



Revista Mexicana de Agroecosistemas

Oaxaca, Volumen XIII, Número 2, 2026

Vol. 13 Núm. 2. Mayo – Agosto, 2026 ISSN: 2007-9559

Fotografía: maíces nativos de Oaxaca



REVISTA MEXICANA DE AGROECOSISTEMAS, Vol. 13(2), 2026 es un órgano de difusión científica que se publica semestralmente desde 2014 y a partir de 2025 de manera cuatrimestral por el Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca; publica resultados de investigaciones científicas originales e inéditas, con enfoque hacia la productividad agrícola, pecuaria, forestal, servicios ecosistémicos y de aprovechamiento y conservación de recursos naturales; también del área social ligada a ese enfoque. La revista está incluida en el listado del *Open Journal System* (*OJS*), que incluye *DOI* por artículo (Cross Ref) y en el Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal (*latindex*). Asimismo, en agosto de 2026 fue incorporada al Sistema Nacional de Publicaciones Científicas y Humanísticas (SNPCyH) de la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI); este reconocimiento, con **folio 26003II**, de revistas nacionales de acceso abierto se aplica a partir de este número y tiene una vigencia de tres años.

Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2023-041117195200-102 e ISSN 2007-9559, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor y vigentes al 2027.

Responsable de la última actualización de este número en la División de Estudios de Posgrado e Investigación: Dr. Gerardo Rodríguez-Ortiz, Dr. Marcos Emilio Rodríguez-Vásquez, MC. Arely Concepción Ramírez Aragón. Domicilio conocido, Ex hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca, México, C.P. 71233, Tel y Fax. 01 (951) 5170788, <https://revistaremaeitvo.mx/index.php/remae/index>, rmae@voaxaca.tecnm.mx, rmae.itvo@gmail.com. Fecha de última modificación, 31 de agosto de 2026.

Para su publicación, los artículos son sometidos a arbitraje, su contenido es de la exclusiva responsabilidad de los autores y no representa necesariamente el punto de vista de la Institución; las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del equipo editorial.

Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación, sin previa autorización del Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca.

Este número presenta como **“artículos científicos”** un estudio sobre el rendimiento y calidad de la piel y cuero de conejos de la raza Rex con diferente nivel proteico y la identificación de las especies de *Eysenhardtia* en Oaxaca y sus condiciones ambientales empleando métodos cartográficos y muestreos en campo. Como **“artículos de revisión (review)”** se presenta una revisión minuciosa de la bibliografía relacionada al hongo *Neopestalotiopsis* spp. presente en el cultivo de fresa; además de integrar la información científica y documental sobre la composición nutricional, importancia biocultural, aprovechamiento socioeconómico, usos tradicionales, sostenibilidad, aceptación e inocuidad de los chapulines, con énfasis en *Sphenarium* spp.



en México. Finalmente, como **“artículos de difusión”**, se aborda la reflexión de los avances de la innovación para la transición agroecológica en Yucatán, México, por otro lado, el análisis de cómo la educación ambiental, ha ido cambiando mediante enfoques transdisciplinarios y el uso de tecnologías digitales, y por último, difundir los productos agrícolas, así como en el potencial del manejo de los residuos del café, a través de un análisis del perfil metabolómico de la pulpa del café basado en HPLC-ESI-HRMS para la identificación de sus compuestos bioactivos y su uso en bebidas y alimentos.



Comité Editorial (DEPI-ITVO)

Dr. Aarón Martínez Gutiérrez

Dr. Ernesto Castañeda Hidalgo

Dr. Gerardo Rodríguez-Ortiz

Dra. Gisela Margarita Santiago Martínez

Dra. Gisela Virginia Campos Angeles

Dr. Gustavo Omar Díaz Zorrilla

Dr. José Cruz Carrillo Rodríguez

Dr. José Raymundo Enríquez del Valle

M.C. Judith Ruiz Luna

Dr. Marcos Emilio Rodríguez Vásquez

Dra. María Isabel Pérez León

Dra. Martha Patricia Jerez Salas

Dr. Salvador Lozano Trejo

Dr. Vicente Arturo Velasco Velasco

Dr. Yuri Villegas Aparicio

Coordinación editorial

Dr. Gerardo Rodríguez Ortiz

Diseño de portada y administración de página Web

Dr. Marcos Emilio Rodríguez Vásquez



Árbitros de este número

Dr. Arturo Angel Hernández (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Veracruz).

Dr. Teodulo Salinas Rios (Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca, Oaxaca).

Dr. Isidro Morales García (Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca).

M.C. Alejandra Acosta Ramos (Universidad de la Sierra Juárez, Oaxaca).

M.C. Araceli Ruiz Fierro (Junta Local de Sanidad Vegetal del Valle el Fuerte (UTEFI)).

Dr. Angel Rosario Ceballos Chávez (Universidad Tecnológica de la Tarahumara, Chihuahua).

Dr. Bernardino Candelaria Martínez (Instituto Tecnológico de Chiná, Campeche).

Dra. Rebeca De Haro Mota (Universidad Autónoma de Nayarit).

Dr. Raúl Contreras Medina (Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca, Oaxaca).

Dr. José Luis Hernández Morales (Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, Oaxaca).

M.C. Cristal Arany Guerrero Ortiz (Instituto Tecnológico Superior de Zongolica, Veracruz).

Dr. Yasser Alejandro Chim Chi (Instituto Tecnológico Superior de Calkini, Campeche).

Dra. Yazmin Sánchez Roque (Universidad Politécnica de Chiapas).



Política de revisión de manuscritos

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

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

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

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

ATENTAMENTE

Comité editorial



	Contenido	Pág.
	Artículo científico	
I	Efecto de proteína dietaria en conejos Rex (<i>Oryctolagus cuniculus</i>) sobre características de piel y cuero / Effect of dietary protein on skin and leather characteristics in Rex rabbits (<i>Oryctolagus cuniculus</i>) ¹ Francisco Peralta-Díaz  , ¹ María Isabel Pérez-León  , ¹ Yuri Villegas-Aparicio  , ¹ Gerardo Rodríguez-Ortiz  , ¹ Rodolfo Benigno De Los Santos-Romero  , ² Magaly Aquino-Cleto 	41-51
2	Distribución geográfica del género <i>Eysenhardtia</i> en Oaxaca / Geographic distribution of the <i>Eysenhardtia</i> genus in Oaxaca [§] Bernardino Leonardo León-Enríquez  , Zoila C. Lagunas-Sánchez  , Pedro Saúl Vázquez-Rasgado 	52-62
	Artículo de revisión	
3	Presencia de un hongo <i>neopestalotioides</i> responsable de pudrición y muerte en plantaciones de fresa: una revisión / Presence of a <i>neopestalotioides</i> fungus responsible for rot and death in (<i>Fragaria x ananassa</i>) plantations; a review María del Carmen Ramírez-Mendoza  , [§] Rómulo García-Velasco 	63-80
4	Chapulines (Orthoptera) como alimento sostenible: propiedades nutricionales, relevancia biocultural y oportunidades socioeconómicas de <i>Sphenarium</i> spp. (Pyrgomorphidae) en México / Grasshoppers (Orthoptera) as sustainable food: nutritional properties, biocultural relevance, and socioeconomic opportunities of <i>Sphenarium</i> spp. (Pyrgomorphidae) in Mexico ¹ Eréndira Esmeralda Hernández-Andrade  , ² Angelica Ancelmo-León  , ³ Guillermo Andrés Enciso-Maldonado  , [§] ⁴ César Omar Montoya-García 	81-101
	Artículo de difusión	
5	Procesos de innovación para la transición agroecológica en el sistema milpa maya / Innovation processes for the agroecological transition in Maya milpa systems ¹ José Bernardino Castillo-Caamal  , ² Bernard Triomphe  , ³ Jesús Francisco Escalante-Euán  , ¹ Jorge Santiago Santos-Flores  , ¹ Guadalupe Marisol Itzá-Kantún  , ¹ Wilbert Trejo-Lizama  , ¹ Carlos Aldair Gamboa-Cimé 	102-107
6	La educación ambiental y la agroecología: un camino hacia la transición de los agroecosistemas / Environmental education and agroecology: a mainstay for the agroecosystem transition [§] Arzu Rivera-García  , Irama Núñez-Tancredi 	108-115
7	Innovación tecnológica del manejo de residuos del café: ¡Una tisana de café, por favor! / Technological innovation in coffee waste management: A coffee infusion, please! ¹ José Antonio Ibáñez-García  , ² Damián Xotlanihua-Flores 	116-122



DIRECTORIO

Maestro Ramón Jiménez López- Director General, Tecnológico Nacional de México (TecNM)

Dr. Jesús Olayo Lortía- Responsable del Despacho de los Asuntos, Competencia de la Dirección de
Posgrado, Investigación e Innovación (TecNM)

Dr. Samuel Ramírez Arellanes- Director (ITVO)

Dr. José Raymundo Enríquez del Valle - Subdirección Académica (ITVO), (jose.ev@voaxaca.tecnm.mx)
Editor Asociado Revista Institucional

Dr. Yuri Villegas Aparicio-Jefe de la DEPI-ITVO, (yuri.va@voaxaca.tecnm.mx)
Editor Asociado Revista Institucional

Dr. Gerardo Rodríguez Ortiz (gerardo.ro@voaxaca.tecnm.mx)
Editor en jefe Revista Institucional DEPI-ITVO

Dr. Marcos Emilio Rodríguez Vázquez (marcos.rv@voaxaca.tecnm.mx), Coordinación de soporte Revista
Institucional DEPI-ITVO

EDITORES DE SECCIÓN

Dr. Ernesto Castañeda Hidalgo-desarrollo rural y agroecosistemas

Dr. José Raymundo Enríquez del Valle-ciencias agronómicas

Dr. Marcos Emilio Rodríguez Vázquez-ciencias forestales

Dr. Salvador Lozano Trejo-recursos naturales

Dra. María Isabel Pérez León-ciencias pecuarias

Mayores informes:

Revista Mexicana de Agroecosistemas

Domicilio conocido

Ex-hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca, México

C. P. 71233

Tel. y Fax: 01(951) 5170788

Correo: rmae@voaxaca.tecnm.mx, rmae.itvo@gmail.com

<https://revistaremaeitvo.mx/index.php/remae/index>



Efecto de proteína dietaria en conejos Rex (*Oryctolagus cuniculus*) sobre características de piel y cuero

Effect of dietary protein on skin and leather characteristics in Rex rabbits (*Oryctolagus cuniculus*)

¹Francisco Peralta-Díaz^{ORCID}, ¹María Isabel Pérez-León^{ORCID}, ¹Yuri Villegas-Aparicio^{ORCID}, ¹Gerardo Rodríguez-Ortiz^{ORCID}, ¹Rodolfo Benigno De Los Santos-Romero^{ORCID}, ²Magaly Aquino-Cleto^{ORCID}

¹Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. Ex-Hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca, México. ²Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Av. Universidad, Ex-Hacienda de 5 Señores, Oaxaca, México. ³Autor de correspondencia: (peraltadiaz74@gmail.com).

Resumen

La calidad del cuero garantiza resistencia y valor comercial en la peletería. El objetivo fue evaluar piel y cuero de conejos de la raza Rex con diferente nivel proteico. En 2025, se utilizaron 30 conejos alimentados con tres dietas: T0 (14.38 % proteína bruta-PB, 260.20 kcal 100 g⁻¹ de energía digestible ED), T1 (10.49 % PB, 289.37 kcal 100 g⁻¹ ED) y T2 (14 % PB, 304.10 kcal 100 g⁻¹ ED) y agua *ad libitum*. A los 90 días, fueron sacrificados (NOM-033-SAG/ZOO-2014), se obtuvieron pieles mediante desollado manual. Posterior al sacrificio, se tomaron biopsias cutáneas, fijadas en formol (10 %); teñidas con hematoxilina-eosina y analizadas en microscopio para determinar fibras con ImageJ®; las pieles fueron curtidas al cromo. Se evaluaron peso de piel fresca, peso del cuero, pérdida de peso por el curtido, área aprovechable y características cromáticas del cuero (L*, a*, b*) mediante espectrofotometría, así como propiedades físico-mecánicas en el CIATEC. Se realizaron análisis de varianza y pruebas de medias (Tukey, 0.05). T0 y T2 mostraron mayor presencia de fibras conjuntivas ($p \leq 0.05$), áreas promedio y porcentajes de fibras de 5.33 y 59.31 %, mayor luminosidad (90.91 y 90.69, respectivamente). T2 mostró mayor resistencia al desgarre (37.3 N). Los cueros de los conejos Rex alimentados con las dietas con 14% de PB cumplieron con las características de resistencia al desgarre, espesor, elongación a la rotura y suavidad que la norma internacional UNE-EN ISO 3377-2 establece.

Palabras clave: fibras conjuntivas, resistencia, elasticidad, suavidad, curtido.

Abstract

The quality of the leather guarantees resistance and commercial value in the fur industry. The objective was to evaluate the skin and hides of Rex rabbits with different protein levels. In 2025, 30 rabbits were fed three diets: T0 (14.38 % crude protein [CP], 260.20 kcal/100 g of digestible energy [DE]), T1 (10.49 % CP, 289.37 kcal/100 g DE), and T2 (14 % CP, 304.10 kcal/100 g DE), with water available *ad libitum*. After 90 days, the rabbits were slaughtered (NOM-033-SAG/ZOO-2014), and hides were obtained by manual skinning. After slaughter, skin biopsies were taken, fixed in formalin (10 %), stained with hematoxylin and eosin, and analyzed under a microscope to determine fiber content using ImageJ®. The hides were chrome-tanned. Fresh hide weight, leather weight, weight loss during tanning, usable area, and leather color characteristics (L*, a*, b*) were evaluated by spectrophotometry, as well as physical-mechanical properties at CIATEC. Analysis of variance and mean comparison tests (Tukey, 0.05) were performed. T0 and T2 showed a greater presence of connective tissue fibers ($p \leq 0.05$), average areas and fiber percentages of 5.33 % and 59.31 %, respectively, and greater lightness (90.91 and 90.69, respectively). T2 showed greater tear resistance (37.3 N). The hides from Rex rabbits fed diets with 14 % crude protein met the tear resistance, thickness, elongation at break, and softness characteristics established by the international standard UNE-EN ISO 3377-2.

Index words: connective fibers, resistance, elasticity, softness, tanning.

Introducción

La cunicultura es la actividad orientada a la cría de conejos domésticos principalmente para la obtención de carne y piel ([Escobar-Salazar et al., 2025](#); [Vélez et al., 2021](#)). Los conejos Rex poseen un extenso mercado potencial debido a su doble propósito (producción de carne y piel) ([Liu et al., 2024](#)), distinguida por la calidad de su piel y desempeño en producción intensiva ([Chen et al., 2017](#); [Córdova et al., 2025](#)).

Hay muchos usos no alimenticios de los animales, algunos de los cuales son las pieles ([Scanes, 2018](#)), la cual representa entre 4 % y 12 % de peso vivo del animal ([Ockerman y Basu, 2004](#)). Histológicamente, la estructura de la piel se organiza en tres niveles fundamentales: la epidermis, la dermis y la hipodermis ([Khoshnood y Zamanian 2020](#); [Lotfollahi, 2024](#); [Mohammed et al., 2022](#)). La dermis, compuesta por colágeno y fibras elásticas, proporcionan retracción y resistencia a la tensión, son encargadas del soporte estructural, funcionalidad y resistencia del tejido ([Park et al., 2025](#); [Uzcátegui & Gallardo, 2019](#)). El aporte nutricional influye en la síntesis de fibras conjuntivas que estimulan la composición dérmica aportando características fisiológicas en estructuras corporales, como la piel, en donde la flexibilidad y elasticidad son importantes ([De Blas, et al., 1999](#); [Phillip, 2025](#); [Potekaev et al., 2021](#); [Sambani et al., 2023](#)).

El cuero es fabricado de manera tradicional a partir de pieles frescas después de ser sometidas a varios procesos de producción físicos y químicos ([Al-Jabari et al., 2021](#); [Liang et al., 2024](#); [Palencia-Blanco et al., 2023](#); [Vargas & Amurrio, 2017](#)); el curtido del cuero es un paso decisivo en el cual los compuestos curtientes se difunden en las fibras de colágeno y se enlazan con los grupos funcionales presentes en su superficie, lo que proporciona mayor estabilidad estructural de la matriz de colágeno ([Estrada et al., 2013](#); [Essalhi et al., 2025](#); [Ling et al., 2025](#)). El curtido al cromo es el proceso más empleado a nivel mundial en la producción de cuero, gracias a los variados

beneficios que ofrece ([Bastanian et al., 2024](#); [China et al., 2020](#); [Zhang et al., 2024](#)).

A nivel mundial, como principal productor de cuero se encuentra China, seguida de India y Hong Kong ([Parisi et al., 2021](#)), Brasil, India y China, son los principales países exportadores gracias a sus bajos costos de mano de obra y producción, siendo China el líder mundial en este ámbito ([Quaratesi et al., 2025](#)).

El cuero de conejo posee propiedades físicas significativos para la industria como su durabilidad, flexibilidad y resistencia; lo cual concede que pueda ser utilizado en la elaboración de diversos objetos como prendas de vestir, calzados, artículos utilitarios y llamativos, entre otros ([Alfonso et al., 2015](#); [Briguido et al., 2018](#); [Islam et al., 2025](#); [Romero et al., 2025](#)); en este sentido, Oaxaca tiene una amplia diversidad cultural, por tal motivo la obtención de cuero de conejo para manufactura de artículos será la actividad que brinde ingresos extras para la producción cunícola. por esta razón se planteó como objetivo determinar el rendimiento y calidad de la piel y cuero de conejos Rex.

Materiales y métodos

Los animales utilizados en esta investigación durante 2025 fueron 30 conejos de la raza Rex con un peso inicial de 0.450 ± 0.20 kg, se alojaron individualmente en jaulas tipo americanas dobles de alambre galvanizado de $45 \times 60 \times 40$ cm (largo, ancho y alto), equipadas cada una con comedero, bebedero y charola de lámina galvanizada; fueron 5 hembras y 5 machos por tratamiento, alimentados con tres dietas: T0 (14.38 % de proteína bruta (PB) y 260.20 kcal 100 g⁻¹ de energía digestible (ED), T1 (10.49 % PB y 289.37 kcal 100 g⁻¹ ED) y T2 (14 % PB y 304.10 kcal 100 g⁻¹ ED) y agua *ad libitum* a la edad de 30 días; los conejos, a los 120 días de edad, los animales se sacrificaron con un peso de 2.019 ± 0.438 kg en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UABJO, en el Laboratorio de Productos de Origen Animal bajo la norma NOM-033-SAG/ZOO-2014 ([Sagarpa, 2014](#)).

Obtención de muestras

La piel se obtuvo mediante un corte de los tarsos hacia la cola, para proceder al desollado se inició jalando la piel hacia abajo hasta retirarla por completo; posteriormente se retiró la grasa presente y se lavó con detergente biodegradable para eliminar impurezas y sangre, donde se tomó en cuenta el peso de la piel en fresco (g) con una báscula digital Rhino BAR-6.

Para el proceso histológico que se realizó en el laboratorio de diagnóstico veterinario de la UABJO, después de sacrificados los conejos, las pieles se afeitaron completamente, y se tomaron biopsias cutáneas de 1 cm² de la parte abdominal de los 30 conejos, las cuales se fijaron en formol al 10 % durante 24 h, posteriormente las muestras fueron sometidas a deshidratación en una serie de alcoholes 70, 80, 95 y 100 % y luego aclaradas con xilol durante 2 h; posterior a ello, fueron colocadas en moldes para su infiltración en parafina para histología MEYER a 60 °C, los bloques de parafina se cortaron con un micrótopo de rotación manual Leica RM2125 RTS a un espesor de 7 µm, cada sección se introdujo en el baño de flotación y se colocó en un portaobjetos, seguido de ello, se colocaron en una estufa de secado Memmert INB 200 para su secado a 56 °C.

Cada muestra obtenida se colocó en una laminilla para realizar la tinción hematoxilina y eosina según el método descrito por [Luna \(1968\)](#), las secciones se desparafinaron en xilol, se rehidrataron en una serie de alcoholes (100, 96, 80 y 70 %) y agua destilada, se tiñeron en hematoxilina de Harris durante 3 minutos. Luego se lavaron con agua común, se diferenciaron con alcohol ácido y se lavaron con agua destilada. Posteriormente se tiñeron con eosina alcohólica al 0.5 % durante 2 minutos, se deshidrataron nuevamente en alcoholes (96 % y 100 %) y se aclararon en xilol durante 15 s y se montaron con resina sintética y cubreobjetos.

Las muestras histológicas teñidas con hematoxilina y eosina se observaron con un microscopio Velab VE-B6 las imágenes obtenidas a diferentes aumentos (10x y 40x) fueron capturadas en formato digital y posteriormente analizadas mediante el software ImageJ®. En este programa se delimitaron las áreas correspondientes

a las fibras utilizando herramientas de segmentación, permitiendo medir de manera precisa la cantidad de fibras presentes en el área de observación. Finalmente, a partir de los datos obtenidos, se calculó el porcentaje de fibras en relación con el área total del tejido analizado.

Para el proceso de curtido, se procedió a retirar toda la grasa en el banco de descarnado con ayuda de una cuchilla de descarnar. Las pieles limpias se introdujeron en el líquido curtiente, se mezclaron los materiales de manera uniforme y se introdujeron las pieles por un lapso de 24 h, moviéndolas cuatro veces al día, posteriormente se escurrieron y se descarnaron completamente en el banco de trabajo.

Posteriormente, se introdujeron nuevamente en el líquido curtiente por un periodo de 24 h, realizando movimientos cuatro veces para el penetrado de los curtientes; se retiraron y se exprimieron, seguido de un enjuague con abundante agua sin usar detergente, después de ello se aplicó con ayuda de una brocha una mezcla de 50 % agua y 50 % aceite de castor, dejándolas secar. Para el acabado, las pieles fueron estiradas con ayuda de la cuchilla con movimientos de tracción para hacerlas más flexibles. Por último, se utilizó una mezcla de gasolina blanca y fécula de maíz para dar brillo y eliminar el pelo que no fue fijado en el transcurso del curtido.

Cada piel curtida se pesó, además, en base al peso de la piel fresca y el peso del cuero (PC) se calculó la pérdida de peso (PP). Se calculó el área conforme al largo y ancho de cada cuero tomando en cuenta la dimensión de cuero que es aprovechable para la manufactura de artículos de interés económico. Se obtuvo el color de los cueros en la zona dorsal a la altura de las costillas con un espectrofotómetro portátil Konica Minolta CM-700d, donde se tomó en cuenta intensidad de luminosidad (L*), color rojo (a*) y color amarillo (b*) ([AMSA, 2012](#)).

Las pruebas físico-mecánicas se realizaron a los cueros que presentaron mayor porcentaje de fibras conjuntivas al realizar el proceso histológico, los cueros fueron enviados al laboratorio del Centro de Innovación Aplicada en Tecnologías Competitivas (CIATEC) donde se realizaron

pruebas físico-mecánicas: resistencia al desgarre (N) por el método UNE EN ISO 3377-2:2016, suavidad (mm) con el método UNE EN ISO 17235 y elongación a la rotura (%) aplicando el método NMX-A-220:1982.

Análisis estadístico

Las dietas se establecieron bajo diseño experimental completamente aleatorizado, utilizando como unidad experimental diez animales con tres repeticiones. Las variables de rendimiento de la piel y características del cuero fueron sometidas a prueba de normalidad (Shapiro-Wilk, $\alpha = 0.05$) y homogeneidad de varianzas (Bartlett, $\alpha = 0.05$). Se realizaron análisis de varianza y pruebas de medias (Tukey $\alpha = 0.05$), para las variables físico-mecánicas se realizaron estadísticos básicos en el paquete estadístico SAS® 9.4 (SAS Institute Inc., 2022).

Resultados y discusión

Fibras conjuntivas de la piel

Las dietas suministradas que proporcionaron mayor ($p < 0.05$) presencia de fibras en los tejidos cutáneos de conejos Rex fueron la dieta control (T0) y la dieta 2 (T2), con un área promedio de 5.33 cm², que representa 59.31 % de fibra en la piel; la dieta 1 disminuyó esta fibra en 43.5 % (Figura 1A, B).

El colágeno y la elastina son proteínas localizadas en la matriz extracelular, cuya principal función es aportar flexibilidad y elasticidad a estructuras corporales, especialmente la piel. Determinada por dos tipos de factores: internos y externos. Entre los externos destacan la dieta, específicamente la ingesta de nutrientes esenciales (Potekaev et al., 2021; Sambani et al., 2023); así mismo Phillip (2025) menciona que las características químicas de la piel fresca difieren entre tipos de ganado y dependen de factores como especie, edad, sexo y alimentación; de la misma manera, De Blas et al. (1999) señalan que la fibra en la dieta de conejos regula procesos fisiológicos y puede impactar la composición de tejidos. Por ello, se atribuye que la dieta con menor porcentaje de proteína brindado a los conejos Rex presentó menor presencia de fibras en las muestras cutáneas.

La dieta T1, con menor proteína bruta, redujo significativamente la proporción de fibras dérmicas. Este resultado puede explicarse por la relación entre proteína dietaria y síntesis de colágeno, ya que estudios en otras especies muestran que la ingesta de proteínas específicas estimula la formación de matriz dérmica (Proksch et al., 2025). Asimismo, Shmalberg (2017) destaca que la nutrición es un factor clave en la integridad de la piel y fibras conjuntivas, reforzando la importancia de la dieta en la calidad dérmica.

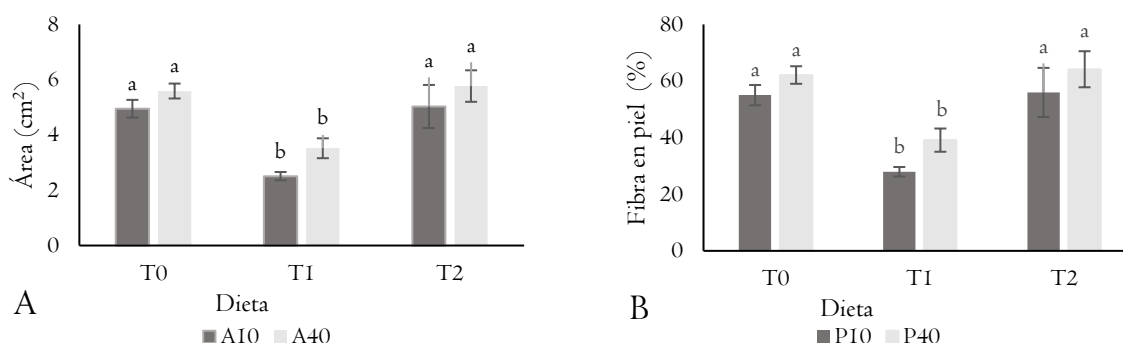


Figura 1. Fibras conjuntivas en piel de conejos Rex: A) área y B) porcentaje. Letras distintas por variable indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, 0.05). Líneas verticales sobre las barras representan el error estándar (n = 30). T0 (14.38 % de proteína bruta-PB, 260.20 kcal), T1 (10.49 % PB, 289.37 kcal) y T2 (14 % PB, 304.10 kcal), A10,40 = área de fibras observadas a 10x y 40x, P10,40 = porcentaje de fibras observadas a 10x y 40x.

Tabla I. Resumen de varianza del peso de la piel fresca y calidad del cuero de conejos Rex

Variable	Dietas (D)	Sexo (S)	D×S	CV (%)	RCME
Piel (kg)	0.003 ^{ns}	0.003 ^{ns}	0.011 [*]	12.8	0.03
PC (kg)	0.007 ^{ns}	0.005 ^{ns}	0.0004 ^{ns}	59.1	0.05
PP (kg)	0.012 ^{ns}	0.0002 ^{ns}	0.006 ^{ns}	31.6	0.06
AC (cm ²)	3253211.8 ^{ns}	327712 ^{ns}	128961.8 ^{ns}	52.8	352.6
L [*]	29.37 ^{**}	0.69 ^{ns}	2.96 ^{ns}	1.9	1.75
a [*]	0.25 ^{ns}	0.30 ^{ns}	0.45 ^{ns}	-143.5	0.57
b [*]	132.67 [*]	48.68 ^{ns}	5.91 ^{ns}	22.0	4.08

CV = coeficiente de variación, RCME = raíz cuadrada del cuadrado medio del error, PC = peso del cuero, PP = pérdida de peso, AC = área del cuero aprovechable, L^{*} = luminosidad, a^{*} = valores de rojo a verde, b^{*} = valores de azul a amarillo.

