realizados con el programa estadístico SAS versión 9.4 (SAS Institute, 2022).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto del consorcio bacteriano en la capacidad germinativa de *A. angustifolia.* El análisis de varianza y la prueba de comparación múltiple de medias (Tukey, p≤0.05), mostraron que el T1 con respecto al control (T0) incremento un 55% la tasa de germinación, el T2 un 44% y el T4 un 10% (Cuadro 1). Estos resultados contrastan con lo reportado por Niño-Vázquez (2013), quien reporta una germinación del 26% con tratamientos pregerminativos con humedades superiores al 57%, a los 20 y 30 DDS. Esto puede ser provocado por el efecto del inoculo debido a que según lo reportado por Jnawali et al. (2015), *Azotobacter*, tiene la capacidad de producir aminoácidos, y estos juegan un papel importante en la tasa de germinación, según el estudio realizado Gudiño-Rodríguez, (2021), quien reporta que la utilización de aminoácidos en la germinación de *A.* angustifolia aumenta la tasa de germinación entre un 85 y 92% con respecto a semillas sin inocular.

Cuadro 1. Promedio de germinación en dos especies de agave.

Tratamientos	Días/ Germinación (%)				
	10 días†	**20 días**†	**30 días**†	**40 días**	**50 días**
Prueba de germinación para la especie *A. angustifolia*					
T0 (testigo)	10a ± 3.05	41.33b ± 2.4	44c ± 3.05	46c ± 3.05	46.66c ± 3.71
T1 (6 hrs)	20a ± 11.13	66a* ± 4.16	70a* ± 5.03	71.33a* ± 4.37	72.66a* ± 4.66
T2 (12 hrs)	14.67a ± 5.33	56ab ± 5.03	64.66ab ± 2.4	65.33ab ± 1.78	67.33ab ± 1.76
T3 (24 hrs)	2a ± 1.15	44b ± 4.61	50.66bc ± 2.66	51.33bc ± 3.52	51.33bc ± 3.52
CV	38	13.95	10.41	9.81	10.4
Prueba de germinación para la especie *A. potatorum*					
T0 (testigo)	8.66a* ± 3.33	48a* ± 5.03	56a* ± 4.61	57.33a** ± 4.66	58.66a** ± 3.52
T1 (6 hrs)	6a ± 2	42a ± 4.05	48.66a ± 5.69	55.33a ± 1.33	57.33a ± 0.66
T2 (12 hrs)	3.33a ± 1.76	27.33ab ± 8.35	34.66ab ± 5.69	35.33b ± 5.33	36b ± 5.03
T3 (24 hrs)	0.66a ± 0.66	8b ± 3.05	13.33b ± 3.71	14.66c ± 3.52	15.33c ± 2.9
CV	35.95	30.22	22.69	17.09	14.14

Altamente significativo=**; Significativo=*. Datos transformados †SQRT (0.5). Medias con letras iguales en la misma columna no son estadísticamente diferentes (Tukey, p < 0.05).

Por otra parte, se evidencio la disminución de viabilidad de germinación hasta un 12%, a mayor tiempo de remojo, esta disminución se asoció a que la difusión del oxígeno no se encuentre a una proporción adecuada para la respiración bacteriana y estas no inhiban compuestos que influyan en la germinación. El patrón sigmoidal de las curvas de germinación, evidencio que el tiempo de remojo no influye sobre el tiempo de germinación, los tres tratamientos siguieron trayectorias temporales similares, pero si mostró dos fases de emergencia definidas (Figura 2).

La primera comprende el periodo entre la siembra y el inicio de germinación (0-20 DDS), en esta fase se presenta una múltiple producción de picos de emergencia representando un 86% del total de todos los tratamientos. La segunda fase corresponde a los 30 DDS con un incremento del 10% de la germinación total, posterior a esta fase no existen picos remarcados en todos los tratamientos, esto puede ser debido a la viabilidad de las semillas y no al efecto de los tratamientos. Estos picos de germinación presentan discrepancia con lo reportado por Martínez-Jiménez (2016), quienes evaluaron tasas de germinación en inmersiones de 12, 24 y 48 horas, iniciando los picos de germinación a partir de los 25DDS con un 30% de emergencia y del 26% a los 30 DDS. La reducción de los tiempos de germinación en *A. angustifoli*a se asocia al efecto producido por el consorcio bacteriano.

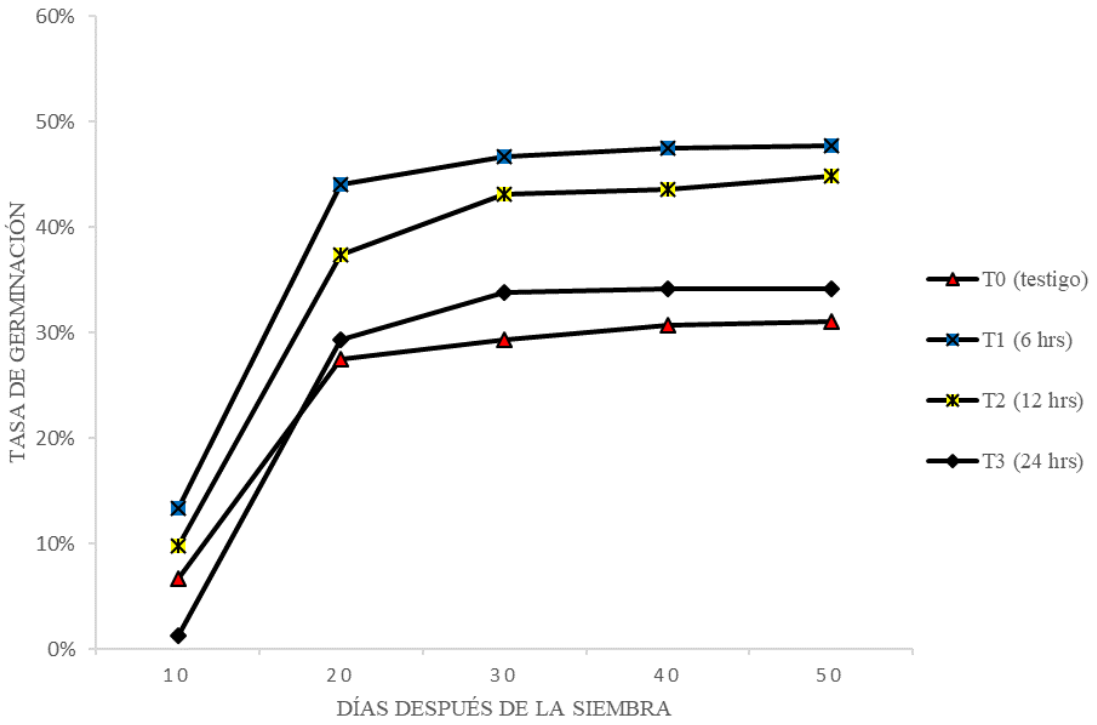


Figura 2. Tasa de germinación por *A. angustifolia* (DDS días después de la siembra).

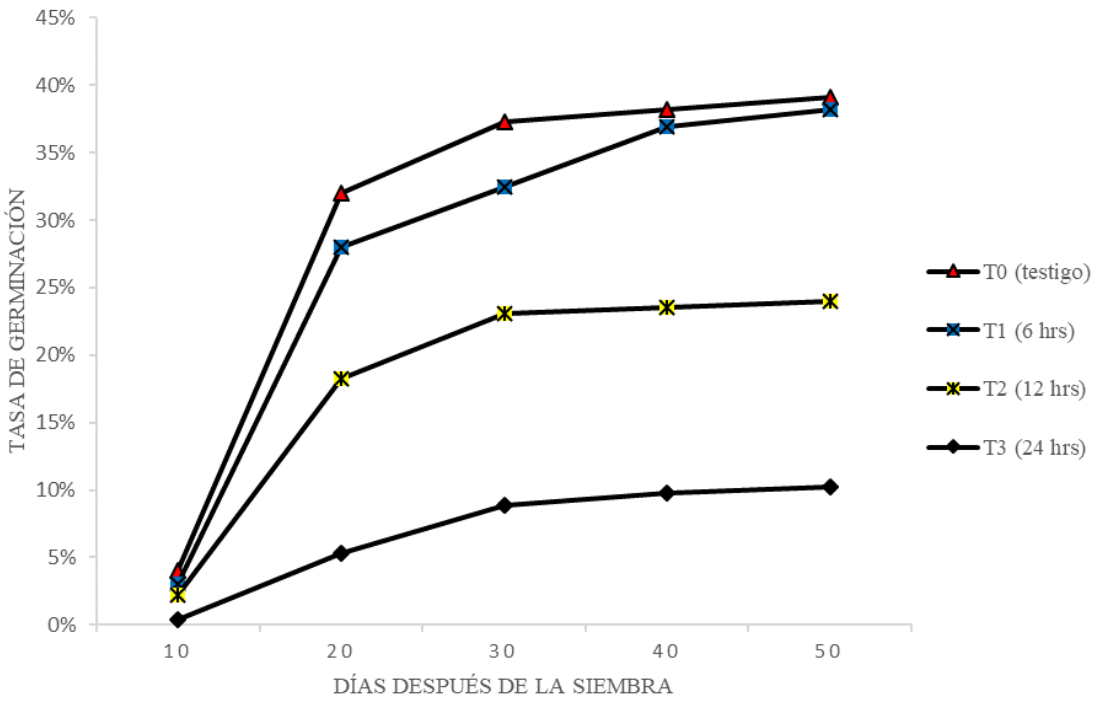


Figura 3. Tasa de germinación por *A. potatorum* (DDS días después de la siembra).

Efecto del consorcio bacteriano en la capacidad germinativa de *A. potatorum*. Para tobalá se presentó evidencia significativa (P≤0.05), de la disminución del porcentaje de germinación de hasta un 29% en los diferentes periodos de remojo (tratamientos) con respecto al control, como se muestra en el Cuadro 1. El T1 presento una disminución del 1% con respecto al control, el T2 un 15% y el T4 un 29% respectivamente. Estos resultados contrastan con lo reportado por Fernández-William (2019) y Martínez-Jiménez (2016), quienes mencionan que, con inmersiones de 12 y 24 h, *A. potarorum* presenta una germinación entre el 86 y 93%. La baja tasa de germinación se asoció al desconocimiento del tiempo de almacenamiento de la semilla obtenida, y según lo reportado por Moncaleano et al. (2013) donde menciona que el tiempo de almacenamiento influye en la disminución de la viabilidad de *A. potatorum*.

El patrón sigmoidal de las curvas de germinación, para tobalá muestra dos fases de emergencia definidas (Figura 3), la primera comprende el periodo entre la siembra y el inicio de germinación (0-20 DDS), en esta fase se presenta un 75% de emergencia del total de todos los tratamientos. La segunda fase corresponde a los 30 DDS con un incremento del 16% de la germinación total, posterior a esta fase no existen picos remarcados en todos los tratamientos. Estos picos de germinación coinciden con lo reportado por Martínez-Jiménez (2016), quienes evaluaron tasas de germinación en inmersiones de 12, 24 y 48 horas, iniciando la germinación a partir de los 20 DDS con un 80% de emergencia y del 10% a los 30 DDS.