Características de piel y cuero

La interacción dieta×sexo tuvo un efecto significativo en el peso de la piel. La dieta o el sexo no influyen en el peso de la piel, peso del cuero, área del cuero aprovechable y pérdida de peso por el curtido de la piel. El análisis mostró que las dietas afectan significativamente ($p \leq 0.05$) la luminosidad (L^{*}) y la tonalidad amarillo-azul (b^{*}) del cuero, mientras que el sexo y la interacción dieta×sexo no influyen en estas características cromáticas del cuero de los conejos (Tabla I).

La piel y el cuero de los conejos evaluados no presentaron diferencia estadística significativa ($p > 0.05$), el área del cuero aprovechable promedio fue de 667.91 cm² para machos y hembras (Tabla 2).

El color L^{*} y b^{*} presentaron diferencia estadística significativa ($p \leq 0.05$), mientras que a^{*} no fue significativo entre tratamientos, el cual fue en promedio -0.38 y para el factor sexo no se encontró diferencia estadística significativa ($p > 0.05$).

Liu et al. (2023) realizaron una investigación con 80 conejos Rex a los cuales se les suministró una dieta con 16.12 % de proteína cruda, fueron sacrificados a los 150 días de edad, donde obtuvieron peso de la piel promedio de 520.44 g, área de la piel de 1857.93 cm², estos resultados fueron superiores a los obtenidos en el presente estudio, lo cual pudo haber influido el nivel de proteína proporcionado y la edad al sacrificio.

Tao (2010) en un estudio con conejos Rex de cinco meses de edad, evaluaron la piel donde

obtuvieron que la piel en conejos Rex de cinco meses oscila entre 950 y 1000 cm², además de una densidad de pelo de 15 000 a 38 000 fibras cm⁻², en el presente estudio se observa menor área del cuero, esto puede deberse al trabajo del curtido donde se desecha el área no aprovechable.

En un estudio realizado por Chen et al. (2025) trabajaron con 200 conejos de la raza Rex de 3 meses de edad en un periodo de 35 días con una dieta basar suplementada con distintos niveles de Fe (0, 20, 40, 80 y 160 mg kg⁻¹), obtuvieron un área de pieles promedio de 1484.10 cm², en nuestro estudio se tomó en cuenta el área del cuero aprovechable la cual fue menor, lo cual se pudo deber a la implementación de distintos nutrientes.

Ortiz-Gutiérrez et al. (2021) trabajaron con conejos de 63 días de edad de las razas de la raza California y Mariposa realizaron dos experimentos con pieles: utilizaron 12 pieles fraccionadas a la mitad y establecidas a cuatro curtientes (cromo, ácido tánico, extracto de hoja y extracto de tallo) donde tuvieron pérdidas de peso de 82.40, 85.07, 88.35 y 88.85 g y pérdidas de área de 57.05, 18.69, 47.67 y 44.31 cm², valores menores a los obtenidos en este estudio, lo cual pudo haber influenciado la toma del peso de la piel fresca; obtuvieron valores para color del cuero curtidas al cromo de L^{*} (69.36), a^{*} (-0.53) y b^{*} (22.03), siendo los valores de luminosidad obtenidos en este estudio más altos, es decir las pieles de los conejos Rex resultaron ser más blancas, donde pudo haber influenciado la raza.

Tabla 2. Peso de piel fresca y calidad del cuero de conejos Rex.

Variable	T0	T I	T 2	Macho	Hembra
Piel (kg)	0.29±0.0 ^a	0.26±0.0 ^a	0.29±0.0 ^a	0.29±0.0 ^a	0.27±0.0 ^a
PC (kg)	0.10±9.0 ^a	0.09±20.8 ^a	0.06±16.3 ^a	0.10±10.7 ^a	0.73±15.0 ^a
PP (kg)	0.19±0.0 ^a	0.17±0.0 ^a	0.22±0.0 ^a	0.19±0.0 ^a	0.19±0.0 ^a
AC (cm ²)	809.80±26.3 ^a	631.15±143.4 ^a	562.80±130.2 ^a	772.43±65.7 ^a	563.40±109.8 ^a
L*	90.91±0.3 ^a	89.04±0.5 ^b	90.69±0.3 ^a	90.37±0.3 ^a	90.43±0.3 ^a
a*	-0.36±0.1 ^a	-0.32±0.1 ^a	-0.48±0.0 ^a	-0.28±0.0 ^a	-0.46±0.1 ^a
b*	16.98±0.9 ^a	21.15±1 ^b	18.57±0.9 ^{ab}	17.58±1.2 ^a	19.00±0.6 ^a

Letras distintas en las filas y por factor indican diferencias estadísticas (Tukey, 0.05). Media ± error estándar. T0 (14.38 % proteína bruta-PB, 260.20 kcal), T1 (10.49 % PB, 289.37 kcal) y T2 (14 % PB, 304.10 kcal). PC = peso del cuero, PP = pérdida de peso, AC = área del cuero aprovechable, L* = luminosidad, a* = valores de rojo a verde, b* = valores de azul a amarillo.

En estudios sobre pigmentación cutánea, se ha demostrado que factores como la dieta, el tipo de piel y la edad influyen en la expresión de melanina y carotenos, afectando los valores de L*, a* y b* ([Castanedo-Cazares et al., 2018](#)), en pieles animales, los parámetros colorimétricos reflejan la calidad comercial del cuero, y la luminosidad (L) es el indicador principal de su uniformidad y atractivo superficial.

[Puerto y Tejero \(2013\)](#) mostraron que carencias en proteína, zinc y vitamina A alteran la síntesis de colágeno y elastina, lo que puede modificar la textura y el color del cuero. Esto concuerda con los resultados observados en la dieta T1, que presentó menor proteína bruta (10.49 %) y valores colorimétricos menos deseables.

Las pruebas físico-mecánicas dieron como resultado, para resistencia al desgarre, que el tratamiento T2 mostró valores superiores en promedio de 37.3 N, respecto al tratamiento control T0 con 27.7 N, lo que indica una mayor resistencia mecánica y una mejor conexión de las fibras dérmicas en los cueros del tratamiento experimental. Hubo una diferencia del espesor del 17 % entre el T0 y T2. En cuanto a la elongación a la rotura, se presentó una diferencia del 1.84 % reflejando una adecuada elasticidad. Los valores de suavidad fueron superiores para T0 con un 16.48 %, lo que indica mayor flexibilidad ([Tabla 3](#)).

[Gonçalves et al. \(2022\)](#) realizaron un estudio para evaluar la calidad de resistencia del cuero de conejo de 70 días de edad y tilapia del Nilo, los cueros de tilapia, a pesar de tener un espesor de 1.0 mm, presentaron una resistencia a la tracción

(13.52 ± 1.86 N mm⁻²) y resistencia al desgarre (53.85 ± 6.66 N mm⁻²) significativamente más altos que los cueros de conejo, (8.98 ± 2.67 N mm⁻²) y (24.25 ± 4.34 N mm⁻²) respectivamente, y con un espesor de 1.43. La resistencia al desgarre de los cueros de conejos Rex de este estudio fueron mayores tanto para T0 y T2, a lo cual pudo haber influido la edad y la raza.

De acuerdo con la norma internacional UNE-EN ISO 3377-2, la resistencia al desgarre requerida para materiales destinados al forro de calzado debe ser de al menos 30 N. En este sentido, los valores obtenidos en T0 no cumplen con el requerimiento establecido. Sin embargo, estos materiales poseen propiedades apropiadas para su uso en la fabricación de artículos destinados a la peletería o a fines decorativos, ya que no demandan elevados niveles de tensión ni resistencia frente a condiciones climáticas extremas, por otro lado, se obtuvieron valores por arriba de los niveles establecidos para T2 siendo considerados para la elaboración de calzado, así como para la confección de diversos artículos.

[Paz-Díaz et al. \(2021\)](#) evaluaron mediante pruebas físico-mecánicas el curtido de pieles de conejos Nueva Zelanda curtidas con extractos líquidos de taninos vegetales de fruto piñón de oreja (*Enterolobium cyclocarpum* ((Jacq.) Griseb), las pieles se evaluaron de forma paralela y perpendicular donde obtuvieron una resistencia a la tracción de 20.2 y 25.1 N mm⁻² respectivamente, porcentaje de elongación de 4.8 % y 4.3 %, según la norma indica que se debe encontrar entre valores de 40 % y 80 %,

Tabla 3. Pruebas físico-mecánicas en cuero de conejos Rex.

Dieta	Variable	Media	Desv. est	Mínimo	Máximo
T0 14.38 % PB 260.20 kcal 100 g ⁻¹ ED	Resistencia al desgarre (N)	27.7	1.95	25.70	29.60
	Espesor (mm)	1.36	0.01	1.35	1.38
	Elongación a la rotura (%)	56.03	5.80	52.10	62.70
	Suavidad (mm)	4.17	0.16	4.03	4.35
T2 14 % PB, 304.10 kcal 100 g ⁻¹ ED	Resistencia al desgarre (N)	37.3	11.15	26	48.30
	Espesor (mm)	1.16	0.08	1.10	1.26
	Elongación a la rotura (%)	57.06	11.11	46.70	68.80
	Suavidad (mm)	3.58	0.79	2.72	4.28

lo cual se observa que las pieles de conejos Rex si cumplen con los valores de calidad respecto a la norma (ISO 3376:2011); resistencia al desgarre de 5.8 y 22.5 N, por lo cual no cumplieron con los requerimientos mínimos según la norma determinada. Los resultados obtenidos para este estudio nos indican que para los tratamientos T0 y T2, ambos se encuentran en los valores que la norma indica.

[Pancapalaga & Nitiharjo \(2019\)](#) determinaron la calidad de pieles de conejos Rex de un año de edad curtidas con distintas concentraciones de taninos de manglar y mimosa (0:30 %, 10:20 %, 20:10 % y 30 %), mediante las pruebas de calidad obtuvieron una resistencia a la tracción de 356.35 N cm⁻², elongación de 29.80 % y resistencia a la costura de 84.41 kg cm⁻¹. Siendo la elongación más baja a comparación de los conejos Rex evaluados en esta investigación, a lo cual pudo deberse a la edad de los conejos evaluados.

[Basantes y Lozano \(2018\)](#) evaluaron el efecto de un extracto a partir de vainas de *Caesalpinia spinosa* ((Molina) Kuntze) en pieles de caprinos, los cuales los compararon con un tratamiento testigo que tenía sulfato básico de cromo donde obtuvieron valores de resistencia a la tracción de 2041.67 N cm⁻² y 1838.46 correspondientemente, alargamiento a la rotura de 59.56 y 54.67 % y distensión de 9.04 % y 8.64 % respectivamente, a lo cual se observa que las pieles de conejos Rex

mostraron valores de hasta 62.7 % y 68.8 %, a pesar de ser una especie menor, ofrece características de calidad deseables.

[Hidalgo \(2016\)](#) evaluó el curtido de pieles de caprinos con extracto de fenoles de *Caesalpinia spinosa* y con sulfato de cromo, donde obtuvieron una resistencia a la tensión de 333.24 y 284.45 N; porcentaje de elongación 72.12 % y 66.33 %, temperatura de encogimiento de 92.86 y 86.71 °C respectivamente, siendo el porcentaje de elongación superiores por el uso de *Caesalpinia spinosa* a comparación de los resultados obtenidos en este estudio, a diferencia del curtido con sulfato de cromo donde el T2 proporcionó resultados más altos.

Conclusiones

Las pieles de los conejos alimentados con la dieta con menor nivel de proteína (10.49 % PB, 289.37 kcal 100 g⁻¹ ED) presentaron menor contenido de fibras conjuntivas comparados con los alimentados con mayor nivel de proteína (14.38 % proteína bruta-PB, 260.20 kcal 100 g⁻¹ de energía digestible ED y 14 % PB, 304.10 kcal 100 g⁻¹ ED). El sexo de los conejos y las dietas evaluadas no influyeron en el peso de la piel fresca, peso del cuero, pérdida de peso por el curtido de la piel, área del cuero aprovechable y características cromáticas del cuero de conejos de la raza Rex. Los cueros de los conejos Rex alimentados con las dietas con 14%

de PB cumplieron con las características de resistencia al desgarre, espesor, elongación a la rotura y suavidad que la norma internacional UNE-EN ISO 3377-2 establece.

Referencias

- Al-Jabari, M., Sawalha, H., Pugazhendhi, A. & Eldon, R. R. (2021). Cleaner production and resource recovery opportunities in leather tanneries: Technological applications and perspectives. *Bioresource Technology Reports*, 16(4), 100815. <https://doi.org/10.1016/j.biteb.2021.100815>
- Alfonso, C., Caballero, J., Castillo, O., Flores, I., Pérez, G. y María S. (2015). Biocueros: Pielés marinas curtidas con savia de la *Musa paradisiaca*. *Revista de Iniciación Científica*, 1(1), 46-50. <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/ric/article/view/349>
- American Meat Science Association (AMSA). (10 de febrero de 2026). *Meat color measurement guidelines*. <https://meatscience.org/publications-resources/printed-publications/amsa-meat-color-measurement-guidelines>
- Bastanian, M., Olad, A. & Ghorbani, M. (2024). Tuning a green carboxymethyl cellulose-based pre-tanning agent via peroxide oxidation for high chrome exhaustion in leather industry. *International Journal of Biological Macromolecules*, 265(2), 131133. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.131133>
- Basantes, B. E. y Lozano, H. C. (2018). Evaluación de las características físicas de pieles curtidas con un extracto hidroalcolico a partir de *Caesalpinia spinosa*. *Revista Caribeña de Ciencias Sociales*, 13. <https://www.eumed.net/rev/caribe/2018/12/pieles-caesalpinia-spinosa.html>
- Briguido, J. M., Calderón, J. F., Recchioni, L. L. y Díaz, A. C. (2018). Determinación de las propiedades mecánicas del cuero fino de vaca sometidas a condiciones variadas de temperatura y humedad. *Revista de la Universidad de Costa Rica*, 28(2), 100-114. <https://doi.org/10.15517/ri.v28i2.30878>
- Castanedo-Cazares, J. P., Hernández-Blanco, D., García-Cortés, J. D., Medina-Aguilar, L. & Torres-Álvarez, B. (2018). Análisis de la pigmentación cutánea en una muestra. *Gaceta Médica de México*, 154(1), 1-8. <http://dx.doi.org/10.24875/GMM.17003050>
- China, C. R., Maguta, M. M., Nyandoro, S. S., Hilonga, A., Kanth, S. V. & Njau, K. N. (2020). Alternative tanning technologies and their suitability in curbing environmental pollution from the leather industry: A comprehensive review. *Chemosphere*, 254, 126804. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.126804>
- Chen, S., Liu, Y., Liu, T., Chen, B. & Gu, Z. (2017). Polymorphisms of exon 5, exon 7 and intron 10 of MMP2 gene and their association with wool density in Rex rabbits. *World Rabbit Science*, 25(2), 181-184. <https://doi.org/10.4995/wrs.2017.6514>
- Chen, J., Wang, J., Liu, L. & Li, F. (2025). Effects of dietary iron levels on the production performance, nutrient digestibility, blood biochemistry, and meat and fur quality of growing Rex rabbits. *Animals*, 15(2), 274. <https://doi.org/10.3390/ani15020274>
- Córdova, F. F., Carrera, R. M., Pavón, R. L. & Haro, F. Y. (2025). Análisis comparativo de la calidad seminal en conejos (*Oryctolagus cuniculus*) de las razas Rex, Nueva Zelanda y Cabeza de León. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 9(2), 17-31. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i2.16778
- De Blas, C., Wiseman, J. & Fraga, M. J. (1999). *The Nutrition of the Rabbit*. Wallingford: CABI Publishing.
- Escobar-Salazar, L. E., Garduño-Millán, M. L. & Ortiz-Rodríguez, R. (2025). Rendimiento de la canal y rendimiento de la carne deshuesada en conejos de diferentes razas bajo un mismo ambiente. *Revista Científica De La Facultad de*

- Ciencias Veterinarias, 35(2), 7.
<https://doi.org/10.52973/rcfcv-e35670>
- Essalhi, F., Essadak, A. & Bengueddour, R. (2025). Valorization of trout skins for a circular bioeconomy: Ecological leather production and anaerobic co-digestion of tanning effluents with trout byproducts (Morocco). *Environmental Challenges*, 20, 101197.
<https://doi.org/10.1016/j.envc.2025.101197>
- Estrada, A., Herrera, J. R., Hernández, R. y Rosas, A. (2013). Recuperación de sales de Cromo a partir de la raspa y su aplicación en el curtido de pieles. *Conciencia Tecnológica*, 46, 24-28.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=94429298005>
- Gonçalves, O. G., Gasparino, E., Dalcin C. L., Garcia, M. N., Souza dos R., Alves de Almeida, F. L., Matiucci, M. A., Feihrmann, A. C., Hernandez G. G., Casetta, J., Schons, S. V., Dantas, J. V. & Rodrigues de Souza, M. L. (2022). Characterization and strength quality of the *Oryctolagus cuniculus* leather compared to *Oreochromis niloticus* leather. *The Scientific World Journal*, 561404(1), 9.
<https://doi.org/10.1155/2022/4561404>
- Hidalgo, A. L. (2016). Comparación de la curtición con harina de *Caesalpinia spinosa*, con una curtición mineral con sulfato de cromo para pieles caprinas. *Industrial Data*, 19(1), 100-108.
<https://doi.org/10.15381/idata.v19i1.12542>
- Islam, M. M., Mim, S., Bodrun, U. H. & Mottalib, M. A. (2025). Sustainable leather tanning: Evaluation of *Aphanamixis polystachya* extract as an eco-friendly alternative to conventional tanning agents. *Sustainable Chemistry One World*, 8, e100114.
<https://doi.org/10.1016/j.scowo.2025.100114>
- Khoshnood, N. & Zamanian, A. (2020). Decellularized extracellular matrix bioinks and their application in skin tissue engineering. *Bioprinting*, 20, e00095.
<https://doi.org/10.1016/j.bprint.2020.e00095>
- Liang, S., Wang, X., Xie, L., Liu, X. & Dang, X. (2024). Discarded enoki mushroom root-derived multifunctional chrome-free chitosan-based tanning agent for eco-leathers manufacturing: Tanning-dyeing, non-acid soaking, and non-basifying. *International Journal of Biological Macromolecules*, 275(2), 133394.
<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.133394>
- Ling, X., Zhang, J., Han, Q., Wang, B., Guan, X. & Wang, X. (2025). Tailoring polysaccharide tanning agents with a broad molecular weight distribution from corn cob biomass: A dual solution for sustainable leather processing and waste valorization. *International Journal of Biological Macromolecules*, 319(4), e145624.
<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2025.145624>
- Liu, G., Liu, C., Zhang, Y., Sun, H., Yang, L., Bai, L. y Gao, S. (2023). El desarrollo del folículo piloso en conejos Rex está regulado estacionalmente por las vías de señalización Wnt10b/ β -catenina, TGF β -BMP, IGF1 y EGF. *Animals*, 13(23), 3742.
<https://doi.org/10.3390/ani13233742>
- Liu, S., Li, H., Yang, L. & He, Z. (2024). Effects of hydroxyl radical oxidation on the stability and biochemical functions of Rex rabbit meat. *LWT*, 203, e116295.
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2024.116295>
- Lotfollahi, Z. (2024). The anatomy, physiology and function of all skin layers and the impact of ageing on the skin. *Wound Practice and Research*, 32(1), 6-10, e10.33235.
<https://doi.org/10.33235/wpr.32.1.6-10>
- Luna, L. G. (1968). *Manual of histologic staining methods of the Armed Forces Institute of Pathology* (3rd ed.). New York: McGraw-Hill.
<https://ia800403.us.archive.org/0/items/ManualHistologicalStaining/Manual%20Histological%20Staining.pdf>
- Mohammed, E. S. I., Madkour, F. A., Zayed, M., Radey, R., Ghallab, A. & Hassan, R. (2022). Comparative histological analysis of the skin

- for forensic investigation of some animal species. *EXCLI Journal*, 21, 1286-1298. <https://doi.org/10.17179/excli2022-5335>
- Ockerman, H. W. & Basu, L. (2004). BY-PRODUCTS | Hides and Skins, Editor(s): Werner Klinth Jensen, *Encyclopedia of Meat Sciences*, 125-138. <https://doi.org/10.1016/B0-12-464970-X/00048-9>
- Ortiz-Gutiérrez, L. J., Soto-Simental, S., Zepeda-Bastida, A., Ocampo-López, J. & Ayala-Martínez, M. (2021). Uso de *Dalbergia palo-escrito* como alternativa vegetal para el curtido de la piel de conejo. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 8(3), e2967. <https://doi.org/10.19136/era.a8n3.2967>
- Palencia-Blanco, C. G., Paz-Díaz, H. J., Porras-Oliveros, J. T., Carreño-Castaño, L. A., Salazar-Beleño, A. M. y Pacheco-Valderrama, M. M. (2023). Evaluación del cuero obtenido a partir de piel de pescado de Cachama Negra (*Colossoma macropomum*) utilizando taninos extraídos del pseudotallo del plátano (*Musa paradisiaca*). *Revista Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 21(2), 2023, 115-129. <https://doi.org/10.18684/rbsaa.v21.n2.2023.2198>
- Pancapalaga, W. & Nitiharjo, S. (2019). The quality of rabbit hide tanned by mangrove (*Rhizophora mucronata*). *Leather and Footwear Journal*, 19, 189-194. <https://doi.org/10.24264/lfj.19.4.3>
- Parisi, M., Nanni, A. y Colonna, M. (2021). Reciclaje de cuero curtido al cromo y su utilización como materiales poliméricos y en compuestos poliméricos: Una revisión. *Polímeros*, 13(3), 429. <https://doi.org/10.3390/polym13030429>
- Park, J. E., Lee, S. and Choi, J. K. (2025). Single human umbilical cord blood stem cells in decellularized porcine dermis-derived extracellular matrix hydrogel promote healing of skin wounds. *Materials & Design*, 251, e113712. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2025.113712>
- Paz-Díaz, H. J., Agudelo-Beltrán, A. Y., Plata-Pastor, D. A., Pacheco-Valderrama, M. M., Salazar-Beleño, A. M. y Murillo-Méndez, C. J. (2021). Extracto de taninos del fruto piñón de oreja (*Enterolobium cyclocarpum*) como curtiente para piel de conejo común (*Oryctolagus cuniculus*). *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 19(1), 180-190. [https://doi.org/10.18684/BSAA\(19\)180-190](https://doi.org/10.18684/BSAA(19)180-190)
- Phillip, A. L. (2025). Development of Equations to Predict Percentage Empty Body and Carcass Chemical Composition Adjusted for Breed Type and Sex in Growing/Finishing Cattle. *Ruminants*, 5(2), 14. <https://doi.org/10.3390/ruminants5020014>
- Potekaev, N. N., Borzykh, O. B., Medvedev, G. V., Petrova, M. M., Gavriluk, O. A., Karpova, E. I., Trefilova, V. V., Demina, O. M., Popova, T. E. & Shnayder, N. A. (2021). Genetic and epigenetic aspects of skin collagen fiber turnover and functioning. *Cosmetics*, 8(4), 92. <https://doi.org/10.3390/cosmetics8040092>
- Proksch, E., Zdzieblak, D. & Oesser, S. (2025). The oral intake of specific bovine-derived bioactive collagen peptides has a stimulatory effect on dermal matrix synthesis and improves various clinical skin parameters. *Cosmetics*, 12(2), 79. <https://doi.org/10.3390/cosmetics12020079>
- Puerto Caballero, L. & Tejero García, P. (2013). Alimentación y nutrición: repercusión en la salud y belleza de la piel. *Nutrición Clínica y Dietética Hospitalaria*, 33(2), 56-65. <https://doi.org/10.12873/332tejero>
- Quaratesi, I., Chipurici, P., Ferrara, V., Casas, C., Bacardit, A., Proietti, N., Talotta, C., Gaeta, C., Iuliano, V., Bruno, I., Pauciulo, A., Gliubizzi, R., Călinescu, I. & Badea, E. (2025). Biodegradable alginate derivatives obtained by eco-friendly ultrasound technology for more sustainable leather tanning. *Green Chemistry*,

- 27(35), 10567-10581.
<https://doi.org/10.1039/d4gc06571a>.
- Romero, W. P., Salguero, S. S. & Ocaña, L. P. (2025). Gestión de residuos de curtiembres y políticas de sostenibilidad en la industria del cuero. *Tesla Revista Científica*, 5(1).
<https://doi.org/10.55204/trc.v5i1.e474>
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sagarpa). (2014). Norma Oficial Mexicana NOM-033-SAG/ZOO-2014, *Métodos para dar muerte a los animales domésticos y silvestres*. Diario Oficial de la Federación.
<https://www.gob.mx/profepa/documentos/norma-oficial-mexicana-nom-033-sag-zoo-2014-metodos-para-dar-muerte-a-los-animales-domesticos-y-silvestres>
- Sambani, K., Kontomaris, S. V. & Yova, D. (2023) Atomic force microscopy imaging of elastin nanofibers self-assembly. *Materials*, 16(12), 4313.
<https://doi.org/10.3390/ma16124313>
- SAS Institute Inc. (2022). *SAS® 9.4 Language Reference* (Third Edition). Cary, NC: SAS Institute Inc.
<https://go.documentation.sas.com/api/docsets/lrmeta/9.4/content/lrmeta.pdf?locale=en>
- Scanes, Colin G. (2018). Animal attributes exploited by humans (nonfood uses of animals). En M. C. Appleby, D. M. Weary, & P. Sandøe (Eds.), *Animals and human society* (1ª ed., I, 13–40). Academic Press.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-805247-1.00002-2>
- Shmalberg, J. (2017). Diets and the dermis: nutritional considerations in dermatology. *Today's Veterinary Practice*, 7, 33–42.
<https://todaysveterinarypractice.com/nutrition/acvn-nutrition-notesdiets-dermis-nutritional-considerations-dermatology/>
- Tao, Y. (2010). Studies on the quality of Rex rabbit fur. *World Rabbit Science*, 2(1), 21–24. <https://doi.org/10.4995/wrs.1994.213>
- Uzcátegui, M. G. y Gallardo, L. (2019). Proteínas dérmicas: Colágeno & fibras elásticas. *Dermatología Venezolana*, 57(2), 7–15.
<https://revista.svderma.org/index.php/ojs/article/view/1442/1416>
- Vargas, D. & Amurrio, D. (2017). Alternativa de proceso de curtido con alto agotamiento de Cromo para las curtiembres tradicionales de la ciudad de Cochabamba. *Acta Nova*, 8(1), 3–30. <https://doi.org/10.35319/acta-nova.2017154>
- Vélez, A., Espinosa, J. A. y Aguilar, R. F. (2021). Tipología y caracterización de cunicultores en los Estados del centro de México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 12(2), 469–486.
<https://doi.org/10.22319/rmcp.v12i2.5811>
- Zhang, L., Cheng, Q., Wang, C., Huang, C. y Lin, W. (2024). Energy-saving and low-carbon leather production: AI-assisted chrome tanning process optimization. *Journal of Cleaner Production*, 457, 142464.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.142464>

Distribución geográfica del género *Eysenhardtia* en Oaxaca

Geographic distribution of the *Eysenhardtia* genus in Oaxaca

§Bernardino Leonardo León-Enríquez^{id}, Zoila C. Lagunas-Sánchez^{id}, Pedro Saúl Vázquez-Rasgado^{id}

Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca (ITVO). Santa Cruz Xoxocotlán-Oaxaca. México. §Autor de correspondencia: (bernardino.le@voaxaca.tecnm.mx).

Resumen

El género *Eysenhardtia* incluye 13 especies que tienen propiedades medicinales, forrajeras y domésticas que habitan en sitios impactados. *Eysenhardtia* con más del 15 % de proteína cruda es un forraje potencial para rehabilitar ecosistemas perturbados. Varias especies de *Eysenhardtia* crecen de forma simpátricas en ambientes degradados. En ese contexto, el objetivo del trabajo fue identificar a las especies de *Eysenhardtia* en Oaxaca, así como sus condiciones ambientales empleando métodos cartográficos y muestreos en campo que permitan planear su empleo en el área de ciencias agropecuarias ambientales. Se realizaron cuatro salidas de campo para coleccionar e identificar las especies y describir las condiciones medioambientales de los sitios. Con el uso de bibliografía y herbarios se identificaron cinco especies y se pudo corroborar que *Eysenhardtia* crece en ambientes degradados y alto índice de erosión o también en ambientes conservados.

Palabras clave: cuatle, especies nativas, plantas forrajeras y medicinales, recuperación suelos.