CONCLUSIÓN

El uso de consorcios bacterianos (*Azotobacter* y *Azospirillum*), como promotores de germinación, incrementan hasta un 55% la tasa de germinación en *A. angustifolia* y reduce el tiempo de germinación en 5 días con respecto a tratamientos pregerminativos con agua destilada. Para *A. potatorum* se presenta una disminución del porcentaje de germinación de hasta un 29%, posteriores a las 24 horas de remojo. En ambas especies se presentaron dos fases de emergencia a los 20 y 30 DDS, representando un 96% del total de germinación en *A.* angustifolia y un 91% en *A. potarotum.* Por otra parte, se evidencio que, a mayor tiempo de remojo, disminuye hasta 12% la emergencia en *A.* angustifolia y 29% en *A. potatorum*.

REFERENCIAS

Anducho-Reyes, M., Ángeles-Vázquez, Á., Álvarez-Cervantes, J., García-Mendoza, A., Mercado-Flores, Y., & Rodríguez-Garay, B. (2017). Embriogénesis somática: Una alternativa para el cultivo masivo del maguey pulquero *Agave salmiana* var. *salmiana*. *Ciencias Multidisciplinarias (SIMCI)*, 37–47.

Aquino-Bolaños, T., Corzo-Ríos, L., Gutiérrez-Hernández, C., & Ortiz-Hernández, C. (2020). Composición química y germinación de semillas de tobalá (*Agave potatorum*). *Interciencia, 45*, 223–228.

Arrazola-Cárdenas, L., García-Nava, J. R., Robledo-Paz, A., Ybarra-Moncada, M. C., & Muratalla-Lúa, A. (2020). Sustratos y dosis de fertirrigación en la acumulación de azúcares totales y el crecimiento de *Agave salmiana* (*Asparagaceae*). *Polibotánica, 50*, 109–118.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). (2021). Actualización de la información de las especies y subespecies de magueyes de Oaxaca, con énfasis en las especies mezcaleras. *Sistema Global de Información sobre la Biodiversidad.*

Fernández-William, N., Lustre-Sánchez, V., Martínez-Gutiérrez, M., & Morales-García, H. (2019). Tamaño de semilla y tratamientos pregerminativos en la germinación de *Agave potatorum* Zucc. CIIDIR-IPN-OAXACA, 3(1), 5–11.

Flores-Gallegos, A. C., & Rodríguez-Herrera, R. (2014). *Azotobacter: Una bacteria con potencial como biofertilizante eco-amigable.* Saltillo, Coahuila, México: Universidad Autónoma de Coahuila. P 87-106.

Gudiño-Rodríguez, D. A. (2021). *Germinación y desarrollo vegetativo de Agave oaxaca (A. angustifolia Haw) aplicando aminoácidos* (Tesis de licenciatura). Universidad Autónoma Antonio Narro. p 85-96.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2022). México en cifras. Sistema de consulta. Recuperado de https://www.inegi.org.mx

Jnawali, A. D., Ojha, R. B., & Marahatta, S. (2015). Role of *Azotobacter* in soil fertility and sustainability: A review. *Plants Agric, 2*, 250–253.

agave empleadas en la elaboración de mezcal en el municipio de Sola de Vega, Oaxaca (Tesis de maestría). CIIDIR-IPN-OAXACA.

Moncaleano, E. J., Silva, B. C. F., Silva, S. R. D., Granja, J. A. A., Alves, M. C. J. L., & Pompelli, M. F. (2013). Germination responses of *Jatropha curcas L.* seeds to storage and aging. *Industrial Crops and Products, 44*, 684–690.

Niño-Vázquez, R. (2013). *Germinación y viabilidad seminal de *Agave angustifolia* subsp. *tequilana* y *Agave mapisaga* (Tesis de licenciatura). Universidad Autónoma de San Luis Potosí. 29 p.

Niu, X., Song, L., Xiao, Y., & Ge, W. (2018). Drought-tolerant plant growth-promoting rhizobacteria associated with foxtail millet in a semi-arid agroecosystem and their potential in alleviating drought stress. Frontiers in microbiology, 8, 2580.

SAS Institute. (2022). *The SAS System for Windows User's Guide* (Release 9.4). Cary, North Carolina, USA: SAS Institute.

Sistemas de Información Agrícola y Pecuaria (SIAP). (2024). *Producción agrícola: Producción anual agrícola.* Recuperado de https://www.gob.mx/siap

Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). (2022). *Portal de datos abiertos UNAM; colecciones biológicas.* Recuperado de https://datosabiertos.unam.mx

Evaluación de enfermedades de calabaza chihua (*Cucurbita argyrosperma* Huber) en campo

Arianeth Pech-Alemán[1], Carlos Eduardo Álvarez-Hernández[1], Stephan Rönicke[2], Mónica Osnaya-González[2], Noel Antonio González-Valdivia[1]*

[1]Tecnológico Nacional de México, Campus Instituto Tecnológico de Chiná. Laboratorio de Agroecología y Agricultura Orgánica Sustentable (LAAOS), Chiná, Campeche, México. [2]LGAC Innovación Tecnológica para una Agricultura Tropical Sustentable (InnoTATS), Colegio de Posgraduados Campus Campeche, Champotón, Campeche, México.
*Autor para correspondencia: noel.gv@china.tecnm.mx

Recibido: 29/10/24; Aceptado: 02/12/24; Publicado en línea: 20/12/24

RESUMEN

Las enfermedades en la calabaza chihua (*Cucurbita argyrosperma* Huber), representan un desafío significativo para la producción de este cultivo en diversas regiones, incluyendo Tenabo, Santo Domingo Kesté y el Colegio de Posgraduados, Campus Campeche, ubicados en el estado de Campeche, México. Estas enfermedades pueden tener un impacto adverso tanto en la calidad como en el rendimiento de los cultivos, lo que subraya la importancia crítica de su diagnóstico y caracterización para la agricultura local y la seguridad alimentaria. El objetivo general de este proyecto de investigación se centra en la realización de un diagnóstico y la caracterización detallada de los síntomas asociados con las enfermedades que afectan a la calabaza chihua. Para llevar a cabo este objetivo, recolectaron muestras de calabaza chihua en diferentes estados vegetativos, en parcelas visitadas en cada una las áreas previamente mencionadas. La metodología empleada incluyó el uso de medios de cultivo como el Agar-agua, el Agar papa-dextrosa (PDA) y el agar-nutritivo. Estos medios desempeñaron un papel esencial al facilitar la siembra de tejidos vegetales y posteriormente, el aislamiento y purificación de los microorganismos presentes en las muestras. A través de este proceso de aislamiento y purificación, se logró observar y más importante aún, identificar a los microorganismos causantes de estas enfermedades. Estos hallazgos resultan fundamentales para el desarrollo y la implementación de estrategias para un manejo integral que contribuirán significativamente a preservar la sanidad de los cultivos de calabaza chihua; en última instancia, a mejorar la producción agrícola en la región de Campeche, México.

Palabras clave: Aislamiento, Calabaza Chihua, Enfermedades, Medios de Cultivo, Síntomas.

ABSTRACT

Diseases in Chihua squash (*Cucurbita argyrosperma* Huber) represent a significant challenge to produce this crop in various regions, including Tenabo, Santo Domingo Keste and the Colegio de Posgraduados, Campus Campeche, located in the state of Campeche, Mexico. These diseases can have an adverse impact on both crop quality and yield, underscoring the critical importance of their diagnosis and characterization for local agriculture and food security. The general objective of this research project focuses on carrying out a diagnosis and detailed characterization of the symptoms associated with diseases that affect Chihua squash. To carry out this objective, they collected samples of Chihua squash in different vegetative states, in plots visited in each of the previously mentioned areas. The methodology used included the use of culture media such as water agar, potato dextrose agar (PDA) and nutrient agar. These media played an essential role in facilitating the seeding of plant tissues and subsequently, the isolation and purification of the microorganisms present in the samples. Through this isolation and purification process, it was possible to observe and, more importantly, identify the microorganisms that cause these diseases. These findings are fundamental for the development and implementation of strategies for comprehensive management that will significantly contribute to preserving the health of Chihua squash crops; ultimately, to improve agricultural production in the region of Campeche, Mexico.

Key words: Isolation, Chihua Gourd, Diseases, Culture Media, Symptoms.

INTRODUCCIÓN

La calabaza (*Cucurbita argyrosperma* Huber), es una planta dicotiledónea, herbácea y anual que pertenece a la familia botánica Cucurbitaceae. La calabaza criolla, también es conocida en lengua Maya como X-top (referido a la pepita o semilla) y actualmente como Chihua. La calabaza Chihua, es un cultivo de gran importancia para el estado de Campeche, juega un papel crucial en la economía local y como objetivo principal del cultivo es la obtención de semilla (Garza et al. 2010). La producción de la calabaza Chihua es de gran importancia para el estado de Campeche, según el servicio de información agroalimentaria de consulta, por sus siglas SIACON (2022), ocupa el 4to lugar en cuanto a la superficie sembrada, con un total de 15,394 ha, solo por detrás del maíz que ocupa 161,577 ha, de la soya con un total de 65,426 ha y del sorgo con un total de 16,999. Los municipios con mayor producción por toneladas son en primer lugar el municipio de Champotón con 2,155 toneladas, en segundo lugar, el municipio de Escárcega con 1,400 toneladas y como tercero Candelaria con un total de 1,158 toneladas. A nivel nacional ocupa el primer lugar en cuanto a superficie sembrada de calabaza pipiana con un total de 15, 394 ha de tras de él se encuentra Guerrero con un total de 3,397 y en tercer lugar Tabasco con un total de 3,790.97 ha sembradas.

Como cualquier otro cultivo, la calabaza Chihua no está exenta de las enfermedades. Rivera & Wright (2020), mencionan que las enfermedades en los cultivos pueden afectar el crecimiento o desarrollo vegetal desde la siembra, trasplante o plantación hasta luego de la cosecha, y pueden ocasionar pérdidas importantes en el rendimiento y en la calidad en cualquiera de las etapas. Por lo tanto, tienen un impacto significativo en la productividad y, en última instancia, en la economía local. La identificación temprana y precisa de estas enfermedades es esencial para implementar medidas de control efectivas y minimizar las pérdidas. Por lo tanto, la investigación sobre las enfermedades que afectan a la calabaza Chihua es de vital importancia. No solo ayuda a proteger este valioso cultivo, sino que también contribuye a la seguridad alimentaria y al bienestar económico de la 1 región. Al entender mejor estas enfermedades, podemos desarrollar estrategias más efectivas para su manejo y control, asegurando así la sostenibilidad de la calabaza Chihua en Campeche. Con base en lo anterior, los objetivos de este estudio fueron: a) caracterizar los síntomas presentes, b) aislar e identificar los hongos causantes de la enfermedad que estén presentes en el cultivo de calabaza Chihua.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización. El presente proyecto se realizó en el Laboratorio de Fitopatología y Microbiología del Colegio de Postgraduados Campus Campeche, ubicado en el Ejido Sihochac, Champotón, Campeche.