Abstract

The genus *Eysenhardtia* includes 13 species with medicinal, forage, and domestic uses; they inhabit impacted areas. *Eysenhardtia*, with more than 15 % crude protein, is a potential forage resource for the rehabilitation of disturbed ecosystems. Several *Eysenhardtia* species grow sympatrically in degraded environments. In this context, the objective of the study was to identify the species of *Eysenhardtia* in Oaxaca, as well as their environmental conditions, by employing cartographic methods and field sampling that

support planning their use within the agro-environmental sciences. Four field trips were conducted to collect and identify the species and to describe the environmental conditions of the sites. Using bibliographic sources and herbaria, five species were identified, and it was confirmed that *Eysenhardtia* grows both in degraded environments with a high erosion index and in conserved environments.

Index words: cuatle, native species, forage and medicinal plants, soil recovery.

Introducción

Las sociedades humanas han estado en estrecho contacto con su entorno desde el comienzo de su formación y han utilizado los ingredientes del mismo para obtener alimentos y medicinas desde hace al menos 5000 años ([Jamshidi-Kia et al., 2017](#)). Sin duda, las plantas juegan un papel importante al proporcionar servicios esenciales en los ecosistemas. En el territorio mexicano, de acuerdo a la [CONABIO \(2016\)](#), México cuenta con más de 23 314 especies vegetales vasculares; estas plantas, silvestres y cultivadas, se aprovechan de maneras diferentes, entre las que sobresalen tres categorías antropocéntricas: comestibles, medicinales y ornamentales ([Villaseñor, 2016](#)). Oaxaca es reconocido como un centro de alta biodiversidad y endemismo, destaca en este ámbito con cerca de 3000 especies registradas bajo un tipo de uso tradicional ([Cruz-Pérez et al., 2021](#)).

El presente estudio se enfoca a un grupo de plantas de la familia Fabaceae, subfamilia Papilionideae, tribu Amorphaeae, género *Eysenhardtia* el cual se distribuye desde el sur de Estados Unidos de América hasta el Salvador. En México, este género incluye 13 especies que se

distribuyen en matorrales de zonas semiáridas en el noreste del país donde algunas son endémicas ([Estrada-Castillón et al., 2025](#)); también en bosque mixto de *Pinus* y *Quercus* en Jalisco ([Suárez-Muro et al., 2025](#)); matorral espinoso ([Estrada-Castillón et al., 2023](#)) y selva baja caducifolia en el estado de Colima ([Miranda et al., 2025](#)). Esto indica que las especies de *Eysenhardtia* son dominantes en algunos lugares de México como lo reportan [García y Sandoval \(2023\)](#) para Guanajuato. Esta diversidad se considera como una ventaja para el establecimiento de sistemas agroforestales ([Figueroa et al., 2024](#)).

En Oaxaca se le encuentra comúnmente en los Valles Centrales, Mixteca y Cañada a orilla de camino cohabitando junto a enebro (*Juniperus flaccida* Schltdl.), copales (*Bursera* spp.), encinos (*Quercus* spp.) y otras especies afines ([CONABIO, 2026](#)). Los suelos donde desarrolla son generalmente pedregosos y rocosos. Es frecuente encontrar especies de *Eysenhardtia* en clima árido, pero también en climas templados húmedos ([UNAM, 2025](#)).

El principal uso de este género ha sido el medicinal conocido desde la época novohispana, donde Nicolás B. Monardes en 1565 relata el uso de un árbol para tratar enfermedades renales y urinarias y describe que bebían una infusión de color azul que se obtenía colocando finas láminas de madera (corteza) en agua durante un tiempo ([Galeote, 1998](#)). Actualmente, Para algunas especies de este género se han reportado propiedades antimicóticas ([Bernabé-Antonio et al., 2021](#)), para el tratamiento de problemas renales ([García-Campoy et al., 2020](#); [Gutiérrez y Baez, 2014](#); [Lorenzo-Barrera et al., 2023](#)). En particular, *E. polystachya* tiene un uso medicinal para tratar animales domésticos por sus propiedades antibióticas ([Lorenzo-Barrera et al., 2023](#)). Así mismo posee un efecto acaricida de dos compuestos extraídos (Coatlinas y Matlalinas) de *E. polystachya* cultivadas *in vitro* ([Gutiérrez et al., 2015](#)).

En el ámbito de aprovechamiento y conservación de los recursos naturales se ha utilizado para establecer sistemas agroforestales, ya que, trae múltiples beneficios, como los

mencionados por [Shi et al. \(2018\)](#), que son: mayor secuestro de carbono; aumento de la fertilidad del suelo, mayor biodiversidad; prevención de la erosión y mejoras del micro clima. En este sentido, *Eysenhardtia* ha sido usada para reforestación y para la restauración de agroecosistemas degradados ([Patiño-Flores et al., 2022](#)). Con fines maderables en el norte del país se ha utilizado a *E. texana* ([Estrada-Castillón et al., 2023](#)). Por su parte, *E. polystachya* proporciona suficiente proteína superando el 15 % en las cuatro estaciones del año y es una de las que mejor se adapta en sistemas silvopastoriles ([Salas et al., 2025](#)) o en sistemas agroforestales ([Calixto-Valencia et al., 2025](#)), como bancos de proteína, cultivo en callejones y cercos vivos ([Miranda et al., 2025](#)).

E. polystachya en Oaxaca, se ha reportado su empleo para leña, postes para cercos, madera, alimentación, carbón, fabricación de artesanías y herramientas de trabajo, ornamental, rituales, forraje, sombra, etnoveterinaria, abono verde y cercas vivas, por lo que es una especie promisoría para la restauración de sistemas agroforestales con el cultivo de maguey, ya que, es posible (según la opinión de los productores) utilizarla como cercos vivos en contorno ([Rodríguez-Hernández et al., 2024](#)).

No obstante, en el estado de Oaxaca se distribuyen varias especies de este género, los escasos trabajos existentes sobre este género se refieren a *E. polystachya* sin considerar las otras especies, por lo que en el presente estudio se ayudó de sistemas de información geográfica y bases de datos públicas que han sido utilizadas por sus ventajas en estudios de distribución de especies ([Štípková et al., 2024](#)). En este contexto, el objetivo del presente trabajo fue identificar las especies de este género, así como sus condiciones ambientales; estos son datos necesarios para el éxito en la propagación de especies silvestres y/o domesticadas ([Velázquez-Hernández et al., 2022](#)). El conocimiento de sus requerimientos agroclimáticos permitirá su aprovechamiento para su propagación y su empleo en condiciones climáticas y edáficas apropiadas en los sistemas agroforestales de cada región del estado de Oaxaca.

Materiales y métodos

Área de estudio

Con el objetivo de validar la información cartográfica disponible sobre la distribución del género *Eysenhardtia*, en Oaxaca en 2025 se establecieron 12 puntos de muestreo en campo, distribuidos estratégicamente en las regiones fisiográficas de Valles Centrales (Monte Albán, Telixtlahuaca, San José del Paso y Dainzú), Mixteca (Tierra Blanca) y Cañada (Dominguillo), las cuales concentran el mayor número de registros históricos y recientes del género en el área de estudio. La selección de los sitios se realizó con base en la revisión previa de base de datos de registros georreferenciados y cartografía temática, priorizando aquellos polígonos con mayor densidad de ocurrencias reportadas. En cada punto de muestreo se llevó a cabo la corroboración *in situ* de la presencia del taxón, así como el levantamiento sistemático de información morfológica y medioambiental.

Diseño de muestreo

Para cada individuo registrado se obtuvieron las coordenadas geográficas y la altitud mediante un receptor GPS (Garmin Dakota™ 10); así como las variables ecológicas y morfológicas relevantes, como: tipo de vegetación, tipo de suelo, especies predominantes, diversidad y abundancia de *Eysenhardtia*, características de la inflorescencia, intensidad de aroma (poco, mediano o muy perceptible), observación de glándulas (poco visibles, visibles o muy visibles) y dimensiones de los especímenes.

Análisis cartográfico y procesamiento de datos geoespaciales

La determinación de la riqueza taxonómica del género *Eysenhardtia* en el estado de Oaxaca se realizó mediante una revisión crítica de los acervos digitales del Instituto de Biología de la Universidad Autónoma de México (UNAM) para la obtención de los registros de presencia, se consultó la base de datos del Sistema Global de Información sobre Biodiversidad (GBIF). La descarga e importación de los datos de ocurrencia se efectuó de manera directa mediante el

complemento GBIF Occurrences en el software de Sistemas de Información Geográfica (SIG) QGIS. 3.34.

Se procedió a unir los datos de registro para cada especie por separado en una sola base de datos y descargarlos en QGIS. Posteriormente se sobrepuso la información climática y edafológica de Inegi ([Inegi, 2025](#)). La Información de climas fue a partir del conjunto de datos vectoriales escala 1:1 000 000. Específicamente la precipitación media anual, y temperatura, así como el conjunto de datos vectoriales escala 1:1 000 000. Unidades climáticas. Los datos de suelos a partir de dos fuentes: Conjunto Nacional de Información Edafológica (serie III), así como los polígonos de erosión de suelos, escala 1:250 000 del Conjunto de Datos de Erosión del Suelo, Escala 1: 250 000 Serie I Continuo Nacional. Los datos de suelo fueron obtenidos empleando el complemento Point Sampling Tool de Q GIS. El complemento de la herramienta de muestreo de puntos recopila atributos de polígonos y valores ráster de múltiples capas para cada uno de los puntos de muestreo específicos. De esta manera a partir de la capa puntos de muestreo se sobrepuso la capa de Datos Vectorial Edafológico Escala 1:250 000 para obtener los datos edafológicos específicos de cada punto de muestreo.

Resultados y discusión

Distribución del género en el estado de Oaxaca

A partir del análisis de las tablas de atributos de las capas vectoriales en el software QGIS, se integró una base de datos consolidada compuesta por 331 registros referenciados del género *Eysenhardtia*.

Los resultados en la [Tabla I](#), producto del registro y de los Sistemas de Información Geográfica ([Štípková et al., 2024](#)) y de datos de la [UNAM \(2025\)](#) muestran la distribución de cinco especies reportadas para el estado de Oaxaca: *Eysenhardtia adenostylis* Baill., *E. orthocarpa* (A. Gray) S. Watson, *E. platycarpa* Pennell & Saff, *E. polystachya* (Ortega) Sarg. y *E. punctata* Pennell. De acuerdo con estos datos, *E. polystachya* es la especie con mayor número de registros.

Tabla I. Distribución de especies del género *Eysenhardtia* para las regiones del estado de Oaxaca, obtenidos con base en la información de GBIF ocurrencias de QGIS.

Especie	CA	CO	IS	MI	PA	SN	SS	VC	Total
<i>E. adenostylis</i> Baill.			6	1			6	4	17
<i>E. orthocarpa</i> (A. Gray) S. Watson	2			10			3	6	21
<i>E. platycarpa</i> Pennell & Saff	3	4	4	17		1	11	30	70
<i>E. polystachya</i> (Ortega) Sarg.	24	2	5	77	3	11	26	65	213
<i>E. punctata</i> Pennell				4		1	1	4	10
Total	29	6	15	109	3	13	47	109	331

CA = Cañada, CO = Costa, IS = Istmo, MI = Mixteca, PA = Papaloapan, SN = Sierra Norte, SS = Sierra Sur, VC = Valles Centrales.

En los muestreos se encontraron e identificaron las cinco especies ([Tabla 2](#)) reportadas para Oaxaca, cumpliendo con uno de los primeros objetivos ([Velázquez-Hernández et al., 2022](#)) en este tipo de estudios. En este estudio se registró con mayor frecuencia a *E. adenostylis*, lo cual, contrasta con la información de GBIF ocurrencias que menciona a *E. polystachya* como la especie con mayor cantidad de registros. Las regiones con mayor concentración de registros corresponden a las zonas templadas, semicálidas y semiáridas de Valles Centrales de Oaxaca, Mixteca, Sierra Sur y Cañada ([Figura 1](#)). En contraste, las zonas de llanuras cálidas húmedas de la Cuenca del Papaloapan, Costa e Istmo hay un menor número de registros de *Eysenhardtia*. Se pudo comprobar (registros de herbario) que se encuentran las diferentes especies de *Eysenhardtia* de manera abundante en Valles Centrales, Mixteca y Cañada principalmente. Las especies de *Eysenhardtia* se encontraron habitando selva baja caducifolia (sbc), bosque de encino (be), y ecotono de sbc-be ([Tabla 2](#)) como lo reportan diferentes autores ([Estrada-Castillón et al., 2023](#); [Estrada-Castillón et al., 2025](#); [García-Aguilar, 2025](#); [Miranda et al., 2025](#); [Suárez-Muro et al., 2025](#)), coincidiendo con zonas semiáridas y templadas principalmente. En lo que respecta a la altitud en colectas, el registro con menor altitud fue 1288 m para *E. adenostylis* en Dominguillo, Cuicatlán en la Cañada y el de mayor altitud para *E. orthocarpa* 2248 m en Tierra Blanca, Tejúpam en la Mixteca ([Tabla 2](#)).

En la sobreposición del mapa de temperatura media anual y precipitación media anual de Inegi

([Inegi, 2025](#)) se observó que los puntos caen en zonas con temperatura media entre 16 y 20 °C y la precipitación entre 700 y 1000 mm. La vegetación asociada a este género es de selva baja caducifolia, ecotono sbc-be; y bosque de encino. Estas condiciones concuerdan con lo registrado en Oaxaca por [Rodríguez-Hernández et al. \(2024\)](#), quienes reportan a *Eysenhardtia* en 800 a 1700 msnm; temperatura media entre 20 y 25 °C, una precipitación anual entre 508 y 644 mm; y los climas predominantes son Bs, Bso y (A)Cc. En Jalisco se reporta a *Eysenhardtia* en clima templado subhúmedo con temperatura media anual entre 12 y 18°C; con precipitación entre 700 y 1000 mm asociada a zonas de bosque de encino ([Suárez-Muro et al., 2025](#)). En otras partes se reporta asociada con selva baja caducifolia ([Miranda et al., 2025](#)). La imagen de la [Figura 1](#) respalda la alta abundancia que tiene este género en Oaxaca, coincidiendo con lo reportado sobre densidad de *Eysenhardtia* para Guanajuato por [García y Sandoval \(2023\)](#).

Los resultados de los muestreos en la zona semicálida de Valles Centrales; templada en la Mixteca y cálida en la Cañada se presentan en la [Tabla 2](#). Donde se muestran las colectas realizadas y su correspondiente identificación taxonómica, notándose la mayor abundancia de *E. adenostylis* en la región más muestreada que fue Valles Centrales de Oaxaca.

Tabla 2. Colectas de especímenes de *Eysenhardtia* en el estado de Oaxaca y sus características ambientales.

Colecta	Especie	Sitio	Región	Altitud (m)	Suelo	Vegetación
Bleon 2	<i>E. polystachya</i> (Ortega) Sarg	Monte Albán	VC	1715	LP	sbc
Bleon 3	<i>E. polystachya</i> (Ortega) Sarg	Monte Albán	VC	1715	LP	sbc
Zlaguas 3	<i>E. polystachya</i> (Ortega) Sarg	Mitla	VC	1924	RG	ecot sbc-be
Bleon 8	<i>E. polystachya</i> (Ortega) Sarg	Los Ibáñez	VC	1678	LP	sbc
Bleon 10	<i>E. polystachya</i> (Ortega) Sarg	Telixtlahuaca	VC	1984	RG	ecot sbc-be
Bleon 11	<i>E. polystachya</i> (Ortega) Sarg	Telixtlahuaca	VC	1984	RG	be
Bleon 12	<i>E. polystachya</i> (Ortega) Sarg	Telixtlahuaca	VC	2215	PH	be
Bleon 6	<i>E. adenostylis</i> Baill.	Ojo de agua	VC	2122	PH	be
Zlaguas 1	<i>E. adenostylis</i> Baill.	Mitla	VC	1922	RG	ecot sbc-be
Zlaguas 5	<i>E. adenostylis</i> Baill.	Dainzú	VC	1626	LP	sbc
Zlaguas 6	<i>E. adenostylis</i> Baill.	Dainzú	VC	1634	LP	sbc
Bleon 9	<i>E. adenostylis</i> Baill.	Telixtlahuaca	VC	1974	PH	ecot sbc-be
Bleon 13	<i>E. adenostylis</i> Baill.	Dominguillo	CÑ	1288	LP	sbc
Bleon 14	<i>E. adenostylis</i> Baill.	Dominguillo	CÑ	1397	LP	sbc
Bleon 15	<i>E. adenostylis</i> Baill.	Dominguillo	CÑ	1409	LP	sbc
Belon 17	<i>E. adenostylis</i> Baill.	T. Blanca	MX	2248	LP	be
Belon 19	<i>E. adenostylis</i> Baill.	T. Blanca	MX	2233	LP	be
Belon 20	<i>E. adenostylis</i> Baill.	ITVO	VC	1585	TC	sbc
Sosa 1	<i>E. adenostylis</i> Baill.	Ojo de agua	VC	2180	PH	be
Seuz 01	<i>E. adenostylis</i> Baill.	Ojo de agua	VC	2163	PH	be
Cluis 01	<i>E. adenostylis</i> Baill.	ITVO	VC	1582	TC	sbc
Bleon 21	<i>E. adenostylis</i> Baill.	U. Zapata	VC	1821	LP	sbc
Bleon 4	<i>E. platycarpa</i> Pennell & Saff	Monte Albán	VC	1717	LP	sbc
Bleon 5	<i>E. platycarpa</i> Pennell & Saff	Ojo de agua	VC	2124	PH	sbc
Bleon 7	<i>E. platycarpa</i> Pennell & Saff	Ojo de agua	VC	2120	PH	be
Zlaguas 2	<i>E. platycarpa</i> Pennell & Saff	Mitla	VC	1923	RG	ecot sbc-be
Zlaguas 4	<i>E. platycarpa</i> Pennell & Saff	Dainzú	VC	1626	LP	sbc
Eantonio 1	<i>E. platycarpa</i> Pennell & Saff	ITVO	VC	1582	TC	sbc
Igutierrez 1	<i>E. platycarpa</i> Pennell & Saff	Tlacolula	VC	1679	LV	sbc
Bleon 16	<i>E. orthocarpa</i> (A. Gray) S.	T. Blanca	MX	2249	LP	ecot sbc-be
Bleon 18	<i>E. punctata</i> Pennell	T. Blanca	MX	2233	LP	ecot sbc-be

CÑ = Cañada, MX = Mixteca, CV = Valles Centrales. LP = Leptosol LV = Luvisol, PH = Phaeozem, RG = Regosol, TC = Tecnosol. Be = bosque de encino, sbc = selva baja caducifolia, ecot sbc-be = ecotono o transición entre selva baja caducifolia y bosque de encino. Los especímenes colectados estarán disponibles en el herbario del ITVO.

En Monte Albán a lo largo de una vereda que inicia en el municipio de Xoxocotlán y culmina en la zona arqueológica, se identificaron *E. polystachya* y *E. platycarpa* y *E. adenostylis*. Los datos climáticos de acuerdo con la estación 20044 de Jalapa del Valle, la más cercana a Monte Albán y que se encuentra en la misma isoyeta, registró una precipitación pluvial es de 842.4 mm anuales y una temperatura media anual de 18.5°C. en el año

2025. El tipo de vegetación es selva baja caducifolia donde las especies de coatle comparten el sitio con timbre (*Acacia angustissima* (Mill.) Kuntze.), huizache (*Acacia farnesiana* (L.) Willd.), algarroble (*Acacia pennatula* (Schl y Cham) Benth.), maguey espadín (*Agave angustifolia* Haw.), copal chino (*Bursera bipinnata* Engl.),

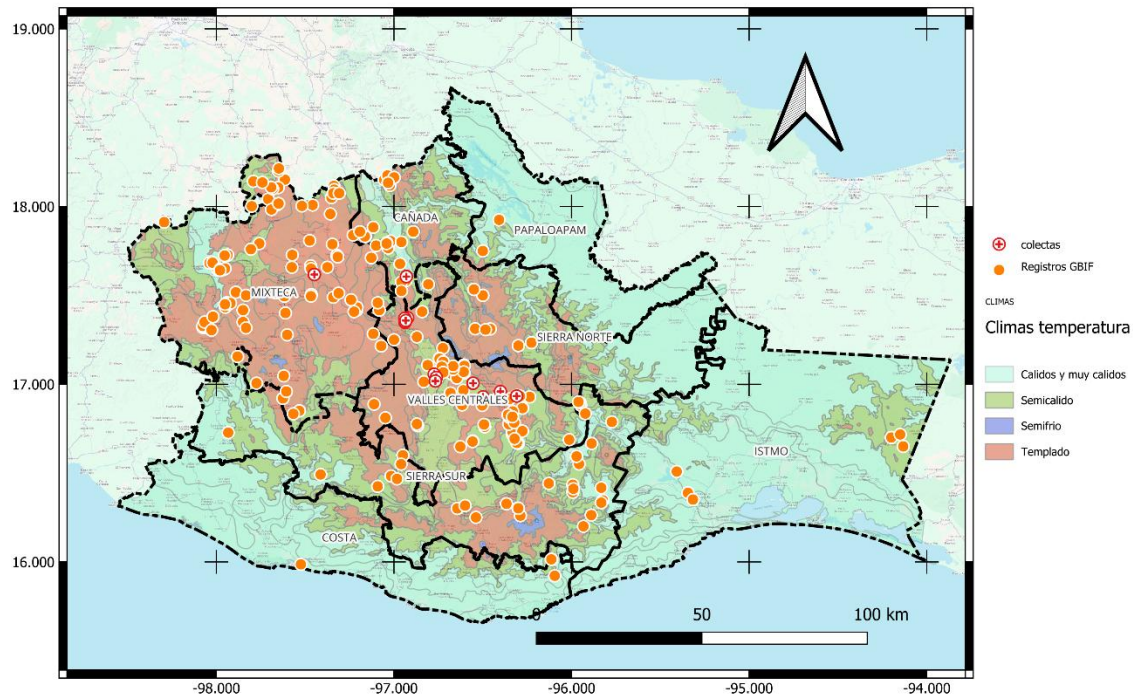


Figura I. Distribución de *Eysenhardtia* registros GBIF y colectas por unidades climáticas de Inegi en el estado de Oaxaca. Fuente: elaboración propia en QGIS con datos de Inegi, GBIF y colectas en campo realizadas en el proyecto.

copal colorado (*Bursera galeottiana* Engl.), pochote (*Ceiba aesculifolia* (H.B.K.) Britt. y Baker.), mala mujer (*Cnidoscolus multilobus* (Pax.) Johnston), mano de León (*Heliocarpus donnellsmithii* Rose), añil (*Indigofera suffruticosa* Mill.), pájaro bobo (*Ipomoea intrapilosa* Rose), guayabillo (*Rhus Standleyi* (H.B.K.) Barkley), guamúchil (*Pithecellobium dulce* Benth.) y nopal (*Opuntia tomentosa* Salm-Dyck.). En un transecto de 50 m se contaron 18 especies de *E. polystachya*, cuatro de *E. adenostylis* y dos de *E. platycarpa*, resaltando la habilidad de estas especies para formar poblaciones abundantes, aprovechando los claros que se abren en la vegetación. El árbol más grande que se muestreó fue de *E. adenostylis* de 5 m de altura. Los suelos observados son delgados y corresponden a Leptosoles.

El sitio de muestreo en Dainzú se encuentra entre la carretera Mitla-Oaxaca y las ruinas de Dainzú en el municipio de Macuilxochitl. En la

misma isoyeta, la estación 20022 de Coyotepec registra una precipitación de 586.2 mm anuales y una temperatura media anual de 20.1°C; presenta una vegetación de selva baja caducifolia, caracterizada por las siguientes especies: pájaro bobo (*Ipomoea intrapilosa* Rose), toloache (*Datura stramonium* L.), oreja de león (*Leonotis nepetifolia* (L.) R. Br.), bixibishio (*Opuntia pumila* Rose), vergonzosa (*Mimosa albida* Willd.), nopal cardón (*Opuntia streptacantha* Lem.), mezquite (*Prosopis juliflora* (SW) DC), guapilla (*Hechtia confusa* L.B. SM.), huizache (*Acacia farnesiana* (L.) Willd.), algarroble (*Acacia pennatula* (Schl y Cham) Benth.) y maguey espadín (*Agave angustifolia* Haw.). Con el objetivo de evaluar la densidad de la especie, en un transecto de 50 m a orilla de camino se contaron y se caracterizaron 16 especímenes de *E. adenostylis*, que es un indicador de la abundancia de esta especie en este tipo de vegetación.

En la localidad El Fresno (carretera Tehuacán-Telixtlahuaca kilómetro 147), una zona montañosa y semicálida de Domingullo, Cuicatlán, en la Cañada, localizada en la misma Isoyeta de la estación climatológica de Atlatlahuca, se registra una precipitación anual de 517 mm y una temperatura media anual de 23.7 °C. En el Fresno se identificó a *E. adenostylis* cuyos individuos presentan una altura superior a otros sitios de muestreo (Monte Albán y Tierra Blanca) debido a que se encuentran en competencia con otras especies de mayores dimensiones en una vegetación más conservada. En el sitio se presenta una vegetación de sbc con algunas especies características de una cuajotal, como son: palo mulato (*Bursera morelensis* Ramírez), copalillo (*B. submoniliformis* Engl.), cuajote amarillo (*B. aptera* Ramírez), pochote (*Ceiba aesculifolia* (H.B.K.) Britt. y Baker.), mala mujer (*Cnidoscolus multilobus* (Pax.) Johnston), barba de viejo (*Pilosocereus chrysacanthus* (F.A.C. Weber ex K. Schum.) Byles & G.D. Rowley), cuachalalá (*Amphipterygium adstringens* (Schltdl.) Standl.), padre nuestro (*Myrtillocactus schenckii* (J.A. Purpus) Britton & Rose), pata de elefante (*Beaucarnea purpusii* Rose) y chupandia (*Cyrtocarpa procera* Kunth). En un transecto de 50 m de longitud en la cima de una montaña, se contaron dos especímenes de *E. adenostylis*, dando a notar que en una vegetación más densa la competencia lleva a una menor densidad de esta especie.

Tierra Blanca, Villa Tejúpam de la Unión, en la Mixteca se caracteriza por tener un clima templado y suelo derivado de roca caliza. Localizada en la misma isoyeta, la estación climatológica 20103 de San Andrés Lagunas se reporta una precipitación pluvial de 699 mm anuales y una temperatura media anual de 15°C. El sitio de muestreo es un ecotono sbc-be muy impactado, está en la orilla de un arroyo y terrenos de cultivo, se encuentra rodeada por cerros muy erosionados. Existen plantas como: enebro (*Juniperus flaccida* Schltdl.), maguey (*Agave atrovirens* Karw.), jarilla (*Dodonea viscosa* (L.) Jacq.) y encinos (*Quercus* spp.) entre otros. En un

transecto de 100 m se contaron 17 especímenes de *E. adenostylis*, estos presentan dimensiones de altura de planta, grosor de tallo y diámetro de copa que varían únicamente por su edad, esto es porque hay especímenes de uno o dos años. Las plantas que presentan varios tallos implican que han sido cortados por el manejo. En este poblado, habitando en el cerro se encontró a *E. punctata* y a *E. orthocarpa*, en una condición de roca caliza con una alta degradación del suelo.

Durante los muestreos, los guías que nos indicaron los sitios de crecimiento reafirmaron los usos que se da al coatle en general (sin una distinción clara entre las cinco especies), coincidiendo con lo reportado por algunos autores ([García-Campoy et al., 2020](#); [Gutiérrez y Baez, 2014](#); [Lorenzo-Barrera et al., 2023](#)) respecto al uso en la salud humana principalmente.

Suelos

Los registros sobrepuestos sobre el polígono de erosión de Inegi ([Figura 2](#)) muestran que los registros coinciden con áreas de erosión de moderados a extremos, esto indica la adaptación de estas plantas en ambientes perturbados, erosionado y degradados, lo cual, explica porque ha sido empleadas para reforestación en áreas degradadas de zonas áridas ([Estrada-Castillón, 2023](#); [Miranda et al., 2025](#); [Patiño-Flores et al., 2022](#); [Salas et al., 2025](#)).

Se menciona a la agroforestería como la actividad estratégica para equilibrar la producción agropecuaria y la conservación de los ecosistemas degradados ([Calixto-Valencia et al., 2025](#)). La diversidad de ecosistemas que hay en Oaxaca, parecido a Guerrero, se consideran como ventaja para el establecimiento de distintos sistemas agroforestales ([Figuerola et al., 2024](#)).