Material vegetal en estudio. Se realizó la recolecta de muestras de estudio en cuatro parcelas diferentes, dos parcelas en la comunidad de Santo Domingo Kesté; la primera parcela localizada en las coordenadas 19° 31' 16.2294" y -90° 31' 4.692", la segunda parcela ubicada en las coordenadas 19°29'35.2638" y -90° 30' 41.7924", una parcela del municipio de Tenabo ubicada en las coordenadas 19°29' 55.608" y 90° 32'35.538", y otra parcela en el área de ensayo de mejoramiento genético de calabaza chihua del Colegio de Postgraduados campus Campeche, localizado en las coordenadas 19°29'55.608" y -90°32'35.538". Cada parcela fue visitada una vez durante un periodo de tres semanas en el mes de septiembre de 2023. Durante estas visitas cada parcela fue recorrida a fin de inspeccionar el cultivo de calabaza Chihua en ellas establecido, y se procedió a la consecuente toma de muestras de tejidos del cultivo, que presentasen señales visibles de alguna patología. La toma de estas muestras se llevó a cabo eligiendo plantas que mostraran síntomas asociados a las enfermedades comunes del cultivo, previamente estudiadas con base en literatura existente especializada en el tema. Se cortaron tejidos como hojas, tallos y frutos, que mostraran síntomas (Siddique et al. 2021).

Análisis de muestras en el laboratorio. Las muestras se enjuagaron en agua de la llave para eliminar cualquier residuo de tierra o impurezas que pudieran interferir con la siembra del patógeno de interés. Para realizar una desinfección de los tejidos vegetales se utilizó cloro al 2% para el material vegetal

(hojas, tallos y frutos). Posteriormente se realizaron en una campana de flujo laminar se realizaron cortes en las muestras de tejido vegetal recolectado de 5 mm de largo y ancho, de tal manera que abarquen tanto tejido enfermo como tejido sano en las partes de las hojas o tallos que mostraban síntomas de enfermedad, los cortes se realizaron con un bisturí. A partir del corte de tejido vegetal sembrados en los medios de cultivo, se obtuvieron cultivos mixtos una variedad de organismos crecieron en las cajas Petri. El procedimiento de aislamiento de organismos se inició una vez que se observó el crecimiento de colonias de hongos en las partes vegetales sembradas en los medios de cultivo. Este aislamiento se realizó en un medio estéril, utilizando la flama del mechero para evitar contaminaciones. Se tomaron nuevas muestras de estos cultivos mixtos, seleccionando diferentes colonias de los hongos, que se sembraron en medios de cultivo PDA para la obtención de un cultivo puro de un hongo en específico (El-Nagar et al. 2024).

Para la observación de los hongos se realizaron montajes permanentes en un porta objetos se cortó un pequeño bloque de PDA de aproximadamente 2 mm, Esto se hizo usando un asa bacteriológica esterilizada. Con ayuda del asa bacteriológica, se colocó el bloque de PDA en la superficie del portaobjeto. Con una aguja de insulina estéril, se removieron porciones pequeñas de la colonia de hongos que se deseaba estudiar y se inoculó en el pequeño bloque de PDA. Luego de la inoculación, se colocó un cubreobjetos estéril sobre la superficie del PDA. Se examinó el montaje periódicamente a simple vista para determinar si la colonia había madurado. Cuando fue evidente un crecimiento suficiente, se retiró cuidadosamente el cubreobjeto con pinzas estériles y se colocó en 15 un portaobjetos con azul de algodón, se observaron en un microscopio óptico con objetivos de 10x a 40x.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

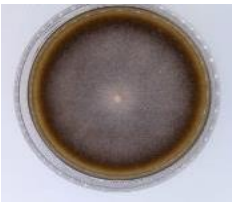
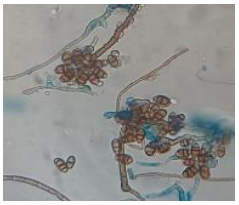
En la caracterización ocurre que un mismo género de hongo puede ser causante de varios síntomas, al igual que un síntoma a menudo puede estar ligado a varias enfermedades. En particular, se identificaron síntomas consistentes de necrosis, clorosis y manchas necróticas con halos cloróticos en las muestras examinadas. La necrosis se manifestó como áreas de tejido muerto, oscurecido y a menudo seco. La clorosis, por otro lado, se presentó como una decoloración amarillenta de las hojas, indicativa de una disminución en la concentración de clorofila. Además, se observaron manchas necróticas con halos cloróticos, que son áreas de tejido muerto rodeadas por un anillo de tejido decolorado. Estos síntomas similares sugieren una posible infección común o patógenos con mecanismos de infección similares. Los resultados de la identificación de hongos y su aislamiento desde tejido infectado de las muestras de hojas, tallos y frutos de calabaza Chihua revelaron la presencia de tres géneros de hongos de gran importancia agronómica como *Alternaria* (Cuadro 1), *Curvularia* (Cuadro 2), y *Fusarium* (Cuadro 3)..

Cuadro 1. Género *Alternaria* aislado desde tejido infectado de las muestras de hojas.

Muestra	Descripción del síntoma	Género	Foto macroscópica	Foto microscópica
	Se observa una necrosis de color marrón con formas irregulares que van desde el borde de la hoja al centro.	*Alternaria* sp.		

Seebold et al. (2015) que los síntomas aparecen primero en las hojas viejas, como pequeñas manchas necróticas que podrían estar rodeadas por un halo amarillo. Las lesiones se expanden para formar manchas grandes de color marrón y en patrones de anillos concéntricos. A medida que las lesiones se expanden, estas pueden converger para formar áreas más grandes de tizón, seguidas de enroscamiento de las hojas y su eventual delineamiento. Tal vez por el grado avanzado de los síntomas de las muestras recolectadas los síntomas caracterizados por *Alternaria* varían referentes a los que nos dice Seebold et al (2015).

Cuadro 2. Género *Curvularia* aislado desde tejido infectado de las muestras de tallos.

Muestra	Descripción del síntoma	Género	Foto macroscópica	Foto microscópica
	El tallo presenta una pudrición blanda.	*Curvularia* sp.		

Ayvar-Serna et al. (2022) que observaron manchas foliares severas en plantas de *Cucurbita argyrosperma* en nueve campos comerciales en Cocula, Guerrero, México. Los conidios eran similares a *Curvularia*, y los análisis morfológicos y moleculares de cinco aislados monoconidiales confirmaron que eran *Curvularia brachyspora*. Las pruebas de patogenicidad confirmaron que los aislados eran la causa de la mancha foliar. En nuestra investigación encontramos que *Curvularia* muestra síntomas de pudrición blanda en tallos y puede afectar de igual forma las hojas como manchas foliares. En nuestro caso no identificamos la especie de *Curvularia* que provoca estos síntomas.

Cuadro 3. Género *Fusarium* aislado desde tejido infectado de las muestras de frutos.

Muestra	Descripción del síntoma	Género	Foto macroscópica	Foto microscópica
	Podredumbre en gran parte de la corteza del fruto, en el pedúnculo y hundimiento del fruto a causa de un cáncer, las lesiones van de un color café a negro en gran parte de la corteza del fruto.	*Fusarium* sp.		

Rosa & Fornaris (2012) y Smith (2007) nos dicen que los síntomas ligados a fusarium pueden ser que el tejido del fruto afectado muestre una pudrición firme y de apariencia corchosa o esponjosa; en condiciones húmedas, es cubierto por una masa de esporas de color blanco a rosado. La lesión puede ser superficial o extenderse hasta la cavidad de las semillas. No se necesita de la presencia de heridas para que ocurra la infección ya que bajo condiciones de humedad el hongo puede penetrar directamente. Sin embargo, la presencia de heridas facilita la entrada del hongo.

CONCLUSIÓN

La caracterización de síntomas se observaron una serie de manifestaciones que fueron consistentes a lo largo del estudio. Los síntomas más comunes fueron clorosis, necrosis, manchas necróticas con halos cloróticos y necrosis en los bordes de las hojas con un margen clorótico. En la identificación de agentes causales se encontraron 3 géneros de hongos Estos hallazgos sugieren que los síntomas observados son indicativos de las enfermedades causadas por estos hongos pueden ser utilizados como marcadores para la detección temprana de enfermedades. La caracterización y la identificación de agentes causantes de las enfermedades, nos indica que no hay una gran variabilidad de síntomas entre los agentes causantes, estos pueden compartir síntomas similares por ello la importancia del estudio.

REFERENCIAS

Ayvar-Serna, S., Díaz-Nájera, J. F., & Vargas-Hernández, M. (2022). *Curvularia brachyspora* causing leaf spot on *Cucurbita argyrosperma* in Mexico. *Journal of General Plant Pathology, 88*, 331–335.

El-Nagar, D., Salem, S. H., El-Zamik, F. I., El-Basit, H. M. A., Galal, Y. G. M., Soliman, S. M., & El-Sayed, E. S. R. (2024). Bioprospecting endophytic fungi for bioactive metabolites with seed germination promoting potentials. BMC microbiology, 24(1), 200.

Garza, S., Núñez, H., Serrano, A., Huez, M., & López, J. (2010). Comportamiento diferenciado de líneas, híbridos y criollos de calabaza arota (*Cucurbita argyrosperma Huber*) en primavera y otoño. *Biotecnia*, *12*(3), 3–13.

Rivera, M., & Writhe, E. (2020). *Apuntes de patología vegetal: fundamentos y prácticas para la salud de las plantas* (1ª ed.). Editorial Facultad de Agronomía. 9 p.

Rosa, E., & Fornaris, G. J. (2003). Survey on fungal diseases affecting vegetable crops in southern Puerto Rico. *Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico, 87*(2–3), 155–160.

Seebold, K. W., Coolong, T., Jones, T., Strang, J., Bessin, R., & Kaiser, C. A. (2015). *Guía de Monitoreo de MIP para Plagas Comunes de los Cultivos Cucurbitáceos en Kentucky*. *Agriculture and Natural Resources Publications, 178*.

SIACON. (2022). *Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta.* Consultado en línea el 11 de diciembre de 2023.

Siddique, S., Shoaib, A., Khan, S. N., & Mohy-Ud-Din, A. (2021). Screening and histopathological characterization of sunflower germplasm for resistance to Macrophomina phaseolina. Mycologia, 113(1), 92-107.

Smith, S. (2007). An overview of ecological and habitat aspects in the genus *Fusarium* with special emphasis on the soil-borne pathogenic forms. *Plant Pathology Bulletin, 16*(3), 97–120. ISSN: 1021-9544.

Fenología del árbol Ramón (*Brosimum alicastrum* Swartz.)

Beatriz Hernández-Avendaño[1], Mayra Y. de la Cruz-De Jesús[1], Emmanuel de Jesús Ramírez-Rivera[1], Ricardo Serna-Lagunes[2], Adán Cabal-Prieto[3], Víctor D. Cuervo-Osorio[4], Carlos Granados-Echegoyen[5], Rubén Purroy-Vásquez[1], Gregorio Hernández-Salinas[1]*

[1]Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Zongolica. Veracruz, México. [2]Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias Región Orizaba-Córdoba, Universidad Veracruzana, Veracruz, México. [3]Tecnológico Nacional de México /Campus Huatusco, Huatusco, Veracruz, México. [4]Tecnológico Nacional de México /Campus Chiná, Campeche, México. [5]CONAHCYT-Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR) Unidad Oaxaca, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, México. *Autor para correspondencia: gregorio_hs@zongolica.tecnm.mx

Recibido: 16/10/24; Aceptado: 02/12/24; Publicado en línea: 20/12/24

RESUMEN

Los pocos estudios de fenología del árbol Ramón (*Brosimum alicastrum*) imposibilitan su conservación, manejo, y aprovechamiento. El objetivo del presente estudio fue caracterizar la fase vegetativa y reproductiva de *B. alicastrum* en las comunidades de San Gabriel e Independencia en el municipio de Tezonapa, Veracruz. Los 32 ejemplares estudiados se localizaron entre 152 y 402 m de altitud, en un clima cálido húmedo (Am), con lluvias en verano y una temperatura media anual de 18 °C. Se evaluaron los eventos vegetativos y reproductivos de *B. alicastrum* aplicando la escala numérica de Fournier. Además, se consideraron unas variables dasométricas y fitosanitarias. La precipitación se obtuvo de una estación meteorológica. Las poblaciones del Ramón presentaban un promedio de 69 cm, 20 m y 389 msnm de diámetro a la altura del pecho, porte y altitud, respectivamente. Diecisiete árboles (masculinos y femeninos) presentaron la plaga agallador (*Trioza rusellae* Tuthill*)* en sus hojas. En San Gabriel, la fase de reposo de las poblaciones abarcó de agosto a noviembre de 2018. Generalmente, tanto en San Gabriel como en Independencia, la aparición de follaje nuevo, la floración masculina y femenina, y fructificación coincidió cuando las precipitaciones fueron de 67.31, 69.3 y 26. 9 mm, respectivamente. La fructificación se produce en tasas relativamente bajas de precipitación. Se concluye que la presencia de la fase vegetativa y reproductiva de *B. alicastrum* se presenta en el mismo periodo en San Gabriel e Independencia; por lo que, una recolecta de semillas es deseable como parte de las prácticas de manejo y conservación forestal por las comunidades rurales.

Palabras clave: Unidades Fournier, Fenofases, Ramón, Precipitación.

ABSTRACT

The few phenology studies of the Ramón tree (*Brosimum alicastrum*) make its conservation, management, and use impossible. The objective of the present study was to characterize the vegetative and reproductive phase of *B. alicastrum* in the communities of San Gabriel and Independencia in the municipality of Tezonapa, Veracruz. The 32 specimens studied were located between 152 and 402 m altitude, in a warm humid climate (Am), with rain in summer and an average annual temperature of 18 °C. The vegetative and reproductive events of *B. alicastrum* were evaluated applying the Fournier numerical scale. In addition, some dasometric and phytosanitary variables were considered. Precipitation was obtained from a meteorological station. The Ramón populations had an average of 69 cm, 20 m and 389 m asl in diameter at chest height, size and altitude, respectively. Seventeen trees (male and female) had the root-knot pest (*Trioza rusellae* Tuthill) on their leaves. In San Gabriel, the resting phase of the populations spanned from August to November 2018. Generally, in both San Gabriel and Independencia, the appearance of new foliage, male and female flowering, and fruiting coincided when rainfall was 67.31, 69.3 and 26.9 mm, respectively. Fruiting occurs at relatively low precipitation rates. It is concluded that the presence of the vegetative and reproductive phase of *B. alicastrum* occurs in the same period in San Gabriel and Independencia; therefore, seed collection is desirable as part of forest management and conservation practices by rural communities.

Key words: Fournier Units, Phenophases, Ramón, Precipitation.

INTRODUCCIÓN

La fenología es una rama de la ecología que se encarga de estudiar los fenómenos periódicos o etapas que ocurren en el ciclo biológico de las plantas, relacionándolos con el ambiente en el cual se desarrollan (Fournier, 1975, Pérez et al. 2013). El estudio fenológico permite recabar información sobre el inicio, duración y culminación del proceso de sus fenofases y su relación con los factores climáticos como la precipitación y la temperatura (Fournier, 1974, 1975, Rodríguez, 2009). Fournier propuso un método cuantitativo de estimación de la floración, fructificación y variación en la cobertura foliar (caída y renovación de las hojas nuevas) con base a la presencia (%) de la característica y también en la elaboración de diagramas fenológicos para esquematizar el desarrollo de los árboles en el tiempo. Esta escala se ha utilizado en otras especies forestales (Urrego & Del Valle, 2001, Ríos-García et al. 2017, Mejenes-López et al. 2020).

El árbol Ramón (*Brosimum alicastrum* Swartz.), es una población monoica, el cual es característico de las zonas tropicales del continente americano, y su área de distribución es tanto en el Golfo de México como del Pacifico debido a sus múltiples usos (madera, forraje, alimento y medicinas) asignados por las comunidades rurales. Los estudios en tono al Ramón se han enfocado a la evaluación del crecimiento, cambios en el sexo, semillas, reguladores de crecimiento, supervivencia y desarrollo de plántulas, zonificación agroecológica, y aspectos fitosanitarios (Hernández-González et al. 2014, Ascencio-Álvarez et al. 2015, Mendoza-Arroyo et al. 2020, Sarmiento-Franco et al. 2022, Miguel-Chávez et al. 2023) contribuyendo al aprovechamiento y conservación.

En México se han estudiado las especies de mayor valor comercial detalladamente para su manejo, por ello resulta de particular importancia profundizar en el conocimiento de la fenología de la flora leñosa nativa (Ochoa-Gaona et al. 2008, Mejenes-López et al. 2020). Lo anterior evidencia que existe escaso conocimiento sobre la fenología de *B. alicastrum*, el cual permitirá proponer esquemas de conservación, manejo forestal, y planificación de recolectas para la reforestación de bosques donde se han sobreexplotado estos ecosistemas. Considerando lo anterior, el presente estudio tuvo como objetivo caracterizar las fases fenológicas del Ramón en las comunidades de San Gabriel e Independencia, Tezonapa Veracruz, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Zona de estudio. El sitio se localizó a una latitud N: 18°57´0682”, LO: -96°73´0556” y altitud entre 152 a 402 m. El suelo dominante en esta área es Litosol (INIFAP-CONABIO, 1995). Presenta un clima cálido húmedo con abundantes lluvias en verano (García, 1998). La precipitación media anual es de 1259.3 mm. La vegetación es de tipo selva media subperennifolia. En esta área se encuentran tres especies forestales de importancia maderable: Cedro (*Cedrela odorata*), Gateado (*Astronium graveolens* Jacq.) y serbal de los cazadores (*Sorbus aucuparia*) y están dentro de alguna categoría de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, por lo que su aprovechamiento maderable se encuentra regulado por la Ley General de Vida Silvestre. Los datos de precipitación fueron obtenidos de la estación meteorológica de Chicomapa, Veracruz (Figura 1) (CONAGUA, 2024), que se encuentra a una distancia de 15 km del área de estudio.

Características generales de los árboles. El Cuadro 1 presenta el diámetro a la altura del pecho (cinta diamétrica de 1.5 m), altura total (clinómetro sunto PMS/360Pc) y altitud (un GPS Garmin eTrex® 10). Los 32 árboles de *B. alicastrum* se encuentran en el Plan de Manejo Forestal, que fue autorizado por la SEMARNAT en el año 1995. De acuerdo con el informante clave los árboles tienen aproximadamente 60 años de edad. Del total, se registraron 17 árboles (masculinos y femeninos) con la plaga agallador (*Trioza rusellae* Tuthill*)* en sus hojas. Al respecto, Ascencio-Álvarez et al. (2015) mencionaron que las agallas en las hojas del ramón afectan a la fotosíntesis y al crecimiento, llegando a impactar su producción.

Tipo de muestreo y fenología. El tipo de muestreo utilizado fue de accesibilidad propuesto por Ramírez-González (2006). El método consistió en levantar los datos de interés de los árboles de ramón de un mínimo de 0.76 cm de circunferencia, que se encontraron al paso, con facilidad para acceder a ellos. También, se valoró cualitativamente el aspecto fitosanitario del árbol. Posteriormente, se evaluó las fases vegetativa y reproductiva en los ejemplares de acuerdo con el método propuesto por Fournier (1974) al proponer una escala del 0 al 4, donde 0= ausencia del fenómeno, 1= 1-25 %, 2= 25-50 %, 3= 51-75 %, 4= 75-100 %. Las observaciones de los eventos fenológicos se realizaron con binoculares y registros fotográficos. En San Gabriel el periodo de evaluación fenológica fue de agosto 2018 a abril 2019; mientras que, en Independencia de enero a abril 2019.

Análisis de datos. Con los datos de las variables dasométricas del ramón se hicieron los análisis de estadística descriptiva mediante Microsoft Excel®. Los datos de las variables fenológicas se concentraron en una hoja de cálculo de Microsoft Excel®, y se construyeron los diagramas fenológicos empleando los promedios de las Unidades Fournier (UF) a través del tiempo evaluado.

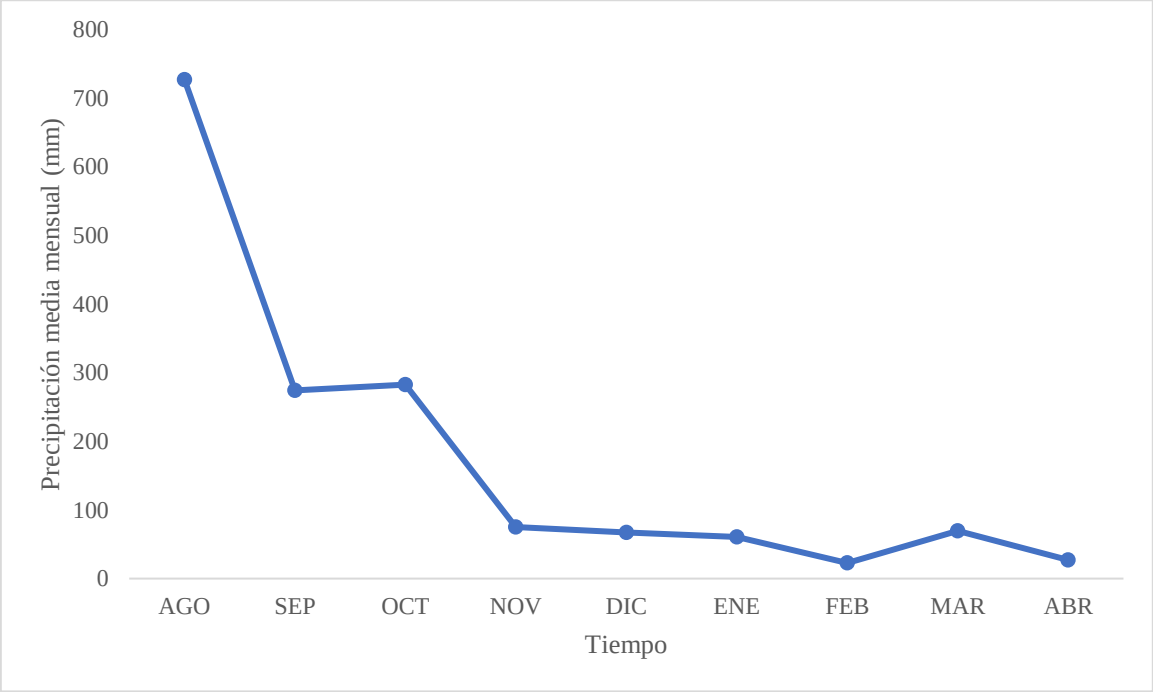


Figura 1. Distribución de la precipitación en el periodo de evaluación 2018-2019.