Referente al factor edáfico en la [Figura 2](#) no se ve con claridad (por la escala) la abundancia de *Eysenhardtia* en suelos erosionados. Sin embargo, en los muestreos se pudo apreciar que la mayoría de los especímenes encontrados se encontraban viviendo en suelos erosionados por el impacto

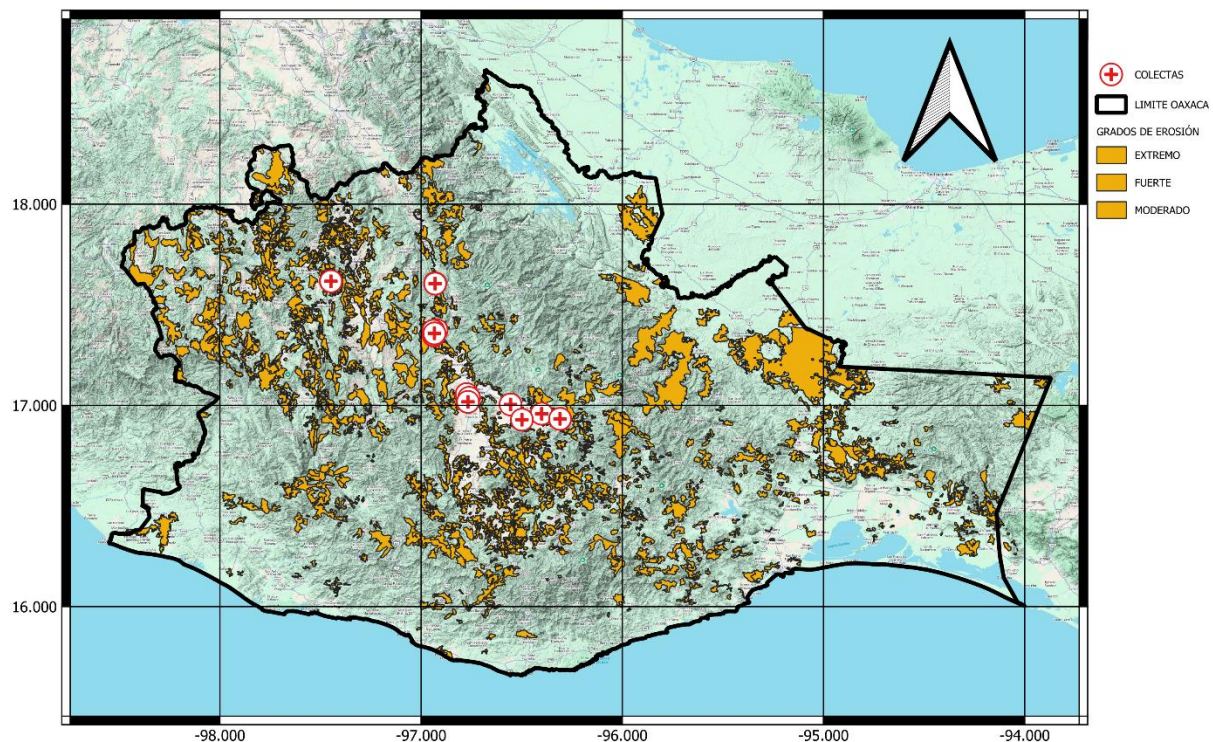


Figura 2. Distribución de *Eysenhardtia* sobre el mapa de Erosión del Suelo Serie I de Inegi. Fuente: elaboración propia en QGIS con datos de Inegi, GBIF y colectas en campo realizadas en el proyecto.

humano. Así también, se encontró a estas especies en suelos más conservados y de mayor profundidad, como los especímenes colectados en la comunidad de Ojo de Agua, Telixtlahuaca. Gran parte del estado de Oaxaca tiene áreas erosionadas donde conviene establecer sistemas agroforestales por sus múltiples beneficios (Figura 2), como los mencionados por Shi et al. (2018) entre otros autores.

Conclusiones

En el estado de Oaxaca se identificaron en campo (Monte Albán, Telixtlahuaca, San José del Paso, Dainzú, Tierra Blanca y Dominguillo) las cinco especies: *Eysenhardtia adenostylis*, *E. orthocarpa*, *E. platycarpa*, *E. polystachya* y *E. punctata* registrados por GBIF. Se distribuyen en climas templados y semicálidos con precipitación media anual entre 700 y 1000 mm y temperatura media anual entre 16 y 20° C, la altitud varía de 1409 m

a 2300 m. La vegetación asociada es de selva baja caducifolia, bosque de encino y las áreas de transición entre estos. Crecen sobre suelos poco desarrollados como Leptosoles y Regosoles, y Phaeozem, y en menor medida sobre Luvisoles. Crecen sobre áreas de erosión hídrica laminar de moderada a extrema. Con base en estas condiciones ambientales estas plantas se pueden recomendar para la implementación de sistemas agroforestales o agrosilvopastoriles para la restauración ecológicas de áreas degradadas principalmente en Valles Centrales, Mixteca y Cañada.

Agradecimientos

Agradecemos el apoyo económico y en tiempo que nos dio el Tecnológico Nacional de México. Extendemos nuestro agradecimiento a los guías de las poblaciones de Dominguillo (Andrés Gamboa, Pánfilo López), de Tierra Blanca (Jorge Villegas),

de Mitla (Néstor Juárez y Efraín), de Ojo de Agua Telixtlahuaca (Alma Rosa Flores).

Referencias

- Bernabé-Antonio, A., Sánchez-Sánchez, A., Romero-Estrada, A., Meza-Contreras, J. C., Silva-Guzmán, J. A., Fuentes-Talavera, F. J., Hurtado-Díaz, I., Álvarez, L. & Cruz-Sosa, F. (2021). Establishment of a cell suspension culture of *Eysenhardtia platycarpa*: Phytochemical screening of extracts and evaluation of antifungal activity. *Plants (Basel, Switzerland)*, 10(2), 414. <https://doi.org/10.3390/plants10020414>
- Calixto-Valencia, C. G., Basave-Villalobos, E. y Fernández González, C. (2025). Sistemas agroforestales como estrategia para la conservación del suelo: Revisión del caso de Guerrero: Agroforestería en Guerrero. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*, 12(2), 124-137. <https://doi.org/10.60158/r00q7f67>
- Cruz-Pérez, A. L., Barrera-Ramos, J., Bernal-Ramírez, L. A., Bravo-Avilez, D. & Rendón-Aguilar B. (2021). Actualized inventory of medicinal plants used in traditional medicine in Oaxaca, Mexico. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 17(1), 1-15. <https://doi.org/10.1186/s13002-020-00431-y>
- CONABIO. (2016). *Biodiversidad de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. <https://www.biodiversidad.gob.mx>
- CONABIO. (2026). *Inventario etnoflorístico en regiones oaxaqueñas con gran biodiversidad*. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. <https://www.biodiversidad.gob.mx>
- Estrada-Castillón, E., Villarreal-Quintanilla, J. Á., Mora-Olivo, A., Cuéllar-Rodríguez, G., Sánchez-Salas, J., Gutiérrez-Santillán, T. V., Alameda, R. V., González-Cuéllar, D. A., González-Montelongo, C. y Sierra, J. R. A. (2023). Etnobotánica de las especies nativas útiles en Linares, Nuevo León, México. *Sostenibilidad*, 15(15), 11565. <https://doi.org/10.3390/su151511565>
- Estrada-Castillón, E., Villarreal Quintanilla, J. Á., Encina Domínguez, J. A., Mora Olivo, A., Sánchez Salas, J., Muro Pérez, G., Alanís Rodríguez, E., Valdés Alameda, R. A., Sandoval Mata, N. & Ocampo, G. (2025). The Fabaceae in Northeastern Mexico (subfamily Papilionoideae, tribes Amorpheae, Brongniartieae, and Dalbergieae). *Plants*, 14(5), 789. <https://doi.org/10.3390/plants14050789>
- Figueroa, D., Prado-Pano, B. y Klimek-Alcaraz, O. A. (2024). *Manual para la evaluación ciudadana de los suelos y la vegetación de Guerrero*. Programa Universitario de Estudios Interdisciplinarios del Suelo (PUEIS). Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, México. <https://doi.org/10.22201/pueis.001b.2024>
- Galeote, M. (1998). La herbolaria de Indias en los tratados científicos de Nicolás Monardes (1507-1588). *Anuario de Letras. Lingüística y Filología*, 36, 47-73. <https://repositorio.unam.mx/contenidos/9613>
- García-Aguilar, J. A., Pérez, Z. V., Leyva-López, J. C. y Enríquez-del Valle, J. R. (2025). Estructura y composición de una porción de selva baja caducifolia en el Istmo de Tehuantepec, Oaxaca. *Revista Ciencia e Innovación Agroalimentaria de la Universidad de Guanajuato*, 6, 88-100. <https://doi.org/10.15174/cia.v6i6.113>
- García-Campoy, A., García, E. & Muñoz-Ramírez, A. (2020). Phytochemical and pharmacological study of the *Eysenhardtia* genus. *Plants*, 9(9), 1124. <https://doi.org/10.3390/plants9091124>
- García, N. R. M. y Sandoval, T. F. D. (2023). Diversidad vegetal, riqueza y abundancia de especies arbóreas y arbustivas en el sureste de Guanajuato. *South Florida Journal of Development*, 4(6), 2387-2399. <https://doi.org/10.46932/sfjdv4n6-017>
- Gutierrez, R. M. & Baez, E. G. (2014). Evaluation of antidiabetic, antioxidant and antiglycating activities of the *Eysenhardtia polystachya*. *Pharmacognosy magazine*, 10(Suppl 2), S404-

- S418. <https://doi.org/10.4103/0973-1296.133295>
- Gutierrez, L., Sumano, H., Rivero, F. & Alcalá-Canto, Y. (2015). Ixodicide activity of *Eysenhardtia polystachya* against *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*. *Journal of Animal Science*, 93(4), 1980–1986, <https://doi.org/10.2527/jas.2014-8679>
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (Inegi). (1 de diciembre de 2025). *Conjunto de datos vectoriales escala 1:1 000 000. Conjunto de datos vectoriales escala 1:1 000 000. Unidades climáticas*. <https://www.inegi.org.mx/temas/>
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (Inegi). (1 de octubre 2025). *Conjunto de datos vectoriales escala 1:1 000 000. Precipitación media anual*. <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825267544>
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (Inegi). (1 de diciembre de 2025). *Temperatura media anual I*. <https://www.inegi.org.mx/temas/climatologia/>
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (Inegi). (10 de diciembre de 2025). *Conjunto de Datos Vectorial Edafológico. Escala 1:250 000 Serie III Continuo Nacional*. <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=794551131916>
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (Inegi). (1 de noviembre de 2025). *Conjunto de Datos de Erosión del Suelo, Escala 1: 250 000 Serie I Continuo Nacional*. <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825004223>
- Jamshidi-Kia, F., Lorigooini, Z. & Amini-Khoei, H. (2017). Medicinal plants: Past history and future perspective. *Journal of Herbmmed Pharmacology*, 7(1), 1–7. <https://doi.org/10.15171/jhp.2018.01>
- Lorenzo-Barrera, N. A., Andrade Rodríguez, M., Villegas Torres, O. G., Román Montes de Oca, E., Sotelo Nava, H., Rodríguez Rojas, T. D. J. y Suárez Rodríguez, R. (2023). Usos del palo dulce *Eysenhardtia polystachya* (Ort.) Sarg., en cuatro municipios del estado de Morelos, México. *Polibotánica*, 55, 161–177. <https://doi.org/10.18387/polibotanica.55.11>
- Miranda, M. L. R., Avendaño, A. N. y Martínez, J. S. (2025). Arbóreas de la familia Fabaceae de la selva baja caducifolia y diversidad de usos. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 29(Suplemento II), 87. <https://doi.org/10.53897/RevAIA.25.29.92>
- Monardes, N. B. (1565). *Historia Medicinal de las Cosas que se Traen de Nuestras Indias Occidentales que Sirven en Medicina*. Padilla Libros: Sevilla, Spain, 1565; pp. 1–276
- Patiño-Flores, A. M., Alanís-Rodríguez, E., Molina-Guerra, V. M., Sigala Rodríguez, J. Á., Jurado, E., González-Rodríguez, H. y Aguirre-Calderón, O. A. (2022). Desempeño de una reforestación con especies arbóreas nativas del matorral espinoso tamaulipeco en áreas degradadas. *Madera y Bosques*, 28(2), 1–9. <https://doi.org/10.21829/myb.2022.2822342>
- Rodríguez-Hernández, R., Castellanos-Bolaños, J. F., Contreras-Hinojosa, J. R., Ruiz-Ríos, T. N. y García-Sibaja, M. (2024). Valor cultural de especies arbóreas con potencial para restaurar sistemas agroforestales con *Agave* en Oaxaca. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 15(85), 4–26. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v15i85.1473>
- Salas, L. C. M., Cervantes, D. G., Bañuelos, H. G., Guerrero, F. V., Gutiérrez, R. A. S. y Canales, A. E. (2025). Evaluación nutricional de *Eysenhardtia polystachya* (Varadulce) en Cuauhtémoc, Zacatecas, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 16(5), 19. <https://doi.org/10.29312/remexca.v16i5.3770>
- Shi, L, Feng, W., Xu, J. & Kuzyakov, Y. (2018). Agroforestry systems: Meta-analysis of soil carbon stocks, sequestration processes, and future potentials. *Land Degrad. Dev.*, 29, 3886–3897. <https://doi.org/10.1002/ldr.3136>

- Štípková, Z., Tsiftsis, S. & Kindlmann, P. (2024). Is the GBIF appropriate for use as input in models of predicting species distributions? Study from the Czech Republic. *Nature Conservation Research*, 9(1), 84-95. <https://dx.doi.org/10.24189/ncr.2024.008>
- Suárez-Muro, E. A., Reynoso-Dueñas, J. J., Hernández-López, L. y Flores-Argüelles, A. (2025). Diversidad de Fabaceae del Área Natural Protegida Sierra de Quila, Jalisco, México. *Botanical Sciences*, 103(3), 719-735. <https://doi.org/10.17129/botsci.3652>
- Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). (2025). *Portal de Datos Abiertos UNAM*. <https://datosabiertos.unam.mx/IBUNAM:MEU:505389>
- Velázquez-Hernández, J. M., Durán-Puga, N., Ruíz-Corral, J. A., González-Eguiarte, D. R., Santacruz-Ruvalcaba, F. y Gallegos-Rodríguez, A. (2022). Distribución geográfica y usos de especies del género *Dioscorea*: geographic distribution and uses of species of the genus *Dioscorea*. *e-CUCBA*, 19, 141-150. <https://doi.org/10.32870/ecucba.vi19.273>
- Villaseñor, J. L. (2016). Checklist of the native vascular plants of Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 87(3), 559-902. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2016.06.017>

Presencia de un hongo *neopestalotioides* responsable de pudrición y muerte en plantaciones de fresa: una revisión

Presence of a *neopestalotioides* fungus responsible for rot and death in (*Fragaria x ananassa*) plantations; a review

María del Carmen Ramírez-Mendoza^{ID}, §Rómulo García-Velasco^{ID}

Universidad Autónoma del Estado de México. Centro Universitario Tenancingo. México. §Autor de correspondencia: (rgarciave@uaemex.mx).

Resumen

El cultivo de fresa sobresale por considerarse una frutilla de alto contenido nutrimental para el humano, en los últimos años este cultivo ha manifestado problemas sanitarios asociados a la presencia de un hongo *neopestalotioides* del género *Neopestalotiopsis*, el cual es de reciente emergencia, provoca pudriciones de frutos, corona y raíz, además de tizones foliares en hojas y peciolo de la planta hasta causar la muerte de la misma, algunas especies responsables ya han sido identificadas. Se realizó una revisión exhaustiva de la bibliografía relacionada al hongo *Neopestalotiopsis* sp., se analizaron y seleccionaron artículos científicos encontrados en bases de datos como Scopus, Web of Science, PubMed, Google Scholar, el portal taxonómico Sordariomycetes y de la plataforma de difusión ResearchGate a partir de los años 2016 a 2025. Estos estudios identificaron la presencia del hongo *neopestalotioides* como responsable de causar hasta el setenta por ciento de las pérdidas de producción. Su distribución se extiende por varias regiones del mundo, en el continente americano se distribuye en varias zonas geográficas incluyendo a México, el primer reporte de *Pestalotia longisetula* se dio en Brasil, posteriormente se identificó como *N. clavisporea* en España, al igual que en otras regiones de Europa meridional, Oriente Medio y Asia por mencionar algunos. Para el manejo integrado de la enfermedad se reporta el uso de hongos y bacterias antagonistas bajo la lógica de competencia y liberación de metabolitos secundarios que tienen estos microorganismos frente al patógeno y el uso de fungicidas pertenecientes a los grupos químicos de los ditiocarbamatos, anilino pirimidinas, fenilpirroles, carboxamidas, ftalimidas y

estrobilurinas, se sugiere el uso de medidas preventivas, así como la implementación de cultivares resistentes a *Neopestalotiopsis* sp.

Palabras clave: base de datos, género, manejo integrado, metabolitos, patógeno.

Abstract

The cultivation of the domesticated strawberry (*Fragaria x ananassa*) stands out for being considered a fruit with high nutritional content for humans, in recent years this crop has shown health problems associated with the presence of a *neopestalotioid* fungus of the genus *Neopestalotiopsis*, this recently emerged disease causes fruit, crown and root rot, as well as leaf blight on leaves and petioles of the plant, eventually leading to its death. Some of the responsible species have already been identified. An exhaustive review of literature related to the fungus *Neopestalotiopsis* sp., was carried out, selecting and analyzing scientific articles found in databases such as Scopus, Web of Science, PubMed, Google Scholar, the Sordariomycetes taxonomic portal and the ResearchGate dissemination platform from years 2016 to 2025. These studies identified the presence of the *neopestalotioid* fungus as responsible for causing up to seventy percent of production losses. The distribution of *neopestalotioid* extends across several regions of the world. In the Americas, it can be found in various geographical areas, including Mexico, the first report of *Pestalotia longisetula* was in Brazil, and later it was identified as *N. clavisporea* in Spain, as well as in other regions of southern Europe, the Middle East, and Asia, to name a few. For integrated disease management, the use of antagonistic fungi and bacteria is

reported, based on the logical of competition and release of secondary that these microorganisms have against the pathogen, and the use of fungicides belonging to the chemical groups of dithiocarbamates, anilinopyrimidines, phenylpyrroles, carboxamides, phtalamides and strobilurins. The use of preventive measures is suggested, as well as the implementation of cultivars resistant to *Neopestalotiopsis* sp.

Index words: database, genus, integrated management, metabolites, pathogen.

Introducción

La fresa (*Fragaria* × *ananassa* D.) es uno de los cultivos frutícolas de mayor relevancia económica y social a nivel mundial, debido a su alta demanda en los mercados nacionales e internacionales, así como a su valor nutrimental para beneficio de la salud humana. Esta frutilla es apreciada por su contenido de compuestos bioactivos, particularmente polifenoles y antioxidantes, los cuales desempeñan un papel importante en la protección celular frente al estrés oxidativo ([Carvajal-De Pavón et al., 2012](#)). En términos productivos, China se posiciona como el principal productor a nivel mundial, seguido por Estados Unidos, México y Turquía ([FAOSTAT, 2026](#)). Las entidades federativas con mayor aportación a la producción nacional son; Michoacán (411, 927.4 t), Baja California (137, 424.42 t), Guanajuato (107,920.17 t), Jalisco (17,016.44 t) y el Estado de México (8,540.85 t), lo que refleja la importancia estratégica de este cultivo para la agricultura mexicana ([SIAP, 2026](#)).

El incremento sostenido de la superficie cultivada y de la intensificación de los sistemas de producción, tanto a cielo abierto como bajo invernadero, ha favorecido la aparición y diseminación de diversos problemas fitosanitarios. El cultivo de fresa es susceptible a un complejo de patógenos del suelo que afectan la raíz y la corona, entre los que se incluyen especies de los géneros *Fusarium* sp., *Macrophomina* sp., *Verticillium* sp., *Phytophthora* sp., *Pythium* sp., y *Rhizoctonia* sp. ([Acosta-González et al., 2024](#)). A esta problemática se suma el uso frecuente de material

vegetal no certificado, lo que incrementa el riesgo de introducción y establecimiento de patógenos emergentes en nuevas áreas de producción ([Avilés et al., 2024](#)).

En los últimos años, se ha documentado la emergencia de una enfermedad asociada al género *Neopestalotiopsis*, la cual ha cobrado relevancia por la severidad de los daños que ocasiona al cultivo. Este fitopatógeno provoca pudrición de raíz y corona, necrosis foliar, tizones en pecíolos y lesiones en fruto, conduciendo a la muerte de las plantas en etapas tempranas del establecimiento del cultivo ([Baggio et al., 2021](#); [Chamorro et al., 2015](#); [Shi et al., 2022](#)). Las pérdidas asociadas a esta enfermedad pueden superar el 50 % e incluso alcanzar hasta 70 % en plantaciones comerciales, como se ha reportado en diversas regiones productoras del mundo ([Dardani et al., 2025](#); [Lawrence et al., 2023](#); [Rebollar-Alviter et al., 2020](#)).

Actualmente, se reconocen diversas especies asociadas a la fresa, como *N. rosae*, *N. clavispora*, *N. iranensis* y *N. mesopotamica*, así como especies aún no descritas formalmente, las cuales muestran diferencias en agresividad y distribución geográfica ([Ayoubi y Soleimani, 2016](#); [Dardani et al., 2025](#); [Sun et al., 2021](#)).

La dispersión de *Neopestalotiopsis* sp. se ha documentado en países de Europa, América, Asia y África, incluyendo España, Italia, Egipto, Estados Unidos, México, China, Turquía y Canadá, lo que confirma su carácter global como patógeno emergente ([Chamorro et al., 2015](#); [Erdumus et al., 2023](#); [Essa et al., 2018](#); [McNally et al., 2023](#); [Wu et al., 2020](#)). Su establecimiento está estrechamente relacionado con condiciones ambientales favorables, como temperaturas entre 23 y 27 °C y el 90 a 100 % de humedad relativa, entre otros factores de estrés biótico y abiótico que debilitan al hospedante ([Dung et al., 2016](#); [Baggio et al., 2021](#); [Rebollar-Alviter et al., 2020](#)).

Dado su carácter emergente, las estrategias de manejo de *Neopestalotiopsis* sp., aún son limitadas, no obstante, se han realizado estudios orientados a evaluar alternativas de manejo. Fungicidas como thiram, captan, cyprodinil + fludioxonil y pydiflumetofen han mostrado

eficacia variable, principalmente cuando se aplican de manera preventiva ([Acosta-González et al., 2024](#); [Essa et al., 2018](#); [Rebollar-Alviter et al., 2020](#)). De manera complementaria, el uso de agentes de control biológico como *Trichoderma* spp., *Bacillus* spp. y *Streptomyces* spp., han demostrado potencial para reducir la incidencia de la enfermedad, contribuyendo a un manejo más sostenible ([Baggio et al., 2023](#); [Liu et al., 2024](#); [Zhang et al., 2024](#)).

Razón por la cual se llevó a cabo una revisión minuciosa de la bibliografía relacionada al hongo *Neopestalotiopsis* spp., presente en el cultivo de fresa a partir de los recientes reportes en diversas partes del mundo, con el fin de identificar las especies reportadas, síntomas de la enfermedad y las estrategias de manejo.

Desarrollo

Para el desarrollo de esta revisión, se analizaron y seleccionaron artículos científicos encontrados en bases de datos como Scopus, Web of Science, PubMed, Google Scholar, el portal taxonómico Sordariomycetes y de la plataforma de difusión ResearchGate a partir de los años 2016 a 2025, con la excepción de 11 artículos de años anteriores que contenían metodologías, y descripción morfológica y molecular de *Neopestalotiopsis* sp. Se analizaron 170 publicaciones, los códigos utilizados para la búsqueda de información fueron “*Neopestalotiopsis* on strawberry” y “first report *Neopestalotiopsis* on strawberry in the world”, las cuales estuvieron relacionadas con los primeros reportes de brotes del hongo fitopatógeno reportado en distintas regiones del mundo, así como, alternativas de manejo integrado, diferentes especies de *Neopestalotiopsis* sp., presentes en el cultivo de fresa, los artículos que se excluyeron para su revisión fueron los que reportan la presencia de *Neopestalotiopsis* sp., en otro tipo de cultivos, se analizaron escritos en español e inglés principalmente, cabe resaltar que los artículos seleccionados son provenientes de revistas indexadas como Plant Disease, International Journal of Biosciences, Mycological Research, Journal of Plant Pathology, Revista Mexicana de Fitopatología entre otras.

Evolución

Uno de los primeros reportes de hongos *pestalotioides* en plantaciones de fresa se dio en los años 70 en Florida e Israel, se señaló a *Pestalotia longisetula* como la responsable de síntomas de pudrición de la fruta, posteriormente fue renombrada como *Pestalotiopsis longisetula*, en la actualidad se le conoce como *N. rosae* un patógeno emergente asociado a diversos síntomas en fresa en varias regiones del mundo ([Dardani et al., 2025](#)).

En un inicio el género *Pestalotia* fue clasificado en tres grupos de especies las cuales poseían conidios de cuatro, cinco o seis células; posteriormente, fue reclasificada en tres géneros: Uno de ellos fue *Truncatella* con conidios de cuatro células, *Pestalotiopsis* cinco células por conidio y *Pestalotia* con la presencia de seis células por conidio. Dicha morfología de los conidios se identificó como características estables para su clasificación de estos nuevos géneros de hongos, permitiendo así organizar los géneros según los patrones de coloración de las células intermedias de las esporas (concolor y versicolor) ([Baggio et al., 2021](#)).

Taxonomía y filogenia de *Pestalotiopsis*, *Pseudopestalotiopsis* y *Neopestalotiopsis*

La clasificación de manera taxonómica del género *Neopestalotiopsis* sp., se describe como: Reino: Fungi, Phylum: Ascomycota, Subphylum: Pezizomycotina, Clase: Sordariomycetes, Subclase: Xylariomycetidae, Orden: Amphispheariales, Familia: Pestalotiopsidaceae, Género: *Neopestalotiopsis* ([Maharachchikumbura et al., 2014](#)). Aunque también existen evidencias científicas que mantienen la postura de clasificación propuesta por [Corda \(1842\)](#), quien clasifica al género *Pestalotiopsis* dentro de la familia Sporocadaceae ([Bundhun et al., 2020](#)).

En este sentido [Jayasiri et al. \(2015\)](#), reportaron que la familia Pestalotiopsidaceae es sinónimo de Sporocadaceae Corda, por lo que ambas son tratadas de la misma forma, la familia Sporocadaceae incluye géneros que son típicamente celomicetos, cuya morfología destaca por la presencia de conidios con apéndices tubulares. [Liu et al. \(2019\)](#), indicaron que el

nombre “Coelomycetes” fue introducido en un inicio para incluir los géneros asexuales/mitospóricos. Sin embargo, como estos hongos mostraron variaciones considerables en sus conidios, el grupo se amplió para incluir todos los géneros que producen conidios dentro de una cavidad o matriz fúngica en forma de cojín. Por lo tanto, el nombre “Coelomycetes” se utiliza por conveniencia e identifica un grupo artificial de hongos en lugar de un rango taxonómico formal, y se ha revelado que sus miembros se distribuyen entre las clases *Dothideomycetes*, *Leotiomyces* y *Sordariomycetes*. [Nag Raj's \(1993\)](#) aclara que la familia Sporocadaceae también es conocida como hongos pestalotioides debido a las características morfológicas que comparten.

Las relaciones anamorfo-teleomorfo y los ciclos de vida no son bien conocidos para la mayoría de las especies, ya que la etapa sexual no se desarrolla con frecuencia ([Armstrong-Cho y Banniza, 2006](#)). Por tanto, los conidios desempeñan un papel clave en la taxonomía y provisión de inóculo. La mayoría de las especies del género *Pestalotiopsis* carecen de morfos sexuales; en la actualidad, se han registrado morfos sexuales en 13 especies de *Pestalotiopsis* s. lat., denominadas *Pestalosphaeria*, aunque *Pestalotiopsis* s. lat., comprende más de 200 especies ([Maharachchikumbura et al., 2011](#)), que se han identificado como *Pestalosphaeria* M.E. ([Barr, 1975](#)) y *Neobroomella* Petr. ([Kirk et al., 2008](#)). En este sentido, [Pandey et al. \(2024\)](#) describen el ciclo de vida de especies similares a *Pestalotiopsis* que presentan holomorfo. Con base en los análisis filogenéticos de datos de secuencia combinados de las regiones espaciadoras transcritas internas y las regiones intermedias del gen 5.8S nrRNA (ITS), la β -tubulina parcial (*TUB*) y el factor de elongación de la traducción I-alfa (*TEF*), complementados con la morfología conidial, [Maharachchikumbura et al. \(2014\)](#) propusieron dos nuevos géneros anamórficos segregados de *Pestalotiopsis*: *Pseudopestalotiopsis* Maharachch., K.D. Hyde and Crous, gen. nov. y *Neopestalotiopsis* Maharachch., K.D. Hyde and Crous, gen. nov.; morfológicamente, estos tres géneros se distinguen en función de sus células

conidiógenas, el color de sus células medianas versicolas (oliváceas umber y oliváceas fuliginosas) o concoloras (de igual color) y sus apéndices apicales; en este sentido, *Neopestalotiopsis* presenta células medianas versicolor; *Pseudopestalotiopsis* y *Pestalotiopsis* tienen células medianas concoloras, aunque en el caso de *Pseudopestalotiopsis* son más oscuras ([Jeewon et al., 2003](#)).

Morfología del género *Neopestalotiopsis* spp.

De acuerdo con las reclasificaciones de [Maharachchikumbura et al. \(2014\)](#), *Neopestalotia* recibe su nombre en relación a *Pestalotiopsis* por pertenecer a un clado en común, [Maharachchikumbura et al. \(2014\)](#) también sugirieron que todas las *Pestalosphaeria* son *Pestalotiopsis* s. lat. Por lo tanto, las formas sexuales de *Pseudopestalotiopsis* y *Neopestalotiopsis* aún no están claras. Presenta conidiomatas acervulares o picnidiales subglobosos, globosos, solitarios o agregados de color marrón oscuro a negro, sumergidos a erumpentes, uniloculares o irregularmente pluriloculares; exudan conidios de color marrón oscuro a negro en una masa viscosa y globosa; muestra conidióforos indistintos, por lo regular reducidos a células conidiógenas discretas, cilíndricas, ampuliformes a lageniformes, hialinas, lisas, de paredes delgadas. La conidiogénesis se manifiesta inicialmente holoblástica, se vuelve percurrente para producir conidios adicionales en niveles ligeramente más altos. Conidios fusoides, elipsoides a subcilíndricos, rectos a ligeramente curvados, cuatro septos; célula basal cónica a subcilíndrica, con una base truncada, hialina o marrón pálido a olivácea; dicha base se presenta delgada y rugosa, o de paredes lisas, con tres células medianas doliformes, pared rugosa a verruculosa, versicolor, septos más oscuros que el resto de la célula; tiene célula apical hialina, cónica a cilíndrica, de paredes delgadas y lisas; apéndices apicales tubulares, uno a varios, filiformes o atenuados, flexuosos, ramificados o no ramificados, apéndice basal único, tubular, no ramificado, céntrico tal como se observa en la [Figura 1](#).



Figura 1. A) Conidio de *Pestalotiopsis* (Liu et al., 2019), B) Conidio de *Neopestalotiopsis rosae* (Maharachchikumbura et al., 2014), C) Conidio de *Pseudopestalotiopsis chinensis* (Liu et al., 2017)

Neopestalotiopsis rosae

La primera vez que se aisló e identificó esta especie fue a partir de plantas de rosa, el tamaño de las colonias alcanza un diámetro entre 5 a 6 cm crecido en medio PDA después de 7 días a 25 °C (Sun et al., 2021), sus características morfológicas se describen en (Tabla 1).

Neopestalotiopsis hispanica y *vaccinii*

N. hispanica fue descrita por primera vez asociada con la muerte regresiva y necrosis foliar en *Eucalyptus* spp., en Portugal, en este mismo sitio se reportó por primera vez a *N. vaccinii* asociado con el tizón de las ramitas de arándano y muerte regresiva, ambas especies se agrupan en el mismo conglomerado filogenético por lo que se identifican como la misma especie (Dardani et al., 2025).

Reporte de especies de *Neopestalotiopsis* spp.

Se han encontrado especies diferentes que afectan al cultivo de fresa, las cuales aunque pertenecen al mismo género pueden llegar a tener diferente grado de agresividad o virulencia, de acuerdo con Dardani et al. (2025) han confirmado que *N. rosae* es la especie más dominante y virulenta asociada a la pudrición de corona en fresa. En la Tabla 2 se indican las diferentes especies del fitopatógeno reportadas en diversas regiones del mundo.

Dardani et al. (2025), han hecho mención de que *N. rosae* resulta ser una especie más dominante y virulenta en comparación a otras especies, así mismo, han identificado que *N. hispanica* y *N.*

vaccinii se encuentran agrupadas dentro del mismo clado por lo que se concluye que ambas se tratan de la misma especie.

Por lo que se puede decir que más de una de las especies de *Neopestalotiopsis* tienen la capacidad de causar daños en plantaciones de fresa, incluso tener la presencia de más de una especie en una misma región geográfica.

En el estado de Florida, Baggio et al. (2021) reportaron pérdidas de al menos 80 ha en campos de cultivo durante la temporada 2019-2020, la presencia de este hongo provocó la destrucción de plantaciones, para confirmar su presencia se procedió al aislamiento del tejido enfermo de plantas infectadas, seguido de la identificación morfológica y molecular, los autores concluyeron que se trata de una especie de *Neopestalotiopsis* sp. aún sin identificar, cuya agresividad supera a las especies ya reportadas en otras regiones del mundo por la capacidad que tiene para destruir las plantaciones por completo.

Este mismo patógeno aún sin identificar su especie pero del mismo género *Neopestalotiopsis* también ha sido encontrado en los estados de Ohio (Rotondo et al., 2023), Indiana (Guan et al., 2023) y Georgia (Jiménez-Madrid et al., 2024); de la misma forma en Canadá se tiene el reporte de plantaciones de fresa afectadas por *Neopestalotiopsis*, la cual, mediante análisis moleculares se determinó que se trata del mismo hongo del género *Neopestalotia* con especie no identificada en Estados Unidos, ya que ha mostrado 99 % de identidad con la que se reportó en Florida y no presenta similitudes con las

Tabla I. Identificación de características morfológicas observadas en especies de *Neopestalotiopsis* sp.

Especie	Características morfológicas	Células conidiogenas	Condiciones de crecimiento	Referencia
<i>N. rosae</i>	Colonias de coloración blanca al frente, el reverso amarillo pálido, borde lobulado, micelio aéreo en la superficie. Colonia filamentosa y circular	Elipsoides o fusoides, rectos a ligeramente curvados, con cuatro septos y cinco células su tamaño promedio es de 24.8 x 8.5 µm. Célula basal cónica a obcónica con base truncada, simples, discretas, hialinas, rugosas y de paredes delgadas de 3.5 – 6 µm de largo. Tres células medianas doliformes, rugosas y versicolas, septos más oscuros al resto de las células. Célula apical hialina de paredes delgadas lisas, 2-5 apéndices apicales tubulares de 3.5-5.5 µm de largo. Apéndice basal no ramificado, tubular y céntrico, de 3.8 a 8.7 µm de largo. Conidióforos indistintos regularmente reducidos a células conidiógenas. Conidiomata picnidial, globoso, solitario y semisumergido, color marrón oscuro a negro de 100 a 300 µm de diámetro. Exudado de masas conidiales globosas brillantes de color negro.	La colonia crece entre 5 y 7 cm de diámetro después de 7 días a 25 °C.	Maharachchi kumbura et al. (2014); Sun et al. (2021).
<i>N. clavispora</i>	Crecimiento circular y borde ondulado, coloración blanco algodónoso de las colonias en medio PDA, la parte inferior de la colonia de color amarillo pálido.	En base a su morfología pueden ser fusiformes a elipsoides de cinco células de 22.7 x 7.7 µm, células apicales y basales hialinas, la segunda célula de color marrón pálido desde la base, las células tres y cuatro se observan marrón oscuro desde la base. Conidios con apéndice apical basal de 9.5 µm, 2 a 4 apéndices apicales de 29.9 µm. Acérvulos de color negro de 280 µm concéntricos manifestándose después de los 10 días.	Las colonias crecen en medio PDA a 25 °C con fotoperiodo de 12 h durante 7 a 10 días	Chamorro et al. (2015).
<i>N. iranensis</i>	Colonias crecidas en medio PDA con borde regular y crecimiento aéreo blanquecino, por el reverso color blanco amarillento	Conidios y apéndices apicales más largos, acervulos negros semisumergidos en el medio de cultivo se observa a partir de los 20 días, conidios fusiformes a elipsoides 25.3 x 8.2 µm, con cuatro septos, célula basal hialina, tres células medianas de color marrón pálido a marrón oscuro, célula apical única.	Sin determinar	Ayoubi y Soleimani (2016); Dardani et al. (2025).
<i>N. mesopotamica</i>	Colonias crecidas en medio papa dextrosa agar, borde redondeado, color miel pálido, micelio aéreo, picnidios concéntricos negros, la parte inferior es de color similar.	Picnidios globosos o clavados, agregados o confluentes de 250 µm de diámetro de color negro, masas conidiales de color marrón. Conidióforos reducidos a células conidiógenas de 8-20 x 2-7 µm, hialinas, paredes lisas con engrosamiento peridinal prominente. Conidios de forma elipsoides y fusoides, rectos a curvos de cuatro septos de 29.6 x 8 µm, células basales cónicas con base truncada, hialinas, rugosas y de paredes delgadas de 6 a 7.5 µm de largo; con tres células medianas doliformes de 18.5 µm de largo.	Las colonias alcanzan un diámetro de 30 a 50 mm después de los siete días a una temperatura de 25 °C.	Maharachchi kumbura et al. (2014).
<i>N. hispanica</i> y <i>vaccinii</i>	Las colonias presentan borde liso a ondulado, micelio aéreo blanquecino, crecimiento rápido de patrón radial, la parte inferior de color blanco conforme envejece se vuelve de miel pálido a ocre.	Cuerpos fructíferos después de los 14 días, acérvulos negros, dispersos y abundantes en los anillos concéntricos, conidios fusoides a elipsoides con un tamaño promedio de 18.4 x 6.5 µm y 4 septos, con 3-4 apéndices de la célula apical hialina y 1 apéndice basal filiforme corto.	Sin determinar	Dardani et al. (2025).

Tabla 2. Especies del género *Neopestalotiopsis* y *Pestalotiopsis*., reportadas en plantaciones de fresa en distintas regiones del mundo.

Especie de <i>Neopestalotiopsis</i>	Región donde se reporta	Síntomas observados	Referencias
<i>N. clavispora</i>	España	Lesiones y manchas necróticas en hojas, cálices, corona, raíz y receptáculos.	Chamorro et al. (2015)
	Argentina		Obregón et al. (2018)
	India		Mahapatra et al. (2018)
	Uruguay		Machín et al. (2019)
	China		Shi et al. (2022)
<i>N. iranensis</i> y <i>N. mesopotamica</i>	Kurdistán, Irán	Manchas hundidas en las frutas, descomposición de la pulpa	Ayoubi y Soleimani (2016)
<i>Pestalotiopsis longisetula</i>	Bélgica	Necrosis en hoja y corona de la planta	Van Hemelrijck et al. (2017)
<i>Pestalotiopsis</i> spp.	Bangladesh	Hojas y flores secas, tornándose de color oscuro, tallos raíces y hojas necróticas, así como pudrición de corona y raíz.	Ara et al. (2017)
	Atlixco Puebla, México		Morales-Mora et al. (2019)
			Sigillo et al. (2019)
			Gillardi et al. (2019)
<i>Neopestalotiopsis chrysea</i>	Bangladesh	Mancha foliar	Sultana et al. (2022)
<i>N. rosae</i>	Zamora, Michoacán, México	Marchitez de la planta, pudrición de raíz, corona y fruto, tizón de la hoja, necrosis en estolones y frutos y mancha foliar.	Rebollar-Alviter et al. (2020)
	Villa Guerrero, Edo. de México. México		García-Fuentes et al. (2024)
	Egipto		Essa et al. (2018)
	Taiwan		Wu et al. (2020)
	China		Sun et al. (2021)
	Mersin, Turquía		Erdumus et al. (2023)
	Paraguay		Fernández-Ozuna et al. (2023)
	Estados Unidos		Lawrence et al. (2023)
	Vietnam		Tran et al. (2023)
	India		Chandana et al. (2024)
	Alemania		Schierling et al. (2025)
	Italia		Mang et al. (2025)
	Albania		Cara et al. (2025)
	Florida		Baggio et al. (2021)
<i>Neopestalotiopsis</i> spp.	Ohio	Mancha foliar y pudrición de la fruta	Rotondo et al. (2023)
	Indiana		Guan et al. (2023)
	Georgia		Jiménez-Madrid et al. (2024)
	Canadá		McNally et al. (2023)
<i>N. iranensis</i>	Nueva Inglaterra	Lesiones necróticas en hojas y marchitamiento severo de la planta.	Salvas et al. (2024)
	México		Macías-Arteaga et al. (2023)
<i>N. iranensis</i> , <i>N. rosae</i> , <i>N. hispanica</i> (syn. <i>vaccinii</i>) y <i>N. scalabensis</i>	Italia	Pudrición de corona	Dardani et al. (2025)
<i>N. javaensis</i>	Sur de la India	Lesiones necróticas y mancha foliar, manchas irregulares en el fruto y pudrición del mismo	Rakhonde et al. (2025)

especies de *N. rosae* y *N. clavispora*, vistas en otras regiones ([McNally et al., 2023](#)). En México, [Rebollar-Alviter et al. \(2020\)](#) encontraron la presencia de *N. rosae* principalmente en el estado de Michoacán durante 2017 en donde se obtuvieron pérdidas justo después del trasplante con una aproximación al 50 % en huertas comerciales, razón por la que dichas afectaciones fueron atribuidas a la presencia de este patógeno.

Variedades de fresa susceptibles a *Neopestalotiopsis* sp.

En distintas regiones del mundo se ha registrado la presencia de *Neopestalotiopsis* sp., sin embargo, se puede notar con base a la literatura que una misma especie de *Neopestalotiopsis* es capaz de infectar varios cultivares de fresa o bien que un mismo hospedero sea susceptible a diferentes especies de *Neopestalotiopsis*. Las variedades de fresa más susceptibles al ataque de dicho fitopatógeno se reportan en la [Tabla 3](#).

De los cultivares de fresa reportados como susceptibles a *Neopestalotiopsis* sp., se tiene entendido que Florida Brilliance, Florida Sensation, Camino Real, Florida Radiance y Xiang-Shui han mostrado ser cultivares altamente susceptibles a *Neopestalotiopsis* con un rango de susceptibilidad entre el 50 a 80 % ([Guan et al., 2023](#)).

Condiciones bióticas y abióticas que propician el desarrollo de la enfermedad

Este hongo patógeno perteneciente al grupo de los pestalotioides ha sido considerado como un hongo emergente y como patógeno secundario, su presencia se asocia principalmente a plantas estresadas por factores abióticos, como lo es la falta de nutrientes y estrés hídrico ocasionado por períodos prolongados de lluvias y condiciones de temperatura, así como por estrés biótico debido a la presencia de infecciones causadas por géneros de *Rhizoctonia* spp., o *Phytophthora* spp. *Neopestalotiopsis* representa una emergencia fitopatológica debido a que la diseminación del patógeno inicia con la distribución del material de propagación, los síntomas de pudrición de corona

y raíz son visibles principalmente durante el establecimiento de las plantas después del trasplante ([Dardani et al., 2025](#)), coincidiendo también con [Avilés et al. \(2024\)](#), ya que dichos autores reportan que la introducción de nuevas variedades son expuestas tempranamente a infecciones por el fitopatógeno; así como, la exposición de plantas jóvenes vulnerables al estrés abiótico a causa de las variaciones en los tiempos de siembra.

El establecimiento de *Neopestalotiopsis* spp. se da cuando las condiciones le favorecen; temperaturas entre los 23 y 27 °C y humedad relativa de 95 a 100 % manifestándose 48 h después ([Dung et al., 2016](#)), el posterior desarrollo y diseminación ocurre una vez que el hongo patógeno produce conidios sobre la parte exterior de los tejidos infectados; los cuales logran su dispersión por la salpicadura del agua en periodos de fuertes lluvias y viento, así como de forma mecánica a través del riego por aspersión, uso de herramientas infectadas y el empleo de plantulas o estolones portadores del hongo, entre otros factores, esto ocurre con mayor intensidad en plantaciones a campo abierto, a pesar de este conocimiento resulta necesaria la realización de estudios epidemiológicos y de especificidad del huésped ([Baggio et al., 2021](#); [Rebollar-Alviter et al., 2020](#)).

Factores que contribuyen al incremento de la enfermedad

Además de las condiciones climáticas; diferentes variables se asocian al desarrollo, dispersión e intensidad de la enfermedad, como son la considerable aplicación de productos sintéticos para la desinfección de suelos, la diversificación del origen de las plantas madre, lugar de procedencia del material vegetal ya que la mayoría de los productores no adquiere plantulas o estolones para su propagación procedentes de viveros certificados lo que limita la certeza de que el material vegetal venga libre de patógenos y recurren a la movilización de material vegetal en diferentes zonas geográficas, esto incrementa el riesgo de dispersión de la enfermedad a largas distancias.

Tabla 3. Variedades de fresa susceptibles a diferentes especies de *Neopestalotiopsis*.

Variedades de fresa susceptibles	Región donde se reporta	Pérdida (%)	Especie encontrada	Referencia
Cv. Rubby June Cabrillo Florida Brilliance Florida Sensation Camino Real Florida Radiance Albi6n San Andreas Evie II	Ohio Indiana Canadá	50 - 80 40 - 50 40 - 45	<i>Neopestalotiopsis</i> sp. <i>Neopestalotiopsis</i> sp.	Rotondo et al. (2023) Guan et al. (2023) McNally et al. (2023)
Camarosa Florida Raciace Splendor Sabrina	Georgia Espa6a Italia	50 50 Sin determinar	<i>Neopestalotiopsis</i> sp. <i>N. clavispora</i>	Jim6nez-Madrid et al. (2024) Chamorro et al. (2015)
Portola INIA Agata Yanli	Italia Uruguay China	40 - 50 Sin determinar 15 - 20	<i>N. clavispora</i>	Sigillo et al. (2019) Gillardi et al. (2019) Mach6n et al. (2019) Shi et al. (2022)
Camino Real Xiang-Shui Albion y Festival Benihope	Atlixco Puebla Taiwan M6xico China	Sin determinar 50 al 80 50 30	<i>Pestalotiopsis</i> sp. <i>N. rosae</i> <i>N. rosae</i> <i>N. rosae</i>	Morales-Mora et al. (2019) Wu et al. (2020) Rebollar-Alviter et al. (2020) Sun et al. (2021)

S6ntomas y signos

Con la presencia de al menos siete especies reportadas, se han observado da6os a causa de este hongo en cultivos de arandano, aguacate, pero uno de los cultivos m6s afectados por el fitopat6feno han sido las plantaciones de fresa, los s6ntomas que caracterizan la enfermedad principalmente en fresa son; necrosis en ra6z y corona lo cual se manifiesta como un retraso en el desarrollo de las plantas justo despu6s del trasplante ([Baggio et al., 2021](#)). Adem6s que en la parte foliar se ha observado la presencia de tizones de forma irregular en los fol6olos lo cual ocasiona marchitamiento de las hojas ([Shi et al., 2022](#)).

Cuando el da6o por *Neopestalotiopsis* se encuentra en un estado m6s avanzado es posible observar la presencia de cuerpos fruct6feros de color negro creciendo sobre el tejido viejo de la planta lo cual coincide con [Ayoubi y Soleimani \(2016\)](#) as6 como [Rakhonde et al. \(2025\)](#) quienes se6alan que en etapas m6s avanzadas de la enfermedad es posible visualizar la presencia de

acervulos. La forma en que se manifiesta la enfermedad en los frutos de fresa es ocasionando lesiones de color marr6n y de crecimiento irregular ocasionando que los frutos entren en estado de descomposici6n. [Baggio et al. \(2021\)](#) se6alan que cuando *Neopestalotiopsis* causa lesiones en los frutos estas son cubiertas por una gran cantidad de ac6rvulos que liberan l6quido matricial que contiene conidios; bajo condiciones de humedad se llega a observar la presencia de micelio blanco en las lesiones; llegando a causar momificaciones del fruto en algunas ocasiones.

En M6xico los primeros reportes de la enfermedad se han encontrado en plantaciones infectadas por *N. rosae*, en donde las plantas afectadas muestran s6ntomas como manchas de color marr6n en las hojas aumentando su tama6o hasta ocasionar un tiz6n foliar severo en las hojas de la planta, en los peci6los muestran lesiones hundidas color caf6 las cuales avanzan de manera progresiva hacia la base del mismo hasta ocasionar da6os en la corona de la planta, coronas

enrojecidas y raíces oscuras lo cual reduce significativamente el desarrollo de la planta hasta causar la muerte de la planta ([Rebollar-Alviter et al., 2020](#)). Estos síntomas reportados en la raíz de las plantas son similares a los señalados por [Chamorro et al. \(2015\)](#) ya que señalan que *N. clavispora* manifiesta una decoloración o áreas necróticas de color marrón en la corona y la raíz en las plantas de fresa infectadas. [Cara et al. \(2025\)](#) y [Fernández-Ozuna et al. \(2023\)](#) reportan pudrición negra en la raíz, así como necrosis en la corona, mientras que [Erdumus et al. \(2023\)](#) observaron necrosis en estolones y frutos, además de que se tiene entendido que también ocasiona lesiones y manchas necróticas en cálices y receptáculos ([Shi et al., 2022](#)).

Manejo de la enfermedad

Control químico

El uso de fungicidas de origen químico ha sido una alternativa para el control del patógeno, sin embargo debe considerarse como el último recurso debido a su impacto negativo en el medio ambiente, por ser una enfermedad de reciente emergencia los productos químicos son limitados para el tratamiento de la enfermedad debido a que no han sido evaluados para este fitopatógeno siendo desconocido su modo de actuar frente a este microorganismo. Sin embargo, se han hecho estudios para evaluar la efectividad de productos químicos en donde se evidencia que varios de ellos logran reducir la incidencia de la enfermedad sobre todo cuando se hace combinación de productos, hasta en un 50 a 100 % sobre todo si son utilizados de manera preventiva, algunos de los productos químicos que han mostrado efectividad en el control de la enfermedad se observan en la [Tabla 4](#).

Dentro del manejo integrado de plagas y enfermedades el control químico se ha vuelto una alternativa de control siempre y cuando no sea utilizado como la principal medida de emergencia, este tipo de manejo está basado en la aplicación de fungicidas de origen sintético, los cuales pertenecen a diversos grupos químicos de acuerdo

a la clasificación de la FRAC (2025) propuestos por el Comité de Acción para la Resistencia a los Fungicidas, esta clasificación permite la elección de un fungicida adecuado para *Neopestalotiopsis* spp., ya que cada uno de los fungicidas tienen diferentes mecanismos de acción y modo de actuar sobre el patógeno.

La selección de fungicidas específicos y la aplicación de estos sobre las primeras fases de infección del patógeno permite tener mayor control sobre la enfermedad además de minimizar que se genere resistencia, mismo, que si se aplican de manera preventiva ayuda a tener un menor porcentaje de incidencia de la enfermedad o bien que la severidad del patógeno sea menor sobre la planta infectada.

Control biológico

Para el manejo de este patógeno el control biológico se ha considerado una alternativa, cuyo objetivo es disminuir el uso de productos químicos a través de enemigos naturales, en este caso el uso de hongos y bacterias antagonistas se han convertido en un enemigo natural para el fitopatógeno, ya que estos microorganismos benéficos compiten con el hongo patógeno por espacio, nutrientes, así como liberación de metabolitos secundarios principalmente lo cual permite mantener el control de la enfermedad. Debido a la reducida gama de productos químicos que han mostrado efecto de control sobre *Neopestalotiopsis* spp., se ha recurrido al uso de bacterias como *Streptomyces* sp., y *Bacillus* sp., así como hongos principalmente del género *Trichoderma* sp., para la radicación de esta enfermedad emergente en el cultivo de fresa, uno de los estudios realizados sobre la evaluación de estos microorganismos benéficos fue el realizado por [Acosta-González et al. \(2024\)](#) quienes evaluaron productos biológicos a base de *Trichoderma koningiopsis*, *T. asperellum*, *Streptomyces* sp. y *Bacillus amyloliquefaciens* cepa D747 (*B. velezensis*), de los cuales *T. koningiopsis* y *T. asperellum* demostraron tener una eficacia de 50 a 75 % al ser utilizados como productos preventivos en plantas de fresa.

Tabla 4. Control químico de *Neopestalotiopsis* spp., en el cultivo de fresa y su clasificación FRAC (2025).

Ingrediente Activo	Grupo químico	Código FRAC	Modo de acción y/o eficacia	Dosis recomendada	Autor
Thiram	Ditiocarbamatos	M 03	Inhibidores del crecimiento micelial	1000 a 1200 ppm	Essa et al. (2018)
Himexazol	Isoxazoles	32			
Captan	Ftalamidas	M 04			
Fludioxonil + Cyprodinil	Fenilpirroles + anilinopirimidinas	12 + 9			
Difenoconazole	Triazoles	3	Inhiben el crecimiento micelial hasta en un 50 %	1 y 100 µg mL ⁻¹	Rebollar-Alviter et al. (2020)
Iprodione	Dicarboximidas	2			
Propiconazole	Triazoles	3			
Fludioxonil	Fenilpirroles	12			
Fluazinam	Fenilpiridinaminas	29	Inhibición del crecimiento micelial hasta en un 100 %	100 µg mL ⁻¹	Baggio et al. (2023)
Flutriafol	Triazoles	3			
Tetraconazole	Triazoles	3			
Benzovindiflupyr	Pirazol- carboxamidas	7			
Clorotalonil	Cloronitrilos	M 05	Interfiere en la síntesis de la metionina	99 al 100 % si se usan como preventivos	Acosta-González et al. (2024)
Cyprodinil	Anilinopirimidinas	9			
Pydiflumetofen+	Pirazol-carboxamidas +	7 + 12			
fludioxonil	fenilpirroles				
Cyprodinil + Fludioxonil y procloraz	Anilinopirimidinas+Fenilpirroles +Imidazoles	9 + 12 + 3			

Recientemente China ha presentado brotes de la enfermedad los cuales han sido atribuidos a *N. clavispora* lo cual causa seria preocupación para los productores de fresa ya que este país es el principal productor de fresas, sin embargo, con el afán de contribuir a la seguridad alimentaria y sostenibilidad de los cultivos han recurrido al uso de al menos dos especies de *Bacillus* sp., como agentes de control biológico, [Zhang et al. \(2024\)](#) reportaron el uso de *Bacillus* sp., fente a *N. clavispora*, esta bacteria antagonica mostró una inhibición de 50.22 a 79.48 % de inhibición con la cepa de *B. cereus*; en campo, por lo que sugieren que este microorganismo tiene la capacidad de controlar la enfermedad provocada por *N. clavispora*. [Liu et al. \(2024\)](#) trabajaron con *T. asperellum* CMT10 frente a *N. clavispora* el cual presentó alta competitividad sobre el hongo patógeno; con una eficacia del 63.09 %, dejando clara la capacidad que tiene este agente antagonista sobre *N. clavispora*.

Control integrado

Buscando la sostenibilidad de la agricultura se ha recurrido al manejo integrado de plagas y enfermedades, lo que significa que se lleve a cabo una regulación de las poblaciones consideradas como organismos nocivos para la planta y mantenerlas por debajo del umbral económico permitido para cada organismo, considerando la relación existente entre el medio ambiente y la dinámica poblacional o ciclo biológico de la plaga, mediante el uso de todas las medidas y técnicas posibles para su manejo, sin dejar de considerar que el principal objetivo del manejo integrado es proteger al máximo los cultivos reduciendo costos sin poner en riesgo la salud del hombre y el entorno biológico.

Bajo el entendimiento de la conceptualización del manejo integrado, [Baggio et al. \(2023\)](#) señalan que es necesario establecer medidas de manejo en el cultivo como, umbrales de acción y económicos para mantener la enfermedad por debajo de los límites de tolerancia permitidos, al ser la fresa un cultivo perene los autores recomiendan la implementación de prácticas culturales, como la labranza, la rotación y el retraso de fechas de la

siembra, la búsqueda de variedades tolerantes o resistentes y el seguimiento permanente de la eficacia de los fungicidas como parte de un control integrado de la enfermedad. [Rebollar-Alviter et al. \(2020\)](#) indican que es necesaria la creación de estrategias de manejo integrado para *Neopestalotiopsis* sp., basadas en determinar las fuentes de inóculo primario desde vivero, así como la epidemiología de la enfermedad.