Cuadro 1. Variables dasométricas y altitud en 32 árboles de Ramón muestreados.

Variable	Media	DE	Valor mínimo	Valor máximo
DAP (cm)	69	24	24 (A9)	115 (A12)
Altura total (m)	20	5.8	12 (A1, A26)	35 (A29)
Altitud (ms)	389	89.3	152 (A6)	402 (A31)

DAP= diámetro a la altura del pecho; DE= desviación estándar; A= Numero de árbol.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización fenológica en San Gabriel. La fase de reposo abarcó las primeras cuatro quincenas evaluadas, que comprendió los meses de agosto a noviembre de 2018 y con un promedio de 3 UF (51 y 75 % de presencia), que se relacionó con los meses de mayor precipitación (Figura 1). La fase de follaje nuevo se presentó entre el periodo 5 y 11 (diciembre 2018 a abril 2019), mostrando brotaciones

de yemas axilares al principio de esta fase, seguida del aumento del tamaño de los brotes, y en la finalización de dicha fase (periodo 9) la abertura de las yemas axilares, que mostraban pequeñas hojas nuevas, destacando un promedio máximo de 3 UF, que posteriormente fue decreciendo (Figura 2). Este evento sucede generalmente durante la época de lluvias menores a 67.31 mm (Figura 1). Similarmente, Franco (1978) en su estudio fenológico de 28 especies arbóreas de la Reserva Forestal de Caparo Venezuela, menciona que la caducifolia de las especies está relacionada con parámetros climáticos y edáficos y encontró que existen especies que brotan las hojas nuevas antes de que caigan las maduras, generando que sus copas no permanezcan desprovistas de hojas.

Figura 2. Fase vegetativa de 12 ejemplares del árbol Ramón evaluados en la comunidad de San Gabriel, Tezonapa, Veracruz. Periodo muestreado: 1 (12/08/2018), 2 (23/09/2018), 3 (18/10/2018), 4 (27/11/2018), 5 (10/12/2018), 6 (11/01/2019), 7 (25/02/2019), 8 (08/03/2019), 9 (29/03/2019), 10 (15/04/2019) y 11 (27/04/2019). F.R.= fase de reposo y F.N.=follaje nuevo.

La fase reproductiva del Ramón se caracterizó por presentar floración femenina en 7 ejemplares; mientras que, la floración masculina se presentó en 4 ejemplares (Figura 3), debido a que es una población monoica (Figura 4). Es importante resaltar que un árbol solo presentó la fase vegetativa probablemente debido a eventos aleatorios o bien que se trataba de un árbol no reproductivo en el periodo de evaluación. La fase reproductiva también involucra la fructificación inmadura o abortiva, y la fructificación madura se observó en 7 individuos femeninos. Pérez et al. (2013) informan que la fase de fructificación puede estar afectada por la cantidad de flores femeninas que se convierten en frutos, pues no todas llegan a la culminación de la fenofase frutos; lo anterior podría estar asociado a la cantidad de nutrientes disponibles en el suelo (Stephenson, 1981).

La fenofase de la floración femenina y masculina se presentó entre los meses de enero y finales de abril 2019 registrando un valor promedio máximo de 2 UF (26-50 %) en los periodos 7 y 8, posteriormente fue decreciendo hasta llegar a 0.3 UF (Figura 3). De acuerdo con el valor promedio máximo de 2 UF obtenido en el presente estudio, se puede inferir que la población del árbol Ramón manifiesta la plenitud de la fenofase de floración tanto masculina como femenina (Figuras 3 y 4) entre febrero y marzo. La precipitación en estos dos meses fue menor a 69.3 mm (Figura 1). El árbol de Ramón florece especialmente en septiembre, aunque también de octubre a febrero; y en el caso en los Tuxtlas, Veracruz, florece de enero a mayo; y en la Península de Yucatán, de enero a junio.

La fase de fructificación inmadura se observó entre los meses de febrero a marzo, registrando en el periodo 8 un valor máximo de 1 UF (1 y 25 % de presencia) (Figura 3), presentándose frutos

inmaduros de un color verde amarillo 5GY8/8 (Munsell color System, 1977). La fase de fructificación madura (Figura 3) se presentó de marzo a abril, registrando en el periodo 10 un valor alto de 2 UF (26 y 50 %) con frutos de color rojo (7.5R4/12) (Munsell color System, 1977); mientras que, en el último periodo se presentó un valor de 1 UF. En esta última fenofase la precitación fue de 26. 9mm (Figura 1). Generalmente, los frutos maduran de febrero a marzo y de mayo a junio en la mayor parte del país. El mismo autor indica que en la Península de Yucatán el desarrollo de los frutos es muy rápido y que se da en los meses de abril y de septiembre.

Figura 3. Fase reproductiva de 11 ejemplares del árbol Ramón en la comunidad de San Gabriel, Tezonapa, Veracruz. Periodo muestreado: 1 (12/08/2018), 2 (23/09/2018), 3 (18/10/2018), 4 (27/11/2018), 5 (10/12/2018), 6 (11/01/2019), 7 (25/02/2019), 8 (08/03/2019), 9 (29/03/2019), 10 (15/04/2019) y 11 (27/04/2019). A.F.= aparición de floración, A.F.I.= aparición de frutos inmaduros y A.F.M.= aparición de frutos maduros.

Caracterización fenológica en Independencia. La población del Ramón se caracterizó por presentar únicamente follaje nuevo en los 20 individuos censados, de los cuales ocho fueron femeninos y diez masculinos, resaltando que la fase reproductiva no se presentó en dos individuos, puesto que presentaban la fase vegetativa. La Figura 5 muestra que la fase vegetativa se acentuó en los periodos 3 y 4 con un valor máximo de 3 UF (51-75 % de presencia), y se mantuvo un valor de 2 UF (26-50 %) para las últimas dos evaluaciones, observándose las aberturas de las yemas axilares con pequeñas hojas nuevas en esta fase vegetativa. La precipitación para estos periodos fue de 69.3 mm (Figura 1). Es importante resaltar que en esta comunidad no se evaluó la fase de reposo, ya que los levantamientos de datos se iniciaron en el mes de enero del año 2019, y dicha fase ya había culminado. En otras especies de árboles, Carabias-Lillo & Guevara (1985) han hecho caracterizaciones fenológicas en especies leñosas perennifolias coyol redondo (*Acrocomia vinífera*), palo de tortilla (*Bernoullia flammea*), peine de mico (*Apeiba membranácea spruce ex benth*) y guanacaste (*Enterobium cyclocarpum*) realizadas en los Tuxtlas, México, determinando que la etapa de rebrote, caída y producción de hojas nuevas ocurren durante todo el año. Por lo tanto, sería interesante continuar la observación de los individuos muestreados por el resto del año para comparar si tienen un comportamiento similar.

La Figura 7 describe la fase de floración masculina y femenina. Dicha fase se observó de enero a abril, registrando un valor máximo de 3 UF (51-75 %) correspondiente al periodo 3, la floración femenina se observó en todo el mes de abril con un valor de 0.1 U. F, y en el último periodo la floración masculina era senescente. En el periodo 3 la precipitación fue de 69.3 mm (Figura 1).

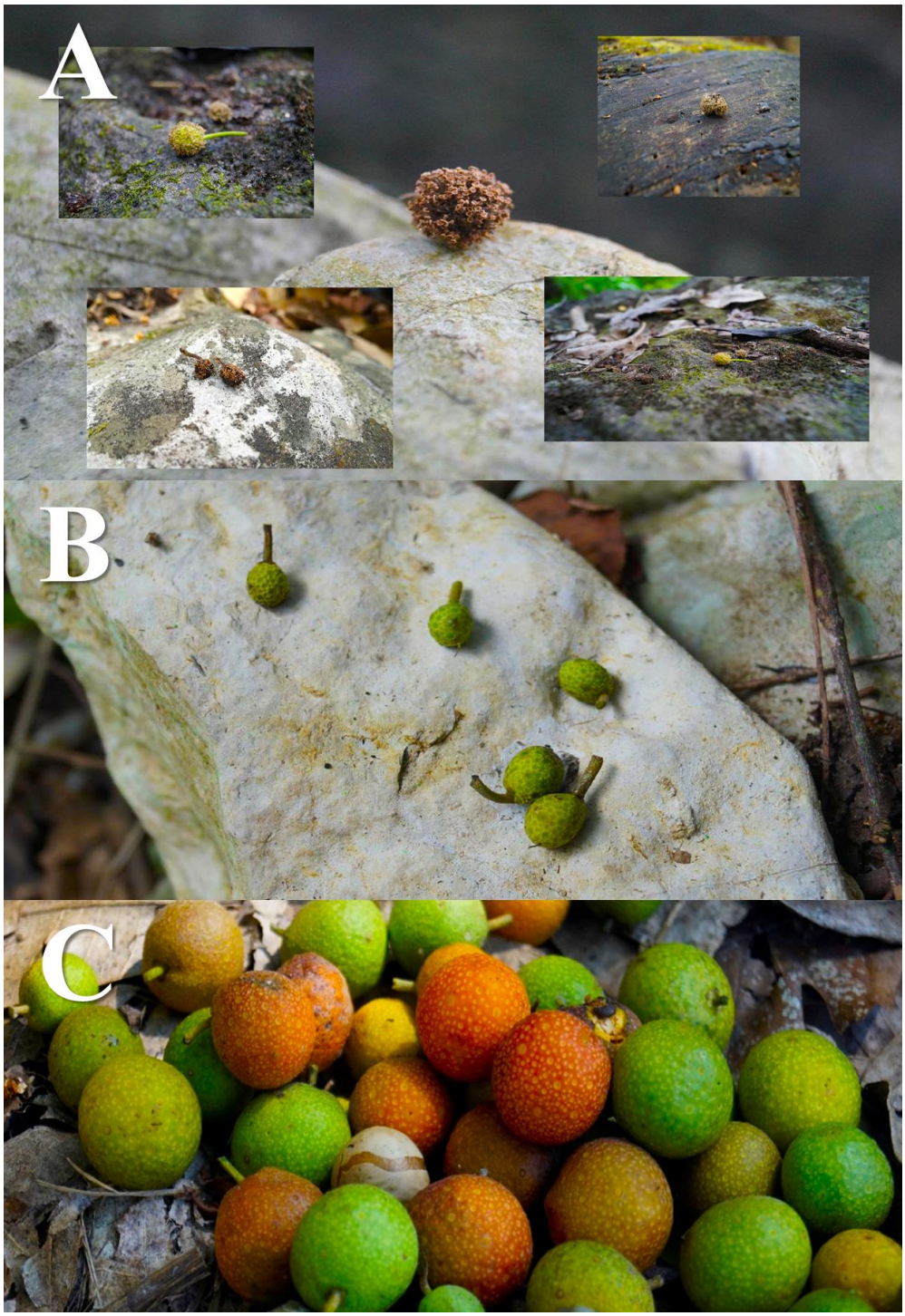


Figura 4. Floración y frutos de *B. alicastrum* en la comunidad de San Gabriel. A) masculina, B) femenina, C) Frutos inmaduros, maduros en San Gabriel Tezonapa, Veracruz.