Implementación de variedades resistentes

Una estrategia para el control de la enfermedad es trabajar con material vegetal resistente a *Neopestalotiopsis* sp., esto implica hacer uso de variedades vegetales que no muestren susceptibilidad a la presencia del fitopatógeno, mediante pruebas de patogenicidad se ha logrado identificar variedades que resultan tener baja o nula susceptibilidad al ser inoculadas con el hongo fitopatógeno, algunas de estas son; AC Valley Sunset, Darselect, Earliglow, Flavorfest, Galleta, HoneoyeJewel y Sonata, estos son cultivares de ciclo corto y al ser utilizadas en sistemas de hileras enmarañadas la fase foliar de la enfermedad causada por *Neopestalotiopsis* ha resultado menos común ya que no se observaron síntomas después de haber sido inoculadas con el fitopatógeno ([Guan et al., 2023](#)), estos mismos autores refieren que la presencia de cultivares asintomáticos indica que se cuenta con la disponibilidad de germoplasma resistente para fines de investigación de mejoramiento genético. Por otra parte, [Mahapatra et al. \(2018\)](#) mencionan que la variedad "Sabrina" mostró moderada resistencia al ser enfrentada a *N. clavispora* en pruebas de patogenicidad realizadas en la India.

Control de plantas desde vivero

Una alternativa para minimizar la propagación de la enfermedad a partir del material vegetal propagativo es en primera instancia conocer la ubicación de los viveros donde se genera la plántula de fresa, esto ayuda a tener información precisa del origen de la planta y en su caso la procedencia y trazabilidad de la fuente de inóculo, además según [Avilés et al. \(2024\)](#) la propagación de la enfermedad se puede evitar desde vivero si se

realizan aplicaciones preventivas a las plantas antes de su trasplante, esto coincide con lo reportado por [Acosta-González et al. \(2024\)](#) al mencionar que el éxito de las aplicaciones de productos tanto químicos como biológicos para el control del patógeno resultan exitosas siempre y cuando sean utilizados como preventivos, ayudando así a disminuir la presencia de la enfermedad.

Uso de marcadores moleculares para formar plantas resistentes a *Neopestalotiopsis* sp.

[Alam et al. \(2024\)](#) realizaron una investigación sobre la resistencia genética del patógeno *Neopestalotiopsis* en el cultivo de fresa, cuyo objetivo principal fue identificar la variación genética natural, así como la evaluación de marcadores moleculares y selección genómica para desarrollar plantas de fresa resistentes al patógeno ante la falta de fungicidas que inhiban de manera eficaz el crecimiento de *Neopestalotiopsis* sp., en los cultivos de fresa infectados por el hongo. El estudio explora las bases genéticas de la resistencia a *Neopestalotiopsis* spp., mediante un enfoque de genómica asociativa (GWAS) y análisis de mapeo de loci cuantitativos (QTL), el locus RNp2 se mapeo en cruzamientos entre descendientes resistentes de Yasmin, donde el 42 % de los individuos analizados mostraron resistencia. Los resultados destacan la herencia poligénica del rasgo entre el 0.28 y 0.69 y revelan genes candidatos relacionados con mecanismos de defensa vegetal, incluyendo receptores de tipo NLR y proteínas relacionadas con la señalización hormonal. Estos hallazgos proporcionan una base científica sólida para programas de mejoramiento genético enfocados en desarrollar cultivares con resistencia durable a *Neopestalotiopsis*, contribuyendo a una producción sostenible.

Comentarios finales

Con base a la revisión bibliográfica exhaustiva, se analizó de manera detallada el comportamiento del hongo *neopestalotioides* como responsable de una enfermedad emergente y su interacción que este ha tenido con el cambio climático señalando a este último como una variación en la composición de la atmósfera; dicha variación se ve reflejada en los

incrementos de temperatura dando origen a enfermedades emergentes o reemergentes, sin embargo, estos efectos llegan a ser ignorados al momento de realizar análisis de riesgos en cultivos agrícolas.

Las especies de *Neopestalotiopsis* reportadas hasta la fecha como causantes de daños significativos en el cultivo de fresa incluyen a *N. rosae*, *N. clavispora*, *N. iranensis*, *N. mesopotamica* y *Neopestalotiopsis* sp. La presencia simultánea de varias especies patógenas en una misma área de producción sugiere una elevada diversidad de este género asociada al cultivo. Si bien la mayoría de las especies ocasionan sintomatologías semejantes, existen diferencias en su nivel de virulencia, lo que se traduce en distintos grados de severidad de la enfermedad. Además, las especies de *Neopestalotiopsis* presentan una distribución mundial y una amplia plasticidad ecológica, ya que pueden coexistir en un mismo hospedante, mientras que una misma especie puede encontrarse asociada a múltiples hospedantes.

La presente revisión permitió evidenciar la importancia creciente de *Neopestalotiopsis* spp., como una enfermedad emergente de alta relevancia en plantaciones de *Fragaria x ananassa*. Los reportes a nivel mundial muestran vacíos significativos en torno al manejo integrado del cultivo, destacando la reducida gama de moléculas sintéticas efectivas para el control de la enfermedad. Una alternativa prometedora radica en el uso de hongos antagonistas del género *Trichoderma*, con múltiples mecanismos de acción lo que favorece la sanidad del suelo y la resistencia de las plantas. Por otra parte, el control del patógeno desde los viveros se perfila como un componente fundamental para limitar su propagación, debido a que la trazabilidad del material vegetal y la adopción de estrategias preventivas pueden reducir considerablemente la incidencia de la enfermedad. En este contexto, los avances en genómica y el uso de marcadores moleculares proporcionan herramientas valiosas para la identificación y selección de genotipos resistentes, lo que constituye una base sólida para el desarrollo de variedades mejoradas y una producción más sostenible del cultivo. No

obstante, estos avances requieren validación en condiciones de campo y adaptaciones que consideren las limitaciones económicas y técnicas de los productores. En síntesis, este manuscrito aporta bases científicas relevantes, pero señala la urgencia de transformar estos hallazgos en soluciones prácticas, sostenibles y accesibles para aumentar la viabilidad futura de la producción de fresa.

Agradecimientos

Al Concejo Mexiquense de Ciencia y Tecnología (COMECYT) por el apoyo otorgado para el desarrollo de estancia de investigación, bajo el programa de Investigadoras e Investigadores mexiquenses.

Referencias

- Acosta-González, U., Leyva-Mir, S. G., Silva-Rojas, H. V. & Rebollar-Alviter, A. (2024). Preventive and curative effects of treatments to manage strawberry root and crown rot caused by *Neopestalotiopsis rosae*. *Plant Disease* 108 (5): 1-11. <https://doi.org/10.1094/PDIS-05-23-0958-RE>
- Alam, E., Moyer, C., Verna, S., Peres, N. A. & Whitaker, V. M. (2024). Exploring the genetic basis of resistance to *Neopestalotiopsis* species in strawberry. *The Plant Genome* 17 (2), e20477. <https://doi.org/10.1002/tpg2.20477>
- Ara, M. T., Monzur, S., Saand, M. A., Islam, R., Alam, S. & Hossain, M. (2017). The first report of *Pestalotiopsis* sp. causing crown rot disease on strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) in Bangladesh and evaluation of fungicide activity. *International Journal of Biosciences*, 11 (4), 350-358. <https://doi.org/10.12692/ijb/11.4.350.358>
- Armstrong-Cho, C. L. & Banniza, S. (2006). *Glomerella truncata* sp. nov., teleomorph of *Colletotrichum truncatum*. *Mycological Research*, 110 (8), 951-956. <https://doi.org/10.1016/j.mycres.2006.06.002>
- Avilés, M., Pastrana, A. M. & Borrero, C. (2024). Emerging diseases in Spain strawberry crops: *Neopestalotiopsis* leaf and crown rot and *Fusarium* Wilt. *Plants*, 13(23), 3441. <https://doi.org/10.3390/plants13233441>
- Ayoubi, N. & Soleimani, M. (2016). Strawberry fruit rot caused by *Neopestalotiopsis iranensis* sp. nov., and *N. mesopotamica*. *Current Microbiology*, 72(3), 329-336. <https://doi.org/10.1007/s00284-015-0955-y>
- Baggio, J. S., Forcelini, B. B., Wang, N-Y., Ruschel, R. G., Mertely, J. C. & Peres, N. A. (2021). Outbreak of leaf spot and fruit rot in Florida strawberry caused by *Neopestalotiopsis* spp. *Plant Disease*, 105 (2), 305-315. <https://doi.org/10.1094/PDIS-06-20-1290-RE>
- Baggio, J. S., Rebello, C. S., de Moraes, M. B., Marin, M. V., Gama, A. B., Forcelini, B. B., Mertely, J. C. & Peres, N. A. (2023). Efficacy of single and multi-site fungicides against *Neopestalotiopsis* spp. of strawberry. *Plant Disease*, 107 (7), 2177-2184. <https://doi.org/10.1094/PDIS-08-22-1929-RE>
- Barr, M.E. (1975). *Pestalotia*, a new genus in the Amphispheeraceae. *Mycologia*, 67 (1), 187-194. <https://doi.org/10.1080/00275514.1975.12019740>
- Bundhun, D., Maharachchikumbura, S. S. N., Jeewon, R., Senanayake, I. C., Jawayardena, R. S., Hongsanan, S., Samarakoon, M. C., Dayarathne, M. C., Huang, S. K., Perera, R. H., Jing, Y. & Hyde, K. D. (2020). <https://sordariomycetes.org/>, a platform for the identification, ranking and classification of taxa within Sordariomycetes. *Asian Journal of Mycology*, 3 (1), 13-21. <https://doi.org/10.5943/ajom/3/1/2>
- Cara, M., Kola, A., Merkuri, J., Somma, S., Moretti, A. & Masiello, M. (2025). First report of *Neopestalotiopsis rosae* causing black root rot on strawberry (*Fragaria x ananassa*) in Albania. *Journal of Plant Pathology*, 170, 763-764. <https://doi.org/10.1007/s42161-024-01773-2>

- Carvajal- de Pavón, L. M., Yahia, E. H., Cartagena, R., Peláez, C., Gaviria, C. A. & Rojano, B. A. (2012). Capacidad antioxidante de dos variedades de *Fragaria x ananassa* (Weston) Duchesne (fresa) sometidas a variaciones en la nutrición vegetal. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 14 (1), 37-53. <https://www.medigraphic.com/pdfs/revcubplamed/cpm-2012/cpm121e.pdf>
- Chamorro, M., Aguado, A. & De los Santos. B. (2015). First report of root and crown caused by *Pestalotiopsis clavispora* (*Neopestalotiopsis clavispora*) on strawberry in Spain. *Plant Disease*, 100 (7), 1-4. <https://doi.org/10.1094/PDIS-11-15-1308-PDN>
- Chandana, R., Tharana- Poonacha, T., Quetán, D., Karan, R., Kruthika, R., Khan, F., Ashwini, K.S., Bevanur, A., Vani, Y., Venkata- Ramash, G. & Palanna, K. B. (2024). *Neopestalotiopsis rosae*, a novel pathogen causing leaf blight and crown rot of strawberries in India. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 133. <https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2024.102377>
- Corda, A. (1842). *Mycobank*. <https://www.mycobank.org/details/708/433271> (Recuperado: diciembre 2024).
- Dardani, G., Martino, I., Aloï, F., Carli, C., Giordano, R., Spadaro, D. & Guarnaccia, V. (2025). Characterization of *Neopestalotiopsis* species associated with strawberry crown rot in Italy. *Agronomy*, 15, 422. <https://doi.org/10.3390/agronomy15020422>
- Dung, L., Thi- Dien, N., Hoang- Dai, P. & Ngoc- Tuan, P. (2016). The first report of *Pestalotiopsis* sp. causing crown rot disease on strawberries in Dalat. *Natural Sciences and Thechnology*, 6(3), 364-376. <https://tckh.dlu.edu.vn/index.php/tckhdhdi/article/view/81/34>
- Erdumus, D., Palacioglu, G., Erdumus, G. & Bayraktar, H. (2023). First report of *Neopestalotiopsis rosae* causing leaf spot and crown rot of strawberry in Turkey. *Journal of Plant Pathology*, 102,315. <https://doi.org/10.1007/s42161-022-01218-8>
- Essa, T. A., Kamel, S. M., Ismail, A. M. & El-Ganainy, S. M. (2018). Characterization and chemical control of *Neopestalotiopsis rosae* the causal agent of strawberry root and crown rot in Egypt. *Egyptian Journal Phytopathology*, 46(1), 1-19. <https://doi.org/10.21608/ejp.2018.87411>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2026). Datos. <https://www.fao.org/faostat/es/#data> (Recuperado: febrero 2026).
- Fernández-Ozuna, Y. A., Gini- Álvarez, A. R., López- Nicora, H. D., Arrúa-Alvarenga, A. A. & Colmán, A. A. (2023). First report of *Neopestalotiopsis rosae* causing leaf spot and crown rot on strawberry (*Fragaria x anannassa*) in Paraguay. *New Disease Reports* 48 (2): e12239. <https://doi.org/10.1002/ndr2.12239>
- García-Fuentes, M. d. L., Domínguez-Arizmendi, G., García-Velasco, R., Aguilar-Medel, S. & Mora- Herrera, M. E. (2024). Patogenicidad de *Neopestalotiopsis rosae* en fresa cultivada en Villa Guerrero, Estado de México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 42 (suplemento). <https://ng.smf.org.mx/RevistaMexicana/suplementos.php?lang=es>
- Gillardi, G., Bergueretti, F., Gullino, M. L. & Garibaldi, A. (2019). First report of *Neopestalotiopsis clavispora* causing root and crown rot on strawberry in Italy. *Plant Disease*, 103(11), 2959. <https://doi.org/10.1094/PDIS-03-19-0673-PDN>
- Guan, W., Bonkowski, J., Creswell, T. & Egel, D. S. (2023). Strawberry cultivar susceptibility to *Neopestalotiopsis* leaf spot in Indiana. *Plant Health Progress*, 24, 135-139. <https://doi.org/10.1094/PHP-05-22-0049-RS>
- Jayasiri, S. C., Hyde, K. D., Ariyawansa, H. A., Bhat, J., Buyck, B., Caí, L., Dai, Y.-C., Abd-El salam, K. A., Ertz, D., Hidayat, I. & Jeewon,

- R. (2015). The face of fungi database: fungal names linked with morphology, phylogeny and human impacts. *Fungal Diversity*, 74, 3-18. <https://doi.org/10.1007/s13225-015-0351-8>
- Jeewon, R., Liew, E. C. Y., Simpson, J. A., Hodgkiss, I. J. & Hyde, K. D. (2003). Phylogenetic significance of morphological characters in the taxonomy of *Pestalotiopsis* species. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 27(3), 372-383. [https://doi.org/10.1016/S1055-7903\(03\)00010-1](https://doi.org/10.1016/S1055-7903(03)00010-1)
- Jiménez-Madrid, A. M., Muñoz, G., Collins, C. & Brannen, P. (2024). First report of the new *Neopestalotiopsis* species causing strawberry leaf spot and fruit rot in Georgia. *Plant Disease*, 108(8), 2574. <https://doi.org/10.1094/PDIS-02-24-0409-PDN>
- Kirk, P., Cannon, P., Minter, D. & Stalpers, J. (2008). *Ainsworth and Bisby's dictionary of the fungi*. 10 ed: 771. Wallingford: <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20093207838> (Recuperado: diciembre 2024).
- Lawrence, D. P., Brittain, G. D., Aglavey, B. & Sances, F. V. (2023). First report of *Neopestalotiopsis rosae* causing crown and root rot of strawberry in California. *Plant Disease*, 107(2), 566. <https://doi.org/10.1094/PDIS-04-22-0871-PDN>
- Liu, F., Bonthond, G., Groenewald, J. Z., Cai, L. & Crous, P.W. (2019). Sporocadaceae, a family of coelomycetous fungi with appendage-bearing conidia. *Studies in Mycology*, 92(1), 287-415. <https://doi.org/10.1016/j.simyco.2018.11.001>
- Liu, F., Hou, L., Raza, M. & Cai, L. (2017). *Pestalotiopsis* and allied genera from *Camellia*, with description of 11 new species from China. *Scientific Reports*, 7, 866. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-00972-5>
- Liu, P., Yang, R., Wang, Z., Ma, Y., Ren, W., Wei, D. & Ye, W. (2024). Biocontrol potential of *Trichoderma asperellum* CMT10 against strawberry root rot disease. *Horticulturae*, 10(3), 246. <https://doi.org/10.3390/horticultura10030246>
- Machín, A., González, P., Vicente, E., Sánchez, M., Estelda, C., Ghelfi, J. & Silvera-Peréz, E. (2019). First report of root and crown rot caused by *Neopestalotiopsis clavispora* in strawberry in Uruguay. *Plant Disease*, 103(11), 2946. <https://doi.org/10.1094/PDIS-05-19-0948-PDN>
- Macías-Arteaga, A., Armenta-Cortez, J., Rodríguez-Campos, C. L., Saucedo-Carabez, R. & Herrera-Rodríguez, M. d. C. (2023). Molecular identification of *Neopestalotiopsis* species in central Mexico and *in vitro* evaluation of commercial fungicides for its control. *Driscoll's on the finest berries*. <https://www.researchgate.net/publication/377383924>
- Mahapatra, S., Banerjee, J., Kumar, K., Pramanik, S., Pramanik, K., Islam, S. & Das, S. (2018). Leaf spot and fruit rot of strawberry caused by *Neopestalotiopsis clavispora*. *Indian Phytopathology*, 71, 279-283. <https://doi.org/10.1007/s42360-018-0043-x>
- Maharachchikumbura, S. S. N., Guo, L.-D., Chukeatirote, E., Bahkali, A. H. & Hyde, K. D. (2011). *Pestalotiopsis*, morphology, phylogeny, biochemistry and diversity. *Fungal Diversity*, 50, 167-187. <https://doi.org/10.1007/s13225-011-0125-x>
- Maharachchikumbura, S. S. N., Hyde, K. D., Groenewald, J. Z., Xu, J. & Crous, P. W. (2014). Revisite. *Studies in Mycology*, 79(1), 121-186. <https://dx.doi.org/10.1016/j.simyco.2014.09.005>
- Mang, S., Camele, I., Palmieri, C. & Marcone, C. (2025). A novel strawberry disease associated with leaf spot, crown rot, and root rot caused by *Neopestalotiopsis rosae* in Italia. *Journal of*

- Phytopathology*, 173(3), e70071.
<https://doi.org/10.1111/jph.70071>
- McNally, J., Prapagar, K., Goldenhar, K., Pate, E., Shan, S. & Kalischuk, M. (2023). First report of an aggressive species of *Neopestalotiopsis* affecting strawberry in Canada. *New Disease Reports*, 48, 1-3.
<https://doi.org/10.1002/ndr2.12210>
- Morales-Mora, L. A., Martínez-Salgado, S. J., Valencia de Ita, M. A., Andrade-Hoyos, P., Silva-Rojas, H. V. & Romero-Arenas, O. (2019). First report of leaf spot and *Anthraxis* caused by *Pestalotiopsis* sp. in strawberry in Puebla, Mexico. *Plant Disease*, 103(10), 2668.
<https://doi.org/10.1094/PDIS-05-19-1010-PDN>
- Nag Raj's, T.R. (1993). *Coelomycetous anamorphs with appendage – bearing conidia*. *Mycologue publications*. Waterloo, Ontario, Canada. <https://mycolog.com/coelorev.html>
- Obregón, V. G., Meneguzzi, N. G., Ibáñez, J. M., Lattard, T. E. & Kirschbaum, D. A. (2018). First report of *Neopestalotiopsis clavispora* causing root and crown rot on strawberry plants in Argentina. *Plant Disease*, 102(9), 1856. <https://doi.org/10.1094/pdis-02-18-0330-PDN>
- Pandey, A. K., Sinniah, G. D., Yadav, S. & Maharachchikumbura, S. S. N. (2024). *Pestalotiopsis*-liked species: host network and lifestyle on tea crop. *Fungal Biology Reviews*, 47, 100340.
<https://doi.org/10.1016/j.fbr.2023.100340>
- Rakhonde, G. Y., Supriya, M. L. & Sriram, S. (2025). First report of the association of *Neopestalotiopsis javaensis* causing leaf spot and fruit rot of strawberry in the southern part of India. *Indian Phytopathology*, 78, 487-492, <https://doi.org/10.1007/s42360-025-00863-0>
- Rebollar-Alviter, A., Silva-Rojas, H. V., Fuentes-Aragón, D., Acosta-González, U., Martínez-Ruiz, M. & Parra-Robles, B. E. (2020). An emerging strawberry fungal disease associated with root rot and leaf spot caused by *Neopestalotiopsis rosae* in Mexico, *Plant Disease*, 104, 2054-2059.
<https://doi.org/10.1094/PDIS-11-19-2493-SC>
- Rotondo, F., Klass, T. L., Scott, K., McCarney, M., Jacobs, J. M. & Lewis Ivey, M. L. (2023). First report of *Neopestalotiopsis* disease in Ohio caused by an emerging and novel species of *Neopestalotiopsis* on strawberry. *Plant Disease*, 107(3), 940.
<https://doi.org/10.1094/PDIS-02-22-0400-PDN>
- Salvas, M., Rocha, R. O. & Westrick, N.M. (2024). First report of *Neopestalotiopsis* spp., causing leaf spot and petiole blight on strawberry in New England. *Plant Disease* 108 (8), 2569. <https://doi.org/10.1094/PDIS-04-24-0893-PDN>
- Schierling, T. E., Voegelé, R. T. & El-Hassan, A. (2025). First report on the emergence of *Neopestalotiopsis rosae* as a severe economic threat to strawberry production in Germany. *Microorganisms* 13(1), 6.
<https://doi.org/10.3390/microorganisms13010006>
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). (2026). *Anuario estadístico de la producción agrícola*. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- Shi, J., Zhang, X, Liu, Y., Zhang, Z., Wang, Z., Xue, C., Ma, Y. & Wang, F. (2022). First report of *Neopestalotiopsis clavispora* causing calyx and receptacle blight on strawberry in China. *Plant Disease* 106(4), 1307.
<https://doi.org/10.1094/PDIS-07-21-1376-PDN>
- Sigillo, L., Ruocco, M., Gualtieri, L., Pane, C. & Zaccardelli, M. (2019). First report of *Neopestalotiopsis clavispora* causing crown rot in strawberry in Italy. *Journal of Plant Pathology*, 102, 281.
<https://doi.org/10.1007/s42161-019-00415-2>
- Sultana, S., Sikder, M. M., Ahmmed, M. S. & Alam, N. (2022). *Neopestalotiopsis chrysea* causing leaf spot disease of strawberry plants in Bangladesh. *Journal of Plant Sciences*, 17(2), 66-74.

- <https://doi.org/10.3923/jps.2022.66.74>
Sun, Q., Harishchandra, D., Jia, J., Zuo, Q., Zhang, G., Wang, Q., Yan, J., Zhang, W. & Li, X. (2021). Role of *Neopestalotiopsis rosae* in causing root rot of strawberry in Beijing, China. *Crop Protection*, 147, 1-18. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2021.105710>
- Tran, T. N. M., Vu, N. B. D. & Nguyen, M. H. (2023). Antigungal activity of essential oil-encapsulated lipid nanoemulsions against *Neopestalotiopsis rosae* causing leaf spot on strawberry. *Journal Plant Diseases and Protection*, 130, 823-832. <https://doi.org/10.1007/s41348-023-00760-6>
- Van Hemelrijck, W., Ceustermans, A., Van Campenhout, J., Lieten, P. & Bylemans, D. (2017). Crown rot in strawberry caused by *Pestalotiopsis*. *Acta Horti*, 1156, 781-786. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2017.1156.115>
- Wu, H-Y., Tsai, C-Y., Wu, Y-M., Ariyawansa, H. A. & Chung, C. L. (2020). First report of *Neopestalotiopsis rosae* causing leaf blight and crown rot on strawberry in Taiwan. *Plant Disease*, 105, 487. <https://doi.org/10.1094/PDIS-05-20-1045-PDN>
- Zhang, S., Wu, J., Chen, J., Jun, S., Yuan, Y., Dai, X., Wang, F. & Ma, Y. (2024). The biological control effect of *Bacillus cereus* on strawberry leaf spot caused by *Neopestalotiopsis clavispora*. *Scientia Horticulturae*, 327. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2024.112841>

Chapulines (Orthoptera) como alimento sostenible: propiedades nutricionales, relevancia biocultural y oportunidades socioeconómicas de *Sphenarium* spp. (Pyrgomorphidae) en México

Grasshoppers (Orthoptera) as sustainable food: nutritional properties, biocultural relevance, and socioeconomic opportunities of *Sphenarium* spp. (Pyrgomorphidae) in Mexico

¹Eréndira Esmeralda Hernández-Andrade^{ORCID}, ²Angelica Ancelmo-León^{ORCID}, ³Guillermo Andrés Enciso-Maldonado^{ORCID}, ⁴César Omar Montoya-García^{ORCID}

¹Colegio de Postgraduados. Campus Montecillo. Departamento de Edafología. Montecillo, Estado de México. ²Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Xochimilco, Coyoacán. Ciudad de México. ³Universidad Católica "Nuestra Señora de la Asunción". Unidad Pedagógica Hohenau, Itapúa, Paraguay. ⁴Universidad de Sonora. Departamento de Agricultura y Ganadería. Hermosillo, Sonora, México. ⁵Autor de correspondencia: (cesar.montoya@unison.mx).

Resumen

Los chapulines del orden Orthoptera forman parte de sistemas alimentarios tradicionales en distintas regiones y poseen relevancia nutricional, biocultural y económica. No obstante, la información sobre sus beneficios, riesgos y sostenibilidad se encuentra dispersa y presenta distintos niveles de evidencia. El objetivo de esta revisión fue integrar la información científica y documental sobre la composición nutricional, importancia biocultural, aprovechamiento socioeconómico, usos tradicionales, sostenibilidad, aceptación e inocuidad de los chapulines, con énfasis en *Sphenarium* spp. en México. Se realizó una revisión documental complementada con un análisis bibliométrico en Scopus. Se consideraron artículos originales recuperados con los términos "*Sphenarium purpurascens*" y "chapulines", y los registros se analizaron con VOSviewer. Se identificaron 55 documentos sobre *S. purpurascens* y 10 asociados con el término chapulines. México concentró la mayor producción científica, mientras que las líneas predominantes abordaron composición química, propiedades fisicoquímicas, formulación de alimentos, nutrición, ecología y riesgos para la salud. La literatura documenta que los chapulines aportan proteínas, aminoácidos, lípidos y minerales, además de su importancia en prácticas culinarias, recolección estacional y generación de ingresos locales. Sin embargo, su composición depende de la especie, dieta, etapa de desarrollo y

procesamiento. Los usos medicinales tradicionales no equivalen a eficacia clínica comprobada y el consumo requiere control de peligros microbiológicos, químicos y alérgicos. En conclusión, los chapulines pueden complementar la diversificación alimentaria y fortalecer economías locales, siempre que su aprovechamiento se base en manejo sostenible, trazabilidad, procesamiento higiénico, etiquetado y evaluación de la aceptación cultural.

Palabras clave: alimentos funcionales, análisis bibliométrico, chapulines, nutrición, sostenibilidad.

Abstract

Grasshoppers of the order Orthoptera are part of traditional food systems in several regions and have nutritional, biocultural, and economic relevance. However, information on their benefits, risks, and sustainability is dispersed and supported by different levels of evidence. The objective of this review was to integrate scientific and documentary information on the nutritional composition, biocultural importance, socioeconomic use, traditional uses, sustainability, acceptance, and safety of grasshoppers, with emphasis on *Sphenarium* spp. in Mexico, and to describe research trends published from 2004 to 2024. A documentary review was complemented by a bibliometric analysis in Scopus. Original articles retrieved with the terms "*Sphenarium purpurascens*" and "chapulines" were considered,

and the records were analyzed with VOSviewer. Fifty-five documents on *S. purpurascens* and 10 associated with the term chapulines were identified. Mexico accounted for the largest share of scientific production, whereas the main research lines addressed chemical composition, physicochemical properties, food formulation, nutrition, ecology, and health risks. The literature documents that grasshoppers provide protein, amino acids, lipids, and minerals, as well as their relevance in culinary practices, seasonal harvesting, and local income generation. Nevertheless, their composition depends on species, diet, developmental stage, and processing. Traditional medicinal uses do not constitute evidence of clinical efficacy, and consumption requires control of microbiological, chemical, and allergenic hazards. In conclusion, grasshoppers may complement dietary diversification and strengthen local economies, provided that their use is based on sustainable management, traceability, hygienic processing, labeling, and assessment of cultural acceptance.