Figura 5. Fase vegetativa de 20 ejemplares del Ramón evaluados en la comunidad de Independencia Tezonapa, Veracruz. Periodo muestreado 1 (19/01/2019), 2 (05/02/2019), 3 (03/03/2019), 4 (24/03/2019), 5 (11/04/2019) y 6 (28/04/2019). FN= Follaje nuevo.

Figura 6. A) Abertura de la brotación de una hoja nueva, B) hoja nueva observadas durante la fase vegetativa del ramón en la comunidad de Independencia, Tezonapa, Veracruz.

Se registró la fructificación inmadura destaco en el periodo 3 y 4 con un promedio máximo de 1 UF (1 y 25 % de presencia) exhibiendo frutos un color verde amarillo (5GY8/8) (Munsell Color, 1977). La fructificación madura se caracterizó por manifestarse mayormente en el periodo 5 con un máximo de 1.3 UF (1-25 % de presencia) con color de fruto rojo (7.5R4/14), pero en el último periodo disminuyó a 1 UF. En estos dos últimos periodos la precipitación fue de 26.9 mm (Figura 1).

Hernández-González et al. (2014) documentaron que la precipitación es el factor que más influye en el crecimiento en altura y diámetro de *B. alicastrum*. En cambio, en nuestro estudio se evidencia que la fase de floración del Ramón ocurre donde las precipitaciones rondan en los 69.3 mm; y en tanto que, la fructificación aparece durante la época de secas con precipitaciones menores a 26.9 mm. Así

mismo, una mayor precipitación provoca un incremento en la cantidad de flores en las especies forestales estudiadas.

Figura 7. Fase reproductiva de 18 árboles del ramón en la comunidad de Independencia Tezonapa, Veracruz descritos en seis quincenas. 1 (19/01/2019), 2 (05/02/2019), 3 (03/03/2019), 4 (24/03/2019), 5 (11/04/2019) y 6 (28/04/2019), A. Flor= aparición de flor, A. F. I= aparición de frutos inmaduros, A.F. M.= aparición de frutos maduros.

Asimismo, Urrego & Del Valle (2001) reportaron que la precipitación es la variable más importante en las fenofases de 15 especies de especies forestales. En otros estudios fenológicos como el de *Licania arborea* se ha documentado que la temperatura juega un papel relevante en la producción de flores (Ríos-García et al. 2017). Sin embargo, los factores ambientales además de los endógenos de cada especie influyen en el crecimiento de las especies (Medina-Torres et al. 2012).

CONCLUSIÓN

Las etapas fenológicas de *B. alicastrum* se presenta en el mismo periodo de tiempo tanto en San Gabriel como en Independencia. La fructificación se da cuando las precipitaciones son relativamente bajas. La generación de estos hallazgos permite generar un aprovechamiento ecológico a través de la recolecta de semillas para las reforestaciones y así esta especie multipropósito no se pierda en las comunidades rurales.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a todos los ejidatarios y al agente municipal de las localidades de San Gabriel e Independencia por permitir acceder a los predios donde se encontraban las poblaciones de *B. alicastrum*.

REFERENCIAS

Ascencio-Álvarez, A., Martín-Mex, R., Tucuch-Haas, J. I., Valdez-Carrasco, J., Huchin-Poot, E. G., Andrade-Canto, S. B., & Larqué-Saavedra, A. (2015). Gall (*Trioza rusellae Tuthill*) insect identification in *Brosimum alicastrum Swartz* leaves in Yucatán, Mexico. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, *21*(1), 123–132.

Carabias-Lillo, J., & Guevara-Sada, S. (1985). Fenología de una selva tropical húmeda en una comunidad derivada, Los Tuxtlas, Veracruz. En A. Gómez-Pompa & S. Del Amo (Eds.),

Investigaciones sobre la regeneración de la selva alta en Veracruz, México (pp. 27–66). Instituto Nacional de Investigación sobre Recursos Bióticos/Editorial Alhambra Mexicana.

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2024). *Climatología: Resúmenes mensuales de temperaturas y lluvias.*

Fournier, L. A. (1974). Un método cuantitativo para la medición de características fenológicas en árboles. *Turrialba, 24*, 422–423.

Fournier, L. A. (1975). The dendrophenograph: A graphic representation of tree phenology. *Turrialba, 26*(1), 96–97.

García, E. (1998). *Climas de la República Mexicana (clasificación de Köppen modificado por García)* (Escala 1:1,000,000). México.

Hernández-González, O., Vergara-Yoisura, S., & Larqué-Saavedra, A. (2014). Primeras etapas de crecimiento de *Brosimum alicastrum* Sw. en Yucatán. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales, 6*(27), 38–48.

INIFAP-CONABIO. (1995). *Edafología, escala 1:250,000.* Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias - Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.

Miguel-Chávez, R. S., Soto-Hernández, R. M., Vergara-Yoisura, S., Martínez-Ruiz, N. R., Tucuch-Haas, C., & Larqué-Saavedra, A. (2023). *Brosimum alicastrum*: Sexado, producción de flores, semillas y reguladores de crecimiento. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 14*(4), 591–602.

Mejenes-López, S. de M. A., Mendoza-Arroyo, G. E., Marín-Quintero, M., & Chiquini-Medina, R. A. (2020). Reproductive phenology of Uspí tree *Couepia poliandra* (Kunth) Rose (Chrysobalanaceae) in Campeche, Mexico. *Agro Productividad, 13*(10), 13–18.

Mendoza-Arroyo, G. E., Morón-Ríos, A., González-Espinosa, M., Alayón-Gamboa, J. A., & Macario-Mendoza, P. A. (2020). La supervivencia y desarrollo de plántulas de *Brosimum alicastrum* (*Moraceae*) y *Psidium sartorianum* (*Myrtaceae*) difieren en condiciones de inundación. *Acta Botánica Mexicana, 127*, e1548.

Munsell Color (Firm). (1977). *Munsell® Color Charts for Plant Tissues* (2ª ed.). Macbeth Division of Kollmorgen Instruments Corporation. New Windsor, New York. 6 p.

Ochoa-Gaona, S., Pérez, H. I., & Bernardus, H. J. de J. (2008). Fenología reproductiva de las especies arbóreas del bosque tropical de Tenosique, Tabasco, México. *Revista de Biología Tropical, 56*(2), 657–673.

Pérez, L. C. A., Villalba, M. J. C., & Almanza, P. M. I. (2013). Fenología del roble (*Quercus humboldtii Bonpland*) en Popayán (Cauca, Colombia). *Biología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial,* 14p.

Ramírez-González. (2006). *Ecología: Métodos de muestreo y análisis de poblaciones y comunidades.* Editorial Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia. 271p.

Ríos-García, C. A., Orantes-García, C., Verdugo-Valdez, A. G., Sánchez-Cortés, M. S., & Farrera-Sarmiento, O. (2017). Estudio fenológico de *Licania arborea Seem* (*Chrysobalanaceae*) en Jiquipilas, Chiapas, México. *Agro Productividad, 10*(8), 48–52.

Rodríguez-B., C. (2009). Fenología de *Quercus ilex L.* y *Quercus suber L.* en una dehesa del centro peninsular (proyecto fin de carrera, Ingeniería Técnica Forestal). Madrid: Universidad Politécnica de Madrid. 100 p.

Sarmiento-Franco, L., Montfort-Grajales, H., & Sandoval-Castro, C. (2022). La semilla del árbol Ramón (*Brosimum alicastrum Swartz*): Alternativa alimentaria energética para animales de producción y seres humanos. *Bioagrociencias, 15*(1), 19–27.

Stephenson, A. G. (1981). Flower and fruit abortion: Proximate causes and ultimate functions. *Annual Review of Ecology and Systematics, 12*, 253–279.

Urrego, L. E., & Del Valle, J. I. (2001). Relación fenología-clima de algunas especies de los humedales forestales (guandales) del Pacífico sur colombiano. *Interciencia, 26*(4), 150–156.

Rizobacterias aisladas en cultivo de maíz (*Zea mays* L.) con potencial biofertilizante

Yaritza Yolanda Quintal-Vargas[1], Mónica Beatriz López-Hernández[2]*, Arely Anayansi Vargas-Díaz[3]

[1]Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Chiná, Posgrado en Agroecosistemas Sostenibles Chiná, Campeche.
[2]Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Chiná, Posgrado en Agroecosistemas Sostenibles. Chiná, Campeche, México
[3]Colegio de Postgraduados, Campus Campeche, Posgrado en Bioprospección y sustentabilidad agrícola en el trópico. Sihochac, Champotón, Campeche, México. *Autor de correspondencia monica.lh@china.tecnm.mx.

Recibido: 01/10/24; Aceptado: 02/12/24; Publicado en línea: 20/12/24

RESUMEN

México es uno de los principales países productores y consumidores de maíz. Entre las principales prácticas agronómicas para su cultivo es el uso excesivo de fertilizantes químicos lo que conlleva a problemas de contaminación al suelo como al medio ambiente. En busca de alternativas sustentables de fertilización, el objetivo de este estudio es aislar y determinar el potencial biofertilizante de bacterias rizosféricas asociadas al maíz en el estado de Campeche. Las bacterias se obtuvieron de un lote aislado de la rizosfera de maíz procedente de campos agrícolas de los municipios de Hopelchén y Champotón. De las cuales 16 bacterias determinaron su capacidad in vitro para sintetizar AIA, fijación de N, solubilización de P, producción de ácidos orgánicos y potasio, así como su actividad antagónica contra Fusarium sp. Los resultados permitieron observar que solo 38 % de las bacterias fue capaz de sintetizar AIA, las bacterias GRB4 (8.430 µg ml^{-1}) y YRB2 (8.980 µg ml^{-1}) demostraron la mayor producción, el 56 % de las bacterias demostró actividad solubilizadora de fosforo similar a lo obtenido por la producción de ácido orgánicos (50 %). En la solubilización de potasio solo el 31% presentaron resultados positivos. En los mecanismos indirectos relacionados con la actividad antagónica los aislados de este estudio no presentaron halos de inhibición contra la cepa fitopatógena Fusarium sp. Estos resultados indican que estas cepas tienen potencial para ser empleadas en un futuro como biofertilizantes para el cultivo de maíz, sin embargo, es importante realizar otros estudios para confirmar esta actividad.

Palabras clave: Campeche, *in vitro*, Nitrógeno Atmosférico, Rizosfera, PGPR.

ABSTRACT

Mexico is one of the main corn producing and consuming countries. Among the main agronomic practices for its cultivation is the excessive use of chemical fertilizers, which leads to soil and environmental contamination problems. In search of sustainable fertilization alternatives, the objective of this study is to isolate and determine the biofertilizing potential of rhizospheric bacteria associated with corn in the state of Campeche. The bacteria were obtained from a batch isolated from the corn rhizosphere from agricultural fields in the municipalities of Hopelchén and Champotón. Of these 16 bacteria, the in vitro capacity to synthesize IAA, N fixation, P solubilization, production of organic acids and potassium, as well as their antagonistic activity against Fusarium sp. was determined. The results showed that only 38% of the bacteria were able to synthesize IAA, the bacteria GRB4 (8,430 µg ml^{-1}) and YRB2 (8,980 µg ml^{-1}) showed the highest production, 56% of the bacteria showed phosphorus solubilizing activity similar to that obtained by the production of organic acids (50%). In the potassium solubilization only 31% presented positive results. In the indirect mechanisms related to the antagonistic activity, the isolates of this study did not present inhibition halos against the phytopathogenic strain Fusarium sp. These results indicate that these strains have the potential to be used in the future as biofertilizers for corn cultivation, however, it is important to carry out other studies to confirm this activity.