Index words: functional foods, bibliometric analysis, grasshoppers, nutrition, sustainability.

Introducción

El consumo de insectos ha sido una práctica común desde la prehistoria en numerosas culturas ([Medrano-Nava et al., 2024](#); [Olivadese y Dindo, 2023](#); [Pulido et al., 2020](#)). En México, documentos históricos como el Códice Florentino registran el consumo de chapulines y otros insectos en la dieta prehispánica. Tras la colonización, su ingesta disminuyó considerablemente, aunque en comunidades rurales todavía persiste una tradición culinaria que integra insectos como fuente alimentaria, combinando influencias prehispánicas y mestizas ([Aguilar-Rodríguez, 2008](#); [Barbero, 1997](#); [Pilcher, 2018](#); [Rostro et al., 2012](#)).

En los diferentes continentes se han registrado distintos números de insectos comestibles, en América 320 especies, 291 en Asia, 264 en África y 100 en Australia ([Cerritos y Cano-Santana, 2008](#); [Van et al., 2013](#)). Entre los órdenes más consumidos están Coleoptera, Orthoptera,

Hemiptera, Lepidoptera e Hymenoptera ([Arango-Gutiérrez, 2005](#); [Ordoñez-Araque et al., 2022](#)). En particular, los chapulines destacan como una fuente valiosa de proteínas, aminoácidos, ácidos grasos esenciales, biominerales y vitaminas. Además, poseen propiedades medicinales tradicionalmente empleadas para tratar afecciones respiratorias, renales, estomacales, parasitarias y pulmonares ([Das y Mandal, 2013](#); [Melo et al., 2011](#); [Ramos-Elorduy, 2009](#)).

La globalización, junto con el auge de comida rápida y alimentos ultraprocesados, ha contribuido al aumento de problemas de salud pública como obesidad y enfermedades degenerativas ([Aguilar-Rodríguez, 2008](#); [Pino-Moreno y Reyes-Prado, 2020](#); [Torres y Rojas, 2018](#)). Paralelamente, el cambio climático y el desarrollo urbano han exacerbado la explotación de recursos no renovables y el uso intensivo de agroquímicos, lo que incrementa las poblaciones de insectos que afectan cultivos esenciales ([Cerritos y Cano-Santana, 2008](#); [Grageda et al., 2014](#)). El consumo de insectos podría favorecer prácticas agroecológicas, diversificar dietas y mejorar la seguridad alimentaria y nutricional ([Gasco et al., 2020](#); [Nyangena et al., 2020](#)).

El objetivo de esta revisión fue integrar la evidencia científica y documental sobre la composición nutricional, relevancia biocultural, aprovechamiento socioeconómico, usos tradicionales, sostenibilidad, aceptación e inocuidad de los chapulines del orden Orthoptera, con énfasis en *Sphenarium* spp. en México.

Desarrollo

Análisis bibliométrico sobre *Sphenarium purpurascens*

En el presente estudio se realizó un análisis bibliométrico en Scopus para evaluar el conocimiento actual, perspectivas científicas y aplicaciones tecnológicas de los chapulines como fuente alimentaria. La búsqueda se limitó a artículos originales (2004-2024), excluyendo revisiones, libros, notas y cartas, utilizando los términos "*Sphenarium purpurascens*" y "chapulines" en título, resumen y palabras clave.

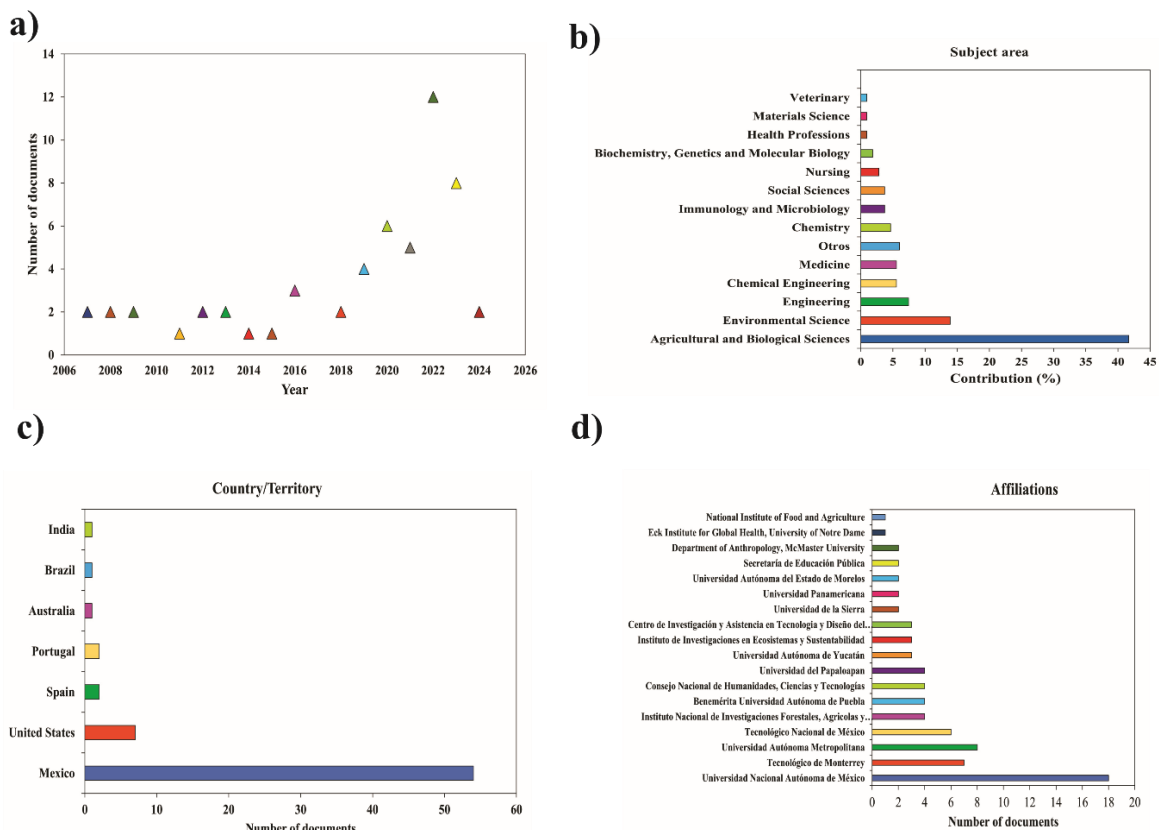


Figura I. Análisis bibliométrico sobre *Sphenarium purpurascens*: a) documentos publicados por año, b) área temática de publicación, c) país de publicación, d) afiliaciones de los autores.

Los datos se analizaron con VOSviewer (v. I.6.20) ([van Eck y Waltman, 2010](#)).

Se identificaron 55 artículos sobre *S. purpurascens* y 10 sobre chapulines. La mayoría se publicaron en inglés a partir de 2022 ([Figura 1a](#)). Los estudios sobre *S. purpurascens* abarcaron 17 áreas temáticas, destacando Ciencias Agrícolas y Biológicas (42 %), Ciencia Ambiental (14 %) e Ingeniería (7 %) ([Figura 1b](#)). México lideró la producción científica (54 documentos), seguido de Estados Unidos (7 documentos) ([Figura 1c](#)). Las instituciones más activas fueron la Universidad Nacional Autónoma de México (18 documentos), el Tecnológico de Monterrey (7), la Universidad Autónoma Metropolitana (8) ([Figura 1d](#)).

El análisis de palabras clave reveló ocho clusters, centrados principalmente en la composición química y propiedades fisicoquímicas de alimentos con harina de *S. purpurascens*, así como en su uso como recurso

nutracéutico en etapas juveniles ([Figura 2](#)). Estos resultados destacan las tendencias de investigación y los intereses principales en *S. purpurascens*.

Fundamentos para el consumo de chapulines

Actualmente, mejorar la alimentación es clave para reducir el riesgo de enfermedades cardiovasculares, diabetes tipo 2, enfermedades hepáticas, renales, respiratorias y cáncer ([Etemadi et al., 2017](#); [Schulze y Hu, 2005](#)). México ocupa el primer lugar mundial en obesidad infantil (35.6 %) y el segundo en adultos (75 %), con enfermedades cardíacas, diabetes, tumores malignos y hepáticos como principales causas de muerte ([Inegi, 2025](#)). En países en desarrollo, donde coexisten obesidad y desnutrición, la prevención temprana requiere dietas con alimentos ricos en nutrientes que reemplacen grasas saturadas por monoinsaturadas ([Arango-Gutiérrez, 2005](#); [Schulz y Hu., 2005](#)).

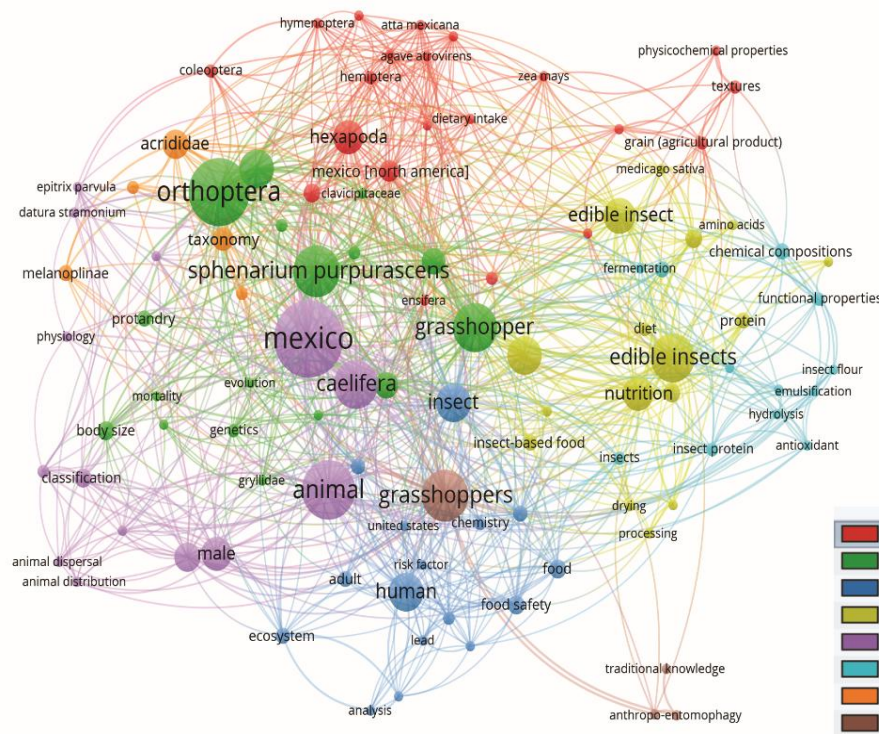


Figura 2. Distribución de términos de búsqueda en artículos publicados de *Sphenarium purpurascens* de 2004 a 2024. Grupo I: dieta y otros insectos; Grupo 2: orthoptera y *Sphenarium purpurascens*; Grupo 3: riesgos y salud humana; Grupo 4: antropo-entomofagia y nutrición; Grupo 5: biología y ecología; Grupo 6: nutrición y procesamiento de insectos; Grupo 7: coleópteros y otros insectos, Grupo 8: conocimiento tradicional. Figura creada con el software VOSviewer versión 1.6.20 ([van Eck y Waltman, 2010](#)). Los resultados se basan en el umbral de 109 términos (1079 palabras claves) con al menos 3 coocurrencias.

Consumo del orden Orthoptera en el mundo

El consumo de insectos varía entre grupos étnicos, regiones y naciones ([Ramos-Elorduy, 2004](#)). Al menos dos billones de personas en África, Asia y América consumen más de 2100 especies de insectos como parte de su dieta ([Bernard y Womeni, 2017](#); [Omuse et al., 2024](#)), entre los órdenes destacan Coleoptera (32 %), Hymenoptera (15 %), Lepidópteros (15 %), Ortópteros (14 %), Hemíptera (11 %) ([Cartay et al., 2020](#); [Feng et al., 2018](#); [Sun-Waterhouse et al., 2016](#); [Van, 2003](#)).

Dentro de los ortópteros, el consumo de chapulines, principalmente en su etapa de ninfa y adulto, incluyen *Brachytripes membranaceus*, *Gryllus similis*, *Gryllus bimaculatus*, *Gryllotalpa orientalis* y *Acheta domesticus* ([Sun-Waterhouse](#)

[et al., 2016](#); [Tan et al., 2017](#)), así como *Locusta migratoria* y *Schistocerca americana* ([Palop-Gómez et al., 2018](#)). Estos ortópteros forman parte de la dieta humana en diversos países como México, Chile, Uruguay, China, Japón, India, Egipto, Sudáfrica, Tailandia, Marruecos, Australia, entre otros ([López, 2020](#)).

Consumo de chapulines

La entomofagia es una práctica extendida en diversas regiones del mundo, especialmente en América Latina, África y Asia, donde el consumo de insectos es ancestral ([Lesnik, 2017](#); [Van et al., 2013](#)). México es el país con mayor tradición entomofágica ([Omuse et al., 2024](#)), registrándose

Tabla I. Diversidad de especies de chapulines dentro de la superfamilia Acridoidea.

Familia Subfamilia	Especie	Nombre común
Pyrgomorphidae	<i>Sphenarium purpurascens</i>	Chapulín de la milpa
Acrididae Cyrtacanthacridinae	<i>Schistocerca</i> sp.	Langosta
Acrididae Melanoplinae	<i>Melanoplus differentialis</i>	Chapulín diferencial
	<i>Melanoplus gladstoni</i>	Chapulín carreta
	<i>Melanoplus femurrubrum</i>	Chapulín de patas rojas
	<i>Hesperotettix viridis</i>	Chapulín de la hierba de víbora
Acrididae Oedipodinae	<i>Arphia conspersa</i>	Chapulín de alas rojas con espolón
	<i>Arphia nictana</i>	Chapulín de alas rojas
	<i>Machaerocera mexicana</i>	Chapulín de alas azules
	<i>Trachyrachis kiowa</i>	Chapulín de alas amarillas
	<i>Trimetrotropis pallidipennis</i>	Chapulín de alas pálidas
	<i>Xanthippus corallipes</i>	Chapulín de zancas rojas
Acrididae Gomphocerinae	<i>Boopedon diabolicum</i>	Chapulín negro de alas cortas
	<i>Boopedon rufipes</i>	Chapulín rojo de alas cortas
	<i>Opeia oscura</i>	Chapulín oscuro
Romaleidae Romaleinae	<i>Brachystola magna</i>	Chapulín gordiflón
	<i>Taeniopoda eques</i>	Chapulín del desierto o chapulín gordiflón acaballado
	<i>Chromacris versicolor</i>	Chapulín coloreado

más de 500 especies consumidas ([Ramos-Elorduy, 2009](#)). Entre ellas, los integrantes del orden Orthoptera (orden Orthoptera) ocupan el cuarto lugar en importancia ([Ramos-Elorduy, 2004](#); [Ramos-Elorduy et al., 2012](#)). Este orden se divide en dos subórdenes: Ensifera (con las superfamilias Grylloidea, Rhaphidophoroidea y Tettigonioidae) y Caelifera (con Acridoidea, Tetrigoidea y Tridactyloidea) ([Aguirre-Segura y Barranco, 2015](#); [Barranco y Molina-Pardo, 2021](#); [CONABIO, 2023](#)) (Tabla I).

En México, destacan como comestibles los chapulines, especialmente los géneros *Sphenarium* (*S. purpurascens* Charpentier, *S. magnum* Márquez), *Melanoplus* (*M. femurrubrum* De Geer, *M. mexicanus* Sauss.), *Brachystola* y *Taeniopoda* ([Huerta et al., 2014](#); [Ramos-Elorduy et al., 2006](#)). La especie más popular es *S. purpurascens*, conocida como "chapulín de la milpa" o saltamontes, distribuida desde el centro de México hasta Guatemala y algunas islas

caribeñas ([Cigliano et al., 2023](#); [Ramos-Elorduy, 2004](#)).

El consumo de chapulines varía según la etnia y su entorno ecológico; por ejemplo, los Nahuas consumen hasta 53 especies, seguidos por Zapotecos (52), Otomíes (44), Mixtecos (41) y Mayas (28) ([Ramos-Elorduy, 2004](#)). En la región de los Valles Centrales de Oaxaca son especialmente valorados, formando parte fundamental de la gastronomía desde tiempos prehispánicos ([Sahagún, 1950](#)). Actualmente se consumen tostados en aceite con ajo, limón y sal, como condimento, refrigerio o plato principal en ensaladas y tacos ([Hurd et al., 2019](#); [Pino-Moreno et al., 2006](#)). En Michoacán, son populares como aperitivo con chile picante, preparados en tacos con guacamole, o fritos con limón y chile ([Pino-Moreno y Blasquez, 2021](#)).

Aceptación social y tabúes

La aceptación de insectos comestibles fuera de contextos culturales específicos puede enfrentar barreras psicológicas y tabúes alimentarios ([La Barbera et al., 2018](#); [Tan et al., 2017](#)). El rechazo hacia los chapulines suele relacionarse con la neofobia alimentaria y la percepción negativa de los insectos como plagas o insalubres ([La Barbera et al., 2018](#)). Asimismo, aspectos sensoriales como apariencia, textura y sabor influyen decisivamente en la decisión del consumidor. Estudios indican que un etiquetado atractivo y procesos de transformación, como moler los insectos para obtener harina, pueden mejorar significativamente la disposición hacia estos productos ([Deroy et al., 2015](#); [Tan et al., 2017](#)).

Por otra parte, el auge del turismo gastronómico en regiones como Oaxaca ha incrementado el interés global por platillos tradicionales con chapulines, convirtiéndolos en símbolos culturales y atractivos turísticos ([Hurd et al., 2019](#)). Además, la proliferación de ferias y festivales dedicados a la entomofagia ha contribuido a rescatar recetas ancestrales y a

revalorizar el conocimiento tradicional ([Aguilar-Rodríguez, 2007](#)).

Finalmente, para que el consumo de chapulines trascienda las regiones tradicionales, es esencial implementar estrategias educativas que resalten sus beneficios nutricionales y su reducido impacto ambiental ([Verneau et al., 2016](#)). La difusión informativa, demostraciones culinarias y colaboraciones con instituciones académicas y productores podrían favorecer cambios graduales en los hábitos alimenticios ([Dossey et al., 2016](#)), facilitando así una expansión sostenible basada en la tradición e identidad gastronómica.

Colecta de chapulines

Con la agricultura y la domesticación, las sociedades se asentaron en áreas específicas, lo que dio origen a la recolección sostenible ([Cerritos y Klewer, 2015](#)). La recolección estacional de insectos es una costumbre arraigada en diversas culturas con propósitos alimenticios y medicinales ([Piña-Domínguez et al., 2022](#)). Los chapulines emergen durante la temporada de lluvias, siendo colectados entre mayo y enero, generalmente al amanecer cuando su metabolismo es más lento ([Figura 3](#)). En esta actividad participan mujeres y niños, quienes utilizan redes para capturar ninfas y adultos, posteriormente depositados en bolsas plásticas ([Cohen et al., 2009](#); [Hurd et al., 2019](#); [Ramos-Elorduy et al., 2006](#)). Estos insectos prefieren policultivos dominados por maíz (*Zea mays* L.) o alfalfa (*Medicago sativa* L.) ([Ramos-Elorduy et al., 2006](#); [Sosa-Marcos et al., 2015](#)). Tras la colecta, los chapulines se almacenan en un lugar fresco, se clasifican, limpian y se mantienen sin alimento por uno a tres días para eliminar residuos ([Cohen et al., 2009](#)). Una familia recolectora obtiene semanalmente entre 50-70 kg, alcanzando una extracción anual de 75-100 toneladas ([Cerritos y Cano-Santana, 2008](#); [Hurd et al., 2019](#)).



Figura 3. a) Chapulines alimentándose de alfalfa; b) Recolección de chapulines en Santa María Nativitas, Coixtlahuaca., Oaxaca; c) Preparación de chapulines, d) Comercialización de chapulines en mercados de la Ciudad de México; e) y f) Formas de venta de chapulín en “medidas” como latas de atún y cazuelitas de barro.

Producción y comercialización de chapulines

La mayoría de los insectos comestibles se obtienen de entornos forestales y agrícolas, donde suelen ser considerados plagas ([Piña-Domínguez et al., 2022](#)). El 92 % de las especies consumidas se recolectan directamente del medio ambiente, el 6 % son semidomesticadas y solo el 2 % se cría en cautiverio ([Yen, 2015](#)).

En México, la producción de chapulines se concentra en estados como Puebla, Tlaxcala, Oaxaca, Hidalgo, Estado de México, Querétaro, Michoacán y Guanajuato. Aunque la cría masiva de insectos enfrenta desafíos debido a la reproducción lenta o estacional de algunas especies ([Shelomi, 2015](#)). La especie *S. purpurascens* destaca por su rápido crecimiento y estabilidad poblacional durante todo el año y se

mantienen constantes durante todo el año ([Cerritos y Cano-Santana, 2008](#); [Cerritos-Flores et al., 2014](#); [Melo et al., 2011](#)).

Dentro del orden *Orthoptera*, las especies más comúnmente criadas incluyen *Acheta domesticus*, *Gryllus assimilis*, *Locusta migratoria* y *Sphenarium purpurascens* ([Mariutti et al., 2021](#); [Rodríguez-Miranda et al., 2019](#)). La producción en granjas debe considerar factores como sistemas de producción, diversidad genética, seguridad, etapa de desarrollo, temporada y ubicación ([Castro-López et al., 2020](#)).

La comercialización de chapulines ([Figura 3](#)), liderada principalmente por mujeres en mercados locales, incluye diversas especies y etapas de desarrollo, como *S. purpurascens*, *M. mexicanus*, y ninfas de *Sphenarium* sp. y *S. magnum* ([Hurd et](#)

al., 2019; [Pino-Moreno y Reyes-Prado, 2020](#)). Los precios varían según la región: en Oaxaca, se exportan a 25 dólares por kilogramo ([Cohen et al., 2009](#)), mientras que, en Morelos, el costo es de 56 pesos mexicanos (2.73 dólares) por kilogramo ([Pino-Moreno y Reyes-Prado, 2020](#)). En el Mercado Negro del Estado de México (2006), los precios oscilaban entre 8 y 10 pesos (0.39 a 0.49 dólares) por cazuelita, generando mayores ganancias que la venta por kilogramo ([Pino-Moreno et al., 2006](#)).

Sostenibilidad y cambio climático

La producción de chapulines es una alternativa sostenible para obtener proteínas, pues requiere menos recursos hídricos y alimenticios, y genera una menor huella de carbono en comparación con la ganadería convencional ([Ooninx y De Boer, 2012](#); [Van et al., 2013](#)). Los análisis del ciclo de vida demuestran que la cría de insectos produce menos emisiones de gases de efecto invernadero que la carne bovina o porcina ([Halloran et al., 2018](#)), además de que su cuerpo es altamente comestible (80 %) en comparación con el pollo o el cerdo (55 %), o bien el ganado (40 %) ([Omuse et al., 2024](#)), aspectos relevantes frente a la crisis climática actual. La ganadería convencional genera aproximadamente 14.5 % de las emisiones globales ([Gerber et al., 2013](#)), por lo que sustituir parcialmente estas fuentes por insectos puede reducir la presión sobre ecosistemas, evitar deforestación y optimizar el uso del agua ([Van et al., 2013](#); [Varelas, 2019](#)). Además, el corto ciclo de vida de los chapulines y su capacidad para alimentarse con subproductos agrícolas favorecen la economía circular y minimizan desperdicios ([Ooninx y Van der Poel, 2012](#); [Varelas, 2019](#)). Considerando que el cambio climático afecta la distribución y abundancia de ortópteros ([Harvey et al., 2020](#)), las granjas controladas ofrecen una producción resiliente frente al estrés hídrico y desafíos ambientales ([Sánchez-Bayo y Wyckhuys, 2019](#)).

Aporte nutrimental

Los chapulines son una fuente prometedora de proteínas, aminoácidos, minerales y energía, aportando entre 336 y 438 kcal por cada 100 g de materia seca ([Barrios-Morales et al., 2022](#); [Cruz-López et al., 2022](#); [Ramos-Elorduy, 2009](#); [Ramos-Elorduy e Pino-Moreno, 2004](#)) ([Tabla 2](#)). La composición nutricional varía según la especie, alimentación y condiciones ambientales ([Dobermann et al., 2017](#)). En la superfamilia Acridoidae (*Sphenarium*, *Melanoplus*, *Brachystola*), el contenido proteico oscila entre 57 % y 77 %, según el hábitat ([Das y Mandal, 2013](#); [Finke y Ooninx, 2014](#)). Además, su versatilidad permite elaborar sales, barras nutricionales, harinas y galletas ([Mishyna et al., 2019](#); [Skotnicka et al., 2021](#)), impulsando la innovación alimentaria con perfiles nutricionales superiores a proteínas animales, mejorando la calidad dietética de la población ([Molina, 2020](#)).

Biomoléculas activas en el orden Orthoptera

Los chapulines son una fuente importante de compuestos bioactivos con efectos benéficos para la salud humana, destacando los flavonoides por sus propiedades antioxidantes, antimicrobianas, antiinflamatorias, antialérgicas y anticancerígenas ([Pal y Dubey, 2013](#)). En *Dissosteira carolina* predominan la quercetina y su derivado quercetina- β -3-O-glucósido ([Hopkins y Ahmad, 1991](#)), compuestos también encontrados en *Sphenarium* spp., *Ruspolia differens* y *Schistocerca gregaria* ([Cheseto et al., 2020](#); [Marín-Morales et al., 2022](#)). La quercetina proviene de la dieta vegetal del insecto, almacenándose y metabolizándose en sus tejidos ([Sun et al., 2002](#)).

En *Sphenarium* spp. se identificaron ácidos fenólicos antiinflamatorios como el protocatecuico, 4-hidroxibenzoico y gentísico ([Marín-Morales et al., 2022](#)) ([Tabla 3](#)). También se detectaron compuestos como la vanilina, con propiedades anticancerígenas ([Arya et al., 2021](#)), y la umbeliferona, una cumarina antioxidante con aplicaciones farmacológicas ([Mazimba, 2017](#)).

Tabla 2. Aporte nutrimental de algunos ortópteros.

Molécula	<i>Sphenarium histrio</i> y <i>S. purpurascens</i> Contenido (mg/100 g)	<i>Brachystola magna</i>	Referencia
Proteínas	71.5	—	(Melo et al., 2011; Rodríguez-Miranda et al., 2019)
Grasas	11.0	—	(Rodríguez-Miranda et al., 2019).
Carbohidratos	15.5 – 33.1	—	(Cortés et al., 2021; Cruz-López et al., 2022)
Fibra	11.0 – 9.4	—	(Cortés et al., 2021; Meyer-Rochow et al., 2021)
Biominales			
Na	0.25	—	(Cohen et al., 2009)
K	1028	—	(Cruz-López et al., 2022; Ramos-Elorduy y Pino, 1998)
Ca	112	—	(Dobermann et al., 2017)
Zn	0.017	—	(Blásquez et al., 2012)
Fe	8 – 20	—	(Blásquez et al., 2012; Rodríguez-Miranda et al., 2019)
Mg	424	—	(Blásquez et al., 2012; Dobermann et al., 2017)
Aminoácidos			
<i>Esenciales</i>			
Isoleucina	5.3 – 4.2	—	(Cohen et al., 2009; Vanegas y Gutiérrez, 2016)
Leucina	8.5	—	(Melo et al., 2011)
Lisina	5.7	—	(Rodríguez-Miranda et al., 2019; Vanegas y Gutiérrez, 2016)
Metionina	1.8 – 2.5	—	(Verkerk et al., 2007)
<i>No esenciales</i>			
Histidina	1.9 – 2.2	—	(Cohen et al., 2009)
Serina	4.8 – 5.1	—	(Melo et al., 2011; Vanegas y Gutiérrez, 2016)
Glicina	5.3 – 6.8	—	(Rodríguez-Miranda et al., 2019)
Alanina	6.4 – 7.6	—	(Verkerk et al., 2007; Vanegas y Gutiérrez, 2016)
Vitaminas			
Retinol	3.6	0.5	
Ácido ascórbico	0	0.91	
Calciferol	4.12	5.25	(Cruz-López et al., 2022; Blásquez et al., 2012; Zamudio-Flores et al., 2019)
Tiamina	0.27	0.09	
Riboflavina	0.59	0.08	
Piridoxina	5.04	0.58	

Esteroles como colesterol, colest-4-eno-3-ona, campesterol y β -sitosterol, presentes en *R. differens*, compuestos que combaten enfermedades hepáticas, obesidad y problemas de queratinización ([Ochieng et al., 2022](#); [Wu et al., 2015](#)). En *S. gregaria* destacan colesterol y lanosterol, con efectos cardiovasculares, antioxidantes y anticancerígenos ([Brüll et al., 2010](#); [Cheseto et al., 2015](#); [Loizou et al., 2010](#)). Además, el 7-dehidrocolesterol contribuye a la síntesis de vitamina D, esencial para la salud ósea e inmunológica ([Woyengo et al., 2009](#)).