Key words: Campeche, *in vitro*, Atmospheric Nitrogen, Rhizosphere, PGPR.

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial el maíz (*Zea mays L.*) representa el tercer lugar en cultivo de cereales (Carvajal-Larenas & Caviedes, 2019); en México se cultivan aproximadamente 7 millones de hectáreas de maíz en grano con rendimientos promedios de 3.33 t ha^{-1}, lo que significa una producción de 23 millones de toneladas (Santillán-Fernández et al. 2022). Sin embargo, para cubrir el consumo nacional los

productores requieren una gran demanda de fertilizantes químicos (García-Salazar et al. 2018). Por lo que, el uso masivo de estos compuestos conlleva a un aumento de los costos de producción para los agricultores (Chávez-Díaz et al. 2020).Y aunque este tipo de fertilización garantiza la producción, repercute a numerosos problemas ambientales, incluidas enfermedades, sequías, deficiencias de nutrientes, erosión, pérdida de biodiversidad y fragmentación del paisaje, entre otros, obligando a los productores a encontrar soluciones amigables con el suelo y a la par el mejoramiento del rendimiento (Castaño et al. 2021).

En la rizosfera de las plantas se alberga una gran cantidad de bacterias con diferentes funciones y muchas de ellas son útiles para producir biofertilizantes. Además, son una alternativa para lograr la sostenibilidad en la producción agrícola. El uso de las Rizobacterias Promotoras del Crecimiento Vegetal (RPCV) son capaces de estimular el crecimiento de las plantas mediante mecanismos directos e indirectos (Sánchez-Navarrete et al. 2021). Los mecanismos directos proporcionan nutrimento a la planta o lo hace más disponible para el desarrollo de la misma, tales, como la fijación de nitrógeno, la solubilización de fosfatos y la producción o cambio en la concentración de hormonas vegetales (Rentería-Martínez et al. 2019). Por otro lado, los mecanismos indirectos afectan el crecimiento de fitopatógenos, produciendo sustancias, enzimas líticas, antibióticos, sideróforos o bacteriocinas, en un mecanismo conocido como biocontrol (Alcarraz-Curi et al. 2019).

En este contexto, la utilización de cepas nativas como inoculantes, promueve el manejo ecológico-sostenible de los agroecosistemas, teniendo la capacidad para interactuar positivamente con el microbiota edáfico de la región y su adaptabilidad a las condiciones climáticas y agroecológicas locales, potencializando su rendimiento en comparación con cepas introducidas (Pérez-Pérez et al. 2021). Por tal razón, el objetivo de este trabajo fue determinar el potencial biofertilizante por medio de cinco pruebas in vitro en 16 preservados de cepas bacterianas rizosféricas asociadas al cultivo de maíz proveniente de los suelos agrícolas de dos sitios, de Hopelchén y Champotón del estado de Campeche, México

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio. La investigación se llevó a cabo en el Área de Bioprocesos y en el laboratorio de Microbiología y Fitopatología del Colegio de Postgraduados, Campus Campeche, Carretera Federal Haltunchén-Edzná Km. 17.5 Sihochac, Champotón, Campeche.

Diseño de muestreo. Previamente se obtuvo un lote de 16 preservados bacterianos procedente del laboratorio de Bioprocesos, aisladas de la rizosfera de plantas de cultivos de maíz, de campos agrícolas de los municipios de Hopelchén y Champotón, Campeche, algunas cepas presentaron la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico (N2). Se reactivaron en medio de cultivo sólido, agar nutritivo (AN) y se realizaron cinco pruebas para determinar su potencial como promotor del crecimiento vegetal, como la producción de Ácido-3-Indolacético (AIA), solubilización de potasio (K) y de fosfatos (P), la producción indirecta mediante la liberación de ácido orgánico (COOH) y una prueba indirecta relacionada con el antagonismo con el fitopatógeno *Fusarium* sp.

Manejo y análisis de datos. Posterior a la reactivación se evaluaron para determinar la producción de AIA (Sarker & Al-Rashid, 2013), para su estimación se realizaron medios de cultivos líquidos de Luria Bertani (LB) y Caldo Nutritivo (CN) con triptófano (0.1 %), en tubos Eppendorf con tres repeticiones y un testigo sin inocular, los cuales se incubaron en agitación a 120 rpm a 28 °C y en obscuridad. Después de 72 horas se centrifugo a 4124 rpm por 10 min y se utilizó 40 µL del sobrenadante de cada replica y 80 mL de reactivo de Salkowsky, los cuales se dejaron incubar por 20 min en microplacas. La absorbancia de las muestras se leyó a 540 nm en el espectrofotómetro Spectroquant NOVA60. La concentración de compuestos indólicos se calculó con la ecuación de regresión lineal de la curva de calibración construida con seis concentraciones de AIA (0, 5, 10, 20, 50 y 100 $\mu g\ ml^{-1}$).

Para la determinación de la solubilización de K (Velázquez-Gurrola & Ramos-Alegría, 2015), cada una de las bacterias fueron crecidas en el medio Pikoskaya con algunas modificaciones como la ausencia de fosfato de calcio, y la adición de purpura de bromocresol, con tres replicas y un testigo sin inocular. Se midió la zona clara alrededor de la colonia esto indicó la solubilización de K. Para la prueba de producción de COOH (Ogale et al. 2018) se determinó mediante la siembra de cada una de las bacterias en placas estériles con medio de cultivo solido Pikovskaya con 0.01 % de azul de bromotimol como indicador de pH y un control sin inocular, se incubó a 30 ºC durante 24 horas. El cambio de color de verde claro (neutro) a amarillo (ácido) alrededor de la colonia indicó la producción de COOH.

En la evaluación para determinación de la solubilización de P, se utilizó el medio de cultivo solido Pikoskaya modificado mediante la adición de purpura de bromocresol para determinar su capacidad de solubilizar en un menor tiempo y se midió la zona clara alrededor de la colonia esto indicó la solubilización de P y se midió como índice de solubilización (IS). Las 16 bacterias fueron evaluadas en cajas Petri con medio de cultivo solido de agar de dextrosa de patata (PDA), situando un disco del hongo fitopatógeno *Fusarium* sp y colocándose tres bacterias por caja, se utilizó un control positivo: hongo sin la presencia de las bacterias y dejándose incubar por 15 días. Pasado este periodo se procedió a medir la inhibición del hongo por las bacterias. Se aplicó un análisis de varianza y en los casos donde se encontró diferencia significativa se realizó la prueba de Tukey al $p < 0.005$ para determinar cuáles de los tratamientos fueron diferentes con respecto al control.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Producción de ácido indolacético (AIA). Los resultados de la cuantificación de ácido indolacético (AIA) producido *in vitro* (Cuadro 1) indican que de las seis bacterias aisladas en el sitio de Hopelchén tres presentaron actividad y estas corresponden a la GRB4 (8.430 µg ml^{-1}), GRC4 (1.028 µg ml^{-1}) y YM6 (0.166 µg ml^{-1}). En cuanto al sitio de Champotón de las 10 bacterias, tres fueron capaces de producir de AIA y estas corresponde a YRC2 (4.264 µg ml^{-1}), YRB2 (8.980 µg ml^{-1}) y YRB6 (0.736 µg ml^{-1}). Indicando que solo 38 % de las bacterias fue capaz de sintetizar AIA, las bacterias GRB4 (8.430 µg ml^{-1}) y YRB2 (8.980 µg ml^{-1}) demostraron la mayor producción. Sin embargo, los valores obtenidos fueron menores a los reportados por Alcarraz-Curi et al. (2019) en cepas bacterianas nativas aisladas de la rizosfera de Coffea spp, donde el 83.3 % de las cepas sintetizaron AIA *in vitro*, siendo las cepas 2C, 1I y 1G con una elevada producción (72.35, 66.03, 66.38 µg ml^{-1}) respectivamente. Por el contrario, Hernández-Hernández et al. (2018) reporto resultados similares a los nuestros, con una variación de producción de AIA de 18 aislamientos bacterianos de la rizosfera de maíz presentando entre 1.3 a 11.2 µg ml^{-1}. A pesar de ello, se ha observado que en aislados nativos de rizobacterias influye el tipo de cepa, la condición y etapa del cultivo, existiendo controversia respecto al impacto de las auxinas exógenas sobre el desarrollo de la planta (Angulo et al. 2014).

Solubilización de fosfatos y ácidos orgánicos. En cuanto a la actividad de solubilización de fósforo, las bacterias GPA2 (0.453 mm), YM1 (0.426 mm), YM6 (0.386 mm) y YPB2 (0.363 mm) presentaron los mayores halos y no se observaron diferencia entre estas bacterias (Cuadro 1). En la producción de ácidos orgánicos las bacterias YM2, YM1, YM4, YM5, GRB4, YRB6, YRA5, YRC4 y YRB7 dieron positivo a dicha actividad. Esto indica que el 56 % de las bacterias demostró actividad solubilizadora de fosforo similar a lo obtenido por la producción de ácido orgánicos (50 %). Asimismo, Pérez-Pérez et al. (2020) reporta porcentajes mayores ya que el 75 % (15 aislados) de las cepas identificadas del género *Stenotrophomonas* en la rizosfera de cultivo de maíz solubilizaron tres tipos de fosfato (aluminio, tricálcico y de hierro) de las cuales 9, 13 y 15 aislados consumieron el medio, respectivamente. Por el contrario, Parra-Cota et al. (2018) encontró que al evaluar 216 aislados solamente el 31 % solubilizó fosfatos siendo la mayoría con eficiencias bajas, por lo cual solo 3 microorganismo obtuvieron una eficiencia del índice de solubilización mayor a 50. Estos resultados indican que posiblemente el mecanismo de solubilización de fósforo es por medio de la producción

de ácidos orgánicos aumentando la disponibilidad de fosforo, no sólo se debe a la acidificación en la rizosfera de la planta, sino también a su capacidad de formar complejos estables con él Al y Fe, lo que incrementa la disponibilidad de micronutrientes, como Fe, Zn y Mn, en el suelo al disminuir el pH en la rizosfera, o por la quelación de estos micronutrientes (Paredes-Mendoza & Espinosa-Victoria, 2010).De igual manera, los ácidos orgánicos participan en el suelo en fenómenos como la quimiotaxis microbiana y la detoxificación de metales.

Cuadro 1. Resultados cualitativos y cuantitativos de las pruebas in vitro de las actividades de crecimiento vegetal de los 16 preservados bacterianos provenientes de los sitios de Hopelchén y Champotón, Campeche.

SITIO	CLAVE	F N_2	BP AIA ($\mu g\ ml^{-1}$)	BS P (mm)	BS K (mm)	BP COOH
Hopelchén	YM6	+	0.166 cd	0.386 abc	0.566 a	-
	YM2	+	-	-	-	+
	GRC4	+	1.028 c	-	-	-
	GRB4	+	8.43 a	-	-	+
	GPA2	-	-	0.453 a	0.544 a	-
	YM1	-	-	0.426 ab	0.475 a	+
Champotón	YM4	+	-	-	-	+
	YRB6	+	4.264 b	-	-	+
	YPB2	+	-	0.363 abc	0.483 a	-
	YRA5	+	0.736 cd	0.336 bc	-	+
	YRC4	+	-	0.166 d	-	+
	YRB2	-	8.98 a	-	-	-
	YRC2	+	-	-	-	-
	YM3	+	-	0.346 bc	0.530 a	-
	YM5	-	-	0.313 c	-	+
	YRB7	+	-	0.140 d	-	+

FN_2= fijación de nitrógeno atmosférico, BP= bacteria productora, BS= bacteria solubilizadora, AIA= ácido indolacético, P= fosforo, K= potasio, COOH= ácidos orgánicos, (+)= con producción, (-)= sin producción.

Solubilización de Potasio. En la solubilización de potasio solo el 31% presentaron resultados positivos mediante la aparición del halo de viraje de color amarillo las bacterias que presentaron mayor actividad correspondieron YM1 (0.475 mm), YM6 (0.566 mm), YM3 (0.530 mm), GPA2 (0.544 mm) y YPB2 (0.483 mm), sin embrago, no se observó diferencia estadística entre estas bacterias, el resto de las bacterias presento nula actividad. Por otra parte, muchos estudios asocian la solubilización de potasio con la producción de ácidos de origen microbiano, principalmente orgánicos, aunque distintas investigaciones proponen que los ácidos implicados en la liberación de potasio también pueden ser inorgánicos (Pérez-Pérez et al. 2020). Esto podría resultar en falsos negativos según esta prueba, dado que el medio Pikovskaya modificado cuenta con todos los nutrientes y factores de crecimiento microbiano requerido por los microorganismos solubilizadores de potasio, es probable que las cepas bacterianas que crecieron en este medio y no presentaron formación de halos pueden también ser capaces de solubilizar el mineral objeto del estudio (Corrales-Ramírez et al. 2014).

Por ejemplo, Villarreal-Delgado et al. (2018) revela que *Bacillus* no cambia el pH del medio durante la incubación, indicando que no produce ácidos, sin embargo, es capaz de solubilizar potasio. Se cree que los polisacáridos secretados por las bacterias podrían estar relacionados con la liberación de potasio, la secreción de álcalis o de quelantes bacterianos podrían estar implicados en los mecanismos de solubilización de potasio que no emplean ácidos (Vargas-Barrante & Castro-Barquero, 2019). Por

lo tanto, es importante realizar otros tipos de pruebas cuantitativas para confirmar los resultados obtenidos con las rizobacterias de este estudio.

Prueba de antagonismo. En los mecanismos indirectos relacionados con la actividad antagónica los aislados de este estudio no presentaron halos de inhibición contra la cepa fitopatógena Fusarium sp, sin embargo, las bacterias YM1, GPA2 y YM3 presentaron cambios en crecimiento y desarrollo del hongo con diferentes coloraciones. La actividad antagónica está asociada con la síntesis de lipopéptidos como iturina, surfactina, fengicina y bacilomina o bien la producción de metabolitos secundarios que pueden generar una zona de lisis interna o engrosamiento del borde en la zona de inhibición. De igual forma, se puede observar la actividad mediante la producción de proteínas con actividad enzimática o de toxinas que en conjunto causan cambios estructurales somáticos de los hongos y en la viabilidad de los conidios (Mejía-Bautista et al. 2016). Estos pueden afectar el crecimiento total de los hongos o solo causar cambios morfológicos en el micelio o en sus estructuras de resistencia y reproducción (Moreno-Reséndez et al. 2018), como se observó en este estudio

CONCLUSIÓN

De las pruebas in vitro realizadas en este estudio para determinar la mayor actividad como potencial biofertilizante, las cepas YM6 y YRA5 demostraron la mayor actividad en la producción de AIA, solubilización de fosforo, potasio y ácidos orgánicos, además estas cepas tienen el potencial de fijar nitrógeno atmosférico, los cuales son provenientes de los suelos agrícolas de los municipios de Hopelchén y Champotón. Por lo tanto, estos resultados indican que la información generada en la presente investigación demuestra que las cepas nativas tienen gran potencial para promover el crecimiento vegetal, sin embargo, se recomienda más estudios para que las cepas puedan ser utilizadas como biofertilizante para el maíz en el estado de Campeche.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a todos los ejidatarios y al agente municipal de las localidades de San Gabriel e Independencia por permitir acceder a los predios donde se encontraban las poblaciones de *B. alicastrum*.

REFERENCIAS

Alcarraz-Curi, M., Heredia Jiménez, V., & Julian Ibarra, J. P. (2019). Cepas bacterianas nativas con actividades promotoras del crecimiento vegetal aisladas de la rizósfera de *Coffea spp.* en Pichanaqui, Perú. *Biotecnología Vegetal, 19*(4), 285–295.

Angulo, V. C., Sanfuentes, E. A., Rodríguez, F., & Sossa, K. E. (2014). Caracterización de rizobacterias promotoras de crecimiento en plántulas de *Eucalyptus nitens*. *Revista Argentina de Microbiología, 46*(4), 338–347.

Castaño, A. M. P., Durango, D. P. M., Polanco-Echeverry, D., & Arias, J. A. C. (2021). Rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal (PGPR): Una revisión sistemática 1990–2019. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental, 12*(2), 161–178.

Carvajal-Larenas, F. E., & Caviedes, M. (2019). Análisis comparativo de la eficiencia productiva del maíz en Ecuador, Sudamérica y el mundo en las dos últimas décadas y análisis prospectivo en el corto plazo. *ACI Avances en Ciencias e Ingenierías.*

Chávez-Díaz, I. F., Zelaya Molina, L. X., Cruz Cárdenas, C. I., Rojas Anaya, E., Ruíz Ramírez, S., & Santos Villalobos, S. D. L. (2020). Consideraciones sobre el uso de biofertilizantes como alternativa agro-biotecnológica sostenible para la seguridad alimentaria en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 11*(6), 1423–1436.

Corrales-Ramírez, L. C., Sánchez Leal, L. C., Arévalo Gálvez, Z. Y., & Moreno Burbano, V. E. (2014). *Bacillus*: Género bacteriano que demuestra ser un importante solubilizador de fosfato. *Nova, 12*(22), 165–178.

García-Salazar, J. A., Borja Bravo, M., & Rodríguez-Licea, G. (2018). Consumo de fertilizantes en el sector agrícola de México: Un estudio sobre los factores que afectan la tasa de adopción. *Interciencia, 43*(7), 505–510.

Hernández-Hernández, E. J., Hernández-Ríos, I., Almaraz-Suárez, J. J., López-López, A., Torres-Aquino, M., & Morales Flores, F. J. (2018). Caracterización *in vitro* de rizobacterias y su antagonismo con hongos causantes del *damping off* en chile. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 9*(3), 525–537.

Mejía-Bautista, M. A., Cristóbal-Alejo, J., Tun-Suárez, J. M., & Reyes-Ramírez, A. (2016). Actividad *in vitro* de *Bacillus spp.* en la inhibición de crecimiento micelial de *Fusarium equiseti* y *Fusarium solani* aislado de chile habanero (*Capsicum chinense Jacq.*). *Agrociencia, 50*(8), 1123–1135.

Moreno-Reséndez, A., Carda Mendoza, V., Reyes Carrillo, J. L., Vásquez Arroyo, J., & Cano Ríos, P. (2018). Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal: Una alternativa de biofertilización para la agricultura sustentable. *Revista Colombiana de Biotecnología, 20*(1), 68–83.

Paredes-Mendoza, M., & Espinosa-Victoria, D. (2010). Ácidos orgánicos producidos por rizobacterias que solubilizan fosfato: Una revisión crítica. *Terra Latinoamericana, 28*(1), 61–70.

Parra-Cota, F. I., Coronel-Acosta, C. B., Amézquita-Avilés, C. F., Santos-Villalobos, S. D. L., & Escalante-Martínez, D. I. (2018). Diversidad metabólica de microorganismos edáficos asociados al cultivo de maíz en el Valle del Yaqui, Sonora. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 9*(2), 431–442.

Pérez-Pérez, R., Oudot, M., Hernández, I., Nápoles, M. C., Pérez-Martínez, S., & Castillo, S. D. (2020). Aislamiento y caracterización de *Stenotrophomonas* asociada a rizosfera de maíz (*Zea mays L.*). *Cultivos Tropicales, 41*(2).

Pérez-Pérez, R., Pérez-Martínez, S., & Almeida-Acosta, I. (2021). Efecto de la inoculación de PGPR aisladas de maíz en el crecimiento de este cultivo bajo condiciones controladas. *Cultivos Tropicales, 42*(3).

Sánchez-Navarrete, E. T., Castañeda-Antonio, M. D., Baez, A., & Morales-García, Y. E. (2021). Rizobacterias para el mejoramiento del cultivo de maíz (*Zea mays*): Una tecnología prometedora para la producción de maíces criollos.

Santillán-Fernández, A., Vargas Díaz, A. A., Noguera Savelli, E. J., Carmona Arellano, M. A., Vera López, J. E., & Arreola Enríquez, J. (2022). Competitividad de la producción de maíz grano en el estado de Campeche, México. *Ciencia Ergo Sum, 29*(2).

Sarker, A., & Al-Rashid, J. (2013). Analytical protocol for determination of indole-3-acetic acid (IAA) production by plant growth promoting bacteria (PGPB). Based on the colorimetric method of Gordon & Weber (1951). *Kyungpook National University, Apex Holdings Limited, Bangladesh.*

Rentería-Martínez, M. E., Ochoa Meza, A., Guzmán Ortiz, J. M., Barrera Silva, M. Á., Fernández Herrera, E., & Moreno Salazar, S. F. (2019). Actividad *in vitro* de promoción del crecimiento vegetal y control biológico de rizobacterias aisladas de zacate bermuda ruderal. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 10*(2), 311–324.

Ogale, S., Yadav, K. S., & Navale, S. (2018). Screening of endophytic bacteria from the pharmacologically important medicinal plant *Gloriosa superba* for their multiple plant growth promoting properties. *The Pharma Innovation Journal, 7*, 208–214.

Vargas-Barrante, P., & Castro-Barquero, L. (2019). Aislamiento y evaluación de microorganismos solubilizadores de fósforo de Andisoles de Costa Rica. *Agronomía Costarricense, 43*, 47–68.

Velázquez-Gurrola, A., & Ramos-Alegría, M. P. (2015). Beneficios de microorganismos solubilizadores de P y K en la recuperación y mantenimiento de suelos agrícolas. *Lima, Perú: Perú ProHass*, 495–499.

Villarreal-Delgado, M. F., Villa-Rodríguez, E. D., Cira-Chávez, L. A., Estrada-Alvarado, M. I., Parra-Cota, F. I., & Santos-Villalobos, S. D. L. (2018). El género *Bacillus* como agente de control biológico y sus implicaciones en la bioseguridad agrícola. *Revista Mexicana de Fitopatología, 36*(1), 95–130.

IPN

CIIDIR

OAXACA

Educación
Secretaría de Educación Pública

Instituto Politécnico Nacional
"La Técnica al Servicio de la Patria"

Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca

ISSN 2594-0171
Vol. 8, No. 8

www.ciidiroaxaca.ipn.mx