Entre los ácidos grasos poliinsaturados sobresale el α -linolénico (>50 %) en *Oxya chinensis formosana* y el ácido oleico en *Oxya hyla* (89.6 %) ([Ghosh et al., 2016](#); [Hyun et al., 2012](#)). En *R. differens*, AGS alcanzan hasta 69.0 %, AGMI hasta 6.9 % y AGPI hasta 50.8 % ([Ochieng et al., 2022](#)). Estos compuestos protegen contra enfermedades coronarias e inflamatorias, regulando procesos fisiológicos ([Cheseto et al., 2020](#); [Gómez-Cortés et al., 2019](#)). Además, contienen carotenoides ([Ebenebe et al., 2020](#); [Wang, 2012](#)) y quitina con beneficios inmunológicos e intestinales ([Feng et al., 2018](#); [Kleden et al., 2023](#); [Yin et al., 2017](#)) ([Tabla 3](#)).

Etnofarmacología

La etnofarmacología es parte integral de los sistemas médicos tradicionales, transmitidos generacionalmente para preservar prácticas culturales y rituales destinados a promover la salud física y mental ([Costa-Neto et al., 2006](#); [Dev et al., 2020](#)). En zonas rurales, la medicina tradicional es la principal opción de cuidado de la salud, y el uso de insectos destaca por su asequibilidad y accesibilidad ([Jorand, 2008](#)). Especies de los géneros *Sphenarium* spp., *Taeniopoda* sp. y *Melanoplus* sp. se emplean para tratar enfermedades renales e intestinales, especialmente en comunidades africanas como ocurre en Camerún ([Landeró et al., 2012](#)).

En México, los chapulines se usan como remedio para dolencias como fatiga y anemia ([Costa-Neto, 2005](#); [Ramos-Elorduy e Pino, 1988](#)), debido a sus propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y antimicrobianas ([da Silva et al.,](#)

[2020](#); [Neveu et al., 2010](#)). Las secreciones abdominales de algunos chapulines aceleran la cicatrización de heridas y contienen proteínas que previenen la coagulación sanguínea, gracias a la quitina ([Buszewska-Forajta et al., 2015](#); [Ibarra-Herrera et al., 2020](#)). El quitosano, su derivado, tiene propiedades antimicrobianas, promueve la reparación tisular y reduce el colesterol ([Ramos-Elorduy y Pino-Moreno, 2004](#)). Además, la hemolinfa de los chapulines contiene iones sodio y cloro, que regulan el equilibrio osmótico en humanos, lo que explica su uso tradicional en problemas urinarios ([Costa-Neto et al., 2006](#)). Los chapulines también se emplean para tratar afecciones de la boca, riñones, sistema digestivo, circulatorio y respiratorio ([Ramos-Elorduy e Pino 1988](#)).

Alergias asociadas al consumo de chapulines

El consumo de insectos como los chapulines puede provocar reacciones alérgicas en personas sensibles debido a proteínas similares a las presentes en crustáceos y ácaros del polvo, especialmente tropomiosina y arginina quinasa ([Broekman et al., 2017](#); [EFSA, 2015](#); [Verhoeckx et al., 2014](#)). Las personas alérgicas a mariscos podrían presentar sensibilidad cruzada. Las manifestaciones clínicas varían desde urticaria leve hasta anafilaxia grave ([Pali-Schöll et al., 2019](#)). Por ello, es crucial un etiquetado claro sobre posibles alérgenos en productos derivados de insectos. Aunque faltan estudios detallados, es fundamental continuar investigando la prevalencia e impacto de estas alergias en salud pública ([EFSA, 2015](#)).

Normativas alimentarias

La regulación del consumo de insectos, incluidos los chapulines, difiere notablemente entre países. En la Unión Europea, el Reglamento (UE) 2015/2283 sobre nuevos alimentos permite comercializar ciertas especies, como chapulines, grillos y gusanos de harina, siempre que se presente evidencia de seguridad alimentaria y etiquetado específico, bajo evaluación de la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria ([EFSA, 2015](#)). En Estados Unidos, la FDA clasifica los insectos

Tabla 3. Compuestos bioactivos en diferentes especies de chapulines

Especie	País de origen	Actividad biológica	Compuestos bioactivos	Referencia
<i>Dissosteira carolina</i>	EUA	Actividad antioxidante	Flavonoides: quercetina (3,3',4',5,7-pentahidroxi-flavona) y quercetina- β -3- O-glucósido Ácidos grasos saturados: C12:0, C14:0, C15:0, C16:0, C17:0, C18:0, C20:0, C21:0, C22:0, C24:0.	(Hopkins y Ahmad, 1991)
<i>Oxya chinensis formosana</i>	Corea	Actividad antimicrobiana y antioxidante	Ácidos grasos monoinsaturados: C16:1, C18:1, C20:1, C22:1 Ácidos grasos poliinsaturados: C18:2, C18:3, C20:2, C20:3, C20:4 y C20:5 Ácidos grasos: ácido caprílico, ácido láurico, ácido mirístico, ácido pentadecanoico, ácido palmítico, ácido palmitoleico, ácido heptadecanoico, ácido cis-10-heptadecenoico, ácido esteárico, ácido eláidico, ácido oleico, ácido linoleico, ácido araquídico, ácido gamma-linoleico, cis- ácido 11-eicosenoico, ácido linolénico, ácido heneicosanoico, ácido behénico, ácido cis-8,11,14-eicosatrienoico, ácido araquidónico, ácido lignocérico, ácido cis-4,7,10,13,16,19-docosahexaenoico	(Hyun et al., 2012)
<i>Oxya hyla hyla</i>	India	Actividad antiinflamatoria	Ácidos grasos: ácido caprílico, ácido láurico, ácido mirístico, ácido pentadecanoico, ácido palmítico, ácido palmitoleico, ácido heptadecanoico, ácido cis-10-heptadecenoico, ácido esteárico, ácido eláidico, ácido oleico, ácido linoleico, ácido araquídico, ácido gamma-linoleico, cis- ácido 11-eicosenoico, ácido linolénico, ácido heneicosanoico, ácido behénico, ácido cis-8,11,14-eicosatrienoico, ácido araquidónico, ácido lignocérico, ácido cis-4,7,10,13,16,19-docosahexaenoico	(Ghosh et al., 2016)
<i>Sphenarium spp.</i>	México	Actividad antiinflamatoria, anticancerígena y antioxidante	Ácidos fenólicos: ácido protocatecuico, ácido 4-hidroxibenzoico, ácido gentísico, ácido cafeico, ácido sinapínico, ácido salicílico, ácido ferúlico, ácido p-cumárico y ácido vanílico Aldehído fenólico: vanilina Flavonoides: luteolina, apigenina, quercetina, kaempferol, quercetina-3-glucósido y kaempferol-3-O-glucósido Cumarina: umbeliferona	(Marín-Morales et al., 2022)
<i>Ruspolia differens</i> Serville	Kenia	Actividad antioxidante	Ácidos grasos saturados: C10:0, C11:0, C12:0, C13:0, C14:0, C15:0, C16:0, C18:0, C19:0, C20:0, C21:0, C22:0, C23:0 y C24:0 Ácidos grasos monoinsaturados: C10:1n-5, C16:1n-7, C17:1n-7, C17:1n-9, C18:1n-11, C18:1n-9, C19:1n-9, C20:1n-9 y C22:1n-9 Ácidos grasos poliinsaturados: C18:2n-6, C18:3n-3 y C20:4n-6 Esteroles: (22 Z)-27-norergosta-5,22-dien-3 β -ol, colesterol, campesterol, colest-4-en-3-ona y β - sitosterol Flavonoides: quercetina, luteonina, kaempferol, orientina	(Ochieng et al., 2022)
<i>Schistocerca gregaria</i>	Kenia, Polonia	Actividad antioxidante, antiinflamatoria y anticancerígena	Esteroles: colest-8(14)-en-3-ol,2,2-dimetil (3 β , 5 α); colesterol; 7-dehidrocolesterol; latosterol; desmosterol; campesterol; estigmasterol; (3 β , 5 α) 4,4-dimetilcolesta-8,14,24-trienol; 7-oxocolesterol (7-cetocolesterol); (3 β , 20R) colest-5,24-dien-3,20-diol; β -sitosterol; fucosterol; lanosterol Polisacáridos: quitina y quitosano Flavonoides: quercetina, luteonina, kaempferol, orientina Carotenoides: β -caroteno, trans- β -caroteno, β -criptoxantina, α -caroteno, luteína, zeaxantina y licopeno	(Cheseto et al., 2015; Cheseto et al., 2020; Kinyuru et al., 2010)
<i>Locusta migratoria</i>	Países Bajos	Actividad antioxidante y antiinflamatoria	Polisacáridos: quitina y quitosano	(Ebenebe et al., 2020; Kleden et al., 2023; Oonincx y van de Poel, 2011)

comestibles como "alimentos convencionales", exigiendo que cumplan estándares de calidad e inocuidad, además de etiquetado que indique claramente su presencia y posibles alérgenos (Larouche et al., 2023). En México, aunque el consumo de chapulines es una tradición ancestral, la regulación específica es limitada y se enfoca principalmente en inocuidad. La COFEPRIS exige el cumplimiento de Buenas Prácticas de Manufactura para garantizar calidad sanitaria (Rodríguez-Miranda et al., 2019). Avances normativos internacionales como el Codex Alimentarius podrían estandarizar criterios de producción, facilitando su comercialización global (Pali-Schöll et al., 2019).

Comentarios finales

Esta revisión destaca el potencial de los chapulines (orden Orthoptera), especialmente *Sphenarium purpurascens*, como recurso alimenticio sostenible y nutritivo, ideal para enfrentar la inseguridad alimentaria, desnutrición y obesidad debido a su alto contenido en proteínas, aminoácidos, minerales y compuestos bioactivos. Sus propiedades medicinales tradicionales ofrecen nuevas posibilidades para explorar biomoléculas antimicrobianas, antiinflamatorias y antioxidantes.

Desde lo socioeconómico, la producción y comercialización de chapulines constituyen una oportunidad para empoderar comunidades rurales, especialmente mujeres, aunque es crucial promover prácticas sostenibles para proteger los ecosistemas.

Ambientalmente, la cría de chapulines requiere menos agua y genera menos gases de efecto invernadero que la ganadería convencional, representando una alternativa viable frente al cambio climático.

La aceptación global aún enfrenta barreras culturales y psicológicas como la neofobia alimentaria; por ello, son necesarias estrategias educativas, innovaciones en productos y regulaciones claras sobre inocuidad y etiquetado, favoreciendo así su adopción en dietas globales y sistemas alimentarios sostenibles.

Agradecimientos

A las estudiantes Hernández de la Cruz, Brenda; González García, Karla Erika; García Cisneros, Diana Mayte.

Referencias

- Aguilar-Rodríguez, S. (2007). Cooking modernity: Nutrition policies, class, and gender in 1940s and 1950s Mexico City. *The Americas*, 64(2), 177-205. <https://doi.org/10.1353/tam.2007.0128>
- Aguilar-Rodríguez, S. (2008). Alimentando a la nación: género y nutrición en México (1940-1960). *Revista de Estudios Sociales*, 29(1), 28-41. <https://journals.openedition.org/revestudsoc/18461>
- Aguirre-Segura, A. & Barranco, V. P. (2015). Orden Orthoptera. *Revista IDE @- SEA (Ibero Diversidad Entomológica)*, 46(1), 1-13. https://www.researchgate.net/publication/280609212_Orden_Orthoptera
- Arango-Gutiérrez, G.P. (2005). Los insectos: una materia prima alimenticia promisorio contra la hambruna. *Revista Lasallista de Investigación*, 2(1), 33-37. <https://www.redalyc.org/pdf/695/69520106.pdf>
- Arya, S. S., Rookes, J. E., Cahill, D. M. & Lenka, S. K. (2021). Vanillin: A review on the therapeutic prospects of a popular flavouring molecule. *Advances in Traditional Medicine*, 21, 1-17. <https://doi.org/10.1007/s13596-020-00531-w>
- Barbero, M. (1997). *Códices etnográficos. El Códice Florentino*. In: EHSEA, 14, 349-379 (Universidad de Cuenca). <http://hdl.handle.net/10017/5990>
- Barranco, P. & Molina-Pardo, J. L. (2021). Cuticular structures in micropterous crickets (Orthoptera, Gryllidae, Petaloptilini, Gryllomorpha). *Insects*, 12(8), 708. <https://doi.org/10.3390/insects12080708>
- Barrios-Morales, M. L., Peralta-García, X. P., Salazar, R. y Maldonado-Astudillo, Y.I. (2022). Análisis físico y químico proximal, de tres especies de insectos comestibles en

- Guerrero, México. *Acta Agrícola y Pecuaria*, 8(1), 1-8.
<https://doi.org/10.30973/aap/2022.8.0081019>
- Bernard, T. y Womeni, H. M. (2017). *Entomophagy, insects as food. Insect physiology and ecology*, V. D. C. Shields (Ed.). 233-249. Rijeka: IntechOpen.
<http://dx.doi.org/10.5772/67384>
- Blásquez, J. R. E., Moreno, J. M. P. & Camacho, V. H. M. (2012). Could grasshoppers be a nutritive meal. *Food and Nutrition Sciences*, 3(2), 164-175.
<http://dx.doi.org/10.4236/fns.2012.32025>
- Broekman, H. C. H. P., Knulst, A. C., den Hartog Jager, C. F., van Bilsen, J. H. M., Raymakers, F. M. L., Kruizinga, A. G., Gaspari, M., Gabriele, C., Bruijnzeel-Koomen, C. A. F. M., Houben, G. F. & Verhoeckx, K. C. M. (2017). Primary respiratory and food allergy to mealworm. *The Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 140(2), 600-603.e7.
<https://doi.org/10.1016/j.jaci.2017.01.035>
- Brüll, F., Mensink, R. P., van den Hurk, K., Duijvestijn, A. & Plat, J. (2010). TLR2 activation is essential to induce a Th1 shift in human peripheral blood mononuclear cells by plant stanols and plant sterols. *The Journal of Biological Chemistry*, 285(5), 2951-2958.
<https://doi.org/10.1074/jbc.M109.036343>
- Buszewska-Forajta, M., Siluk, D., Daghir-Wojtkowiak, E., Sejda, A., Staśkowiak, D., Biernat, W. & Kaliszan, R. (2015). Studies of the effect of grasshopper abdominal secretion on wound healing with the use of murine model. *Journal of Ethnopharmacology*, 176(1), 413-423.
<https://doi.org/10.1016/j.jep.2015.11.004>
- Cartay, A., Dimitrov, V. & Feldman, M. (2020). An insect bad for agriculture but good for human consumption: The case of *Rhynchophorus palmarum*: A social science perspective. *Edible Insects*. H. Mikkola (Ed.). London: IntechOpen.
<https://doi.org/10.5772/intechopen.87165>
- Castro-López, C., Santiago-López, L., Vallejo-Cordoba, B., González-Córdova, A. F., Liceaga, A. M., García, H. S. & Hernández-Mendoza, A. (2020). An insight to fermented edible insects: A global perspective and propective. *Food Research International*, 137(2020), 1-11.
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109750>
- Cerritos-Flores, R., Ponce-Reyes, R. & Rojas-García, F. (2014). Exploiting a pest insect species *Sphenarium purpurascens* for human consumption: Ecological, social, and economic repercussions. *Journal of Insects as Food and Feed*, 1(1), 75-84.
<https://doi.org/10.3920/JIFF2014.0013>
- Cerritos, R. & Cano-Santana, Z. (2008). Harvesting grasshoppers *Sphenarium purpurascens* in Mexico for human consumption: A comparison with insecticidal control for managing pest outbreaks. *Crop Protection*, 27(3), 473-480.
<https://doi.org/10.1016/j.cropro.2007.08.001>
- Cerritos, R. & Klewer, M. (2015). Prehispanic agricultural practices: Using pest insects as an alternative source of protein. *Animal Frontiers*, 5(2), 31-36.
<https://doi.org/10.2527/af.2015-0017>
- Cheseto, X., Baleba, S. B., Tanga, C. M., Kelemu, S. & Torto, B. (2020). Chemistry and sensory characterization of a bakery product prepared with oils from African edible insects. *Foods*, 9(6), 800.
<https://doi.org/10.3390/foods9060800>
- Cheseto, X., Kuate, S.P., Tchouassi, D.P., Ndungu, M.W., Teal, P.E. & Torto, B. (2015). Potential of the desert locust *Schistocerca gregaria* (Orthoptera: Acrididae) as an unconventional source of dietary and therapeutic sterols. *PLoS One*, 10(5), e0127171.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0127171>
- Cigliano, M. M., Braun, H., Eades, D. C. & Otte, D. (2023). *Sphenarium purpurascens* Charpentier, 1845. Orthoptera Species File.
<http://orthoptera.speciesfile.org>

- Cohen, J. H., Sanchez, N. D. M. & Montiel-Ishino, F. (2009). Chapulines and food choices in rural Oaxaca. *Gastronomica*, 9(1), 61-65. <https://doi.org/10.1525/gfc.2009.9.1.61>
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). (2023). *EncicloVida*. <http://www.enciclovida.mx>
- Cortés, O. R. L., García, V. D. B. & Carrillo, M. D. L. C. C. (2021). Uso de chapulines (*Sphenarium* sp.) para el enriquecimiento del pinole. En: *La gastronomía como extensión del conocimiento*. I, 77-103. https://sedeturqroo.gob.mx/gastronomia/webroot/pdfs/2021-06-21%2018:25:48_doc.pdf
- Costa-Neto, E. M. (2005). Entomotherapy, or the Medicinal Use of Insects. *Journal of Ethnobiology*, 25(1), 93-114. [https://doi.org/10.2993/0278-0771\(2005\)25\[93:EOTMUO\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.2993/0278-0771(2005)25[93:EOTMUO]2.0.CO;2)
- Costa-Neto, E. M., Ramos-Elorduy, J. & Pino, J. M. (2006). Los insectos medicinales de Brasil: primeros resultados. *Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa*, 38, 395-414. <https://www.sea-entomologia.org/Boletin38>
- Cruz-López, S. O., Álvarez-Cisneros, M., Domínguez-Soberanes, J., Escalona-Buendía, H.B. & Sánchez, C.N. (2022). Physicochemical and sensory characteristics of sausages made with grasshopper (*Sphenarium purpurascens*) flour. *Foods*, 11(5), 704. <https://doi.org/10.3390/foods11050704>
- Das, M. & Mandal, S. (2013). Assessment of nutritional quality and anti-nutrient composition of two edible grasshoppers (Orthoptera: Acrididae) a search for new food alternative. *International Journal of Medicine and Pharmaceutical Science*, 3(5), 31-48. https://www.academia.edu/43517677/ASSESSMENT_OF_NUTRITIONAL_QUALITY_AND_ANTI_NUTRIENT_COMPOSITION_OF_TWO_EDIBLE_GRASSHOPPERS_ORTHOPTERA_ACRIDIDAE_A_SEARCH_FOR_NEW FOOD ALTERNATIVE
- da Silva, L. A. J., de Oliveira, L. M., Da Rocha, M. & Prentice, C. (2020). Edible insects: An alternative of nutritional, functional and bioactive compounds. *Food Chemistry*, 311, 126022. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.126022>
- Deroy, O., Reade, B. & Spence, C. (2015). The insectivore's dilemma, and how to take the West out of it. *Food Quality and Preference*, 44, 44-55. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2015.02.007>
- Dev, S., Hassan, K., Claes, J., Mozahid, M.N., Khatun, H. & Mondal, M.F. (2020). Practices of entomophagy and entomotherapy in Bangladesh. *Journal of Insects as Food and Feed*, 6(5), 515-524. <https://doi.org/10.3920/JIFF2020.0038>
- Dobermann, D., Swift, J. A. & Field, L. M. (2017). Opportunities and hurdles of edible insects for food and feed. *Nutrition Bulletin*, 42(4), 293-308. <https://doi.org/10.1111/mbu.12291>
- Dossey, A.T., Tatum, J.T. & McGill, W.L. (2016). Modern Insect-Based Food Industry: Current Status, Insect Processing Technology, and Recommendations Moving Forward. En Dossey, A. T., Morales-Ramos, J. A., & Rojas, M. G. (Eds.). *Insects as sustainable food ingredients: Production, processing and food applications* (pp.113-152). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802856-8.00005-3>
- Ebenebe, C. I., Ibitoye, O. S., Amobi, I. M. & Okpoko, V. O. (2020). African Edible Insect Consumption Market. In: Adam Mariod, A. (Eds) *African edible insects as alternative source of food, oil, protein and bioactive components*. Springer, Cham. (1 ed., Vol.VI, pp.19-51). https://doi.org/10.1007/978-3-030-32952-5_2
- EFSA Scientific Committee. (2015). Risk profile related to production and consumption of insects as food and feed. *EFSA Journal*, 13(10), 42-46. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2015.4257>
- Etemadi, A., Sinha, R., Ward, M. H., Graubard, B. I., Inoue-Choi, M., Dawsey, S. M. & Abnet, C. C. (2017). Mortality from different causes

- associated with meat, heme iron, nitrates, and nitrites in the NIH-AARP Diet and Health Study: Population based cohort study. *BMJ (Clinical research ed)*, 357, j1957. <https://doi.org/10.1136/bmj.j1957>
- Feng, Y., Chen, X. M., Zhao, M., He, Z., Sun, L., Wang, C. Y. & Ding, W.F. (2018). Edible insects in China: Utilization and prospects. *Insect Science*, 25(2), 184-198. <https://doi.org/10.1111/1744-7917.12449>
- Finke, M. D. & Oonincx, D. D. (2014). Insects as food for insectivores. In J. Shapiro-Ilan Morales-Ramos, G. Rojas, & D. I. Shapiro-Ilan (Eds.), *Mass Production of Beneficial Organisms: Invertebrates and Entomopathogens*. Cap. 17, 583-616. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-391453-8.00017-0>
- Gasco, L., Biancarosa, I. y Liland, NS (2020). De residuos a alimento: Una revisión del conocimiento reciente sobre insectos como productores de proteínas y grasas para piensos. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, 23, 67-79. <https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2020.03.003>
- Gerber, P. J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., Falcucci, A., Tempio, G. (2013). *Tackling climate change through livestock: A global assessment of emissions and mitigation opportunities*. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome. <https://www.fao.org/4/i3437e/i3437e.pdf>
- Ghosh, S., Haldar, P. & Mandal, D. K. (2016). Evaluation of nutrient quality of a short horned grasshopper, *Oxya hyla hyla* Serville (*Orthoptera: Acrididae*) in search of new protein source. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 4(1), 193-197. <https://www.entomoljournal.com/archives/?year=2016&vol=4&issue=1&ArticleId=806>
- Gómez-Cortés, P., de la Fuente, M. Á. & Juárez, M. (2019). Ácidos grasos trans y ácido linoleico conjugado en alimentos: origen y propiedades biológicas. *Nutrición Hospitalaria*, 36(2), 479-486. <https://doi.org/10.20960/nh.2466>
- Grageda Grageda, José, Ruiz Corral, José Ariel, Jiménez Lagunes, Alejandro, & Fu Castillo, Agustín Alberto. (2014). Influencia del cambio climático en el desarrollo de plagas y enfermedades de cultivos en Sonora. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5(10), 1913-1921. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i10.1026>
- Halloran, A., Flore, R., Vantomme, P., & Roos, N. (Eds.). (2018). *Edible insects in sustainable food systems*. Springer. Belluco, S, Mantovani, A., & Ricci A. (Ed.) (2018). *Edible insects in a food safety perspective*. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-74011-9>
- Harvey, J. A., Heinen, R., Gols, R. & Thakur, M. P. (2020). Climate change-mediated temperature extremes and insects: From outbreaks to breakdowns. *Global Change Biology*, 26(12), 6685-6701. <https://doi.org/10.1111/gcb.15377>
- Hopkins, T. L. & Ahmad, S. A. (1991). Flavonoid wing pigments in grasshoppers. *Experientia*, 47(1), 1089-1091. <https://doi.org/10.1007/BF01923349>
- Huerta, A. J., Espinoza, F., Téllez-Jurado, A. & Maqueda, A. P. (2014). Control biológico del chapulín en México. *BioTecnología*, 18(1), 28-49. <https://smbb.mx/revista-biotecnologia-2014-vol-18-no-1/>
- Hurd, K. J., Shertukde, S., Toia, T., Trujillo, A., Pérez, R., Larom, D., Love, J., Changqi, L. (2019). The cultural importance of edible insects in Oaxaca, Mexico. *Annals of the Entomological Society of America*, 112(6), 552-559. <https://doi.org/10.1093/aesa/saz018>
- Hyun, S. H., Kwon, K. H., Park, K. H., Jeong, H.C., Kwon, O., Tindwa, H., Han, Y.S. (2012). Evaluation of nutritional status of an edible grasshopper, *Oxya chinensis formosana*. *Entomological Research*, 42(5), 284-290. <https://doi.org/10.1111/j.1748-5967.2012.00469.x>

- Ibarra-Herrera, C. C., Acosta-Estrada, B., Chuck-Hernández, C., Serrano-Sandoval, SN, Guardado-Félix, D., Pérez-Carillo, E. (2020). Nutritional content of edible grasshopper (*Sphenarium purpurascens*) fed on alfalfa (*Medicago sativa*) and maize (*Zea mays*). *CyTA-Journal of Food*, 18(1), 257-263. <https://doi.org/10.1080/19476337.2020.1746833>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi). (2025). *Estadísticas de defunciones registradas*. https://www.inegi.org.mx/contenidos/salade prensas/boletines/2025/edr/EDR2024_CP ene-dic-pdf
- Jorand, B. (2008). Formas de transformación del conocimiento de la medicina tradicional en los pueblos nahuas del municipio de Hueyapan, Sierra Norte de Puebla. *Cuicuilco*, 15(44), 181-196. <https://revistas.inah.gob.mx/index.php/cuicuilco/article/view/4264/4219>
- Kinyuru, J. N., Kenji, G. M., Njoroge, S. M., & Ayieko, M. (2010). Effect of processing methods on the in vitro protein digestibility and vitamin content of edible winged termite (*Macrotermes subhyllanus*) and grasshopper (*Ruspolia differens*). *Food and Bioprocess Technology*, 3(1), 778-782. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11947-009-0264-1>
- Kleden, Y. L., Mukkun, L., Ndapamuri, M. H. (2023). The migratory locust (*Locusta migratoria*) as a potential source of protein and biopolymer compounds in the future. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 24(11). <https://doi.org/10.13057/biodiv/d241117>
- La Barbera, F., Verneau, F., Amato, M., & Grunert, K. (2018). Understanding Westerners' disgust for the eating of insects: The role of food neophobia and implicit associations. *Food Quality and Preference*, 64(1), 120-125. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2017.10.002>
- Landero, T., Ramos-Elorduy, H. Oliva, M.E. Galindo, O. Leiva, H. Lee, y Lee, y Murguía. (2012). Insectos comestibles y medicinales en el municipio de Ixhuatlancillo Veracruz. *Entomología Mexicana*, 11(1), 310-314.
- Larouche, J., Campbell, B., Hénault-Éthier, L., Banks, I.J., Tomberlin, J.K., Preyer, C., Deschamps, M.H., Vandenberg, G.W. (2023). The edible insect sector in Canada and the United States. *Animal Frontiers*, 13(4), 16-25. <https://doi.org/10.1093/af/vfad047>
- Lesnik, J. J. (2017). Not just a fallback food: Global patterns of insect consumption related to geography, not agriculture. *American Journal of Human Biology*, 29(2), e22976. <https://doi.org/10.1002/ajhb.22976>
- Loizou, S., Lekakis, I., Chrousos, G. P., Moutsatsou P. (2010). Beta-sitosterol exhibits anti-inflammatory activity in human aortic endothelial cells. *Molecular Nutrition & Food Research*, 54(4), 551-558. <https://doi.org/10.1002/mnfr.200900012>
- López, R. (2020). Insectos, ingrediente clave de la gastronomía mexicana. *GACETA UNAM*. 5 (125), 7. <https://www.gaceta.unam.mx/insectos-ingrediente-clave-de-la-gastronomía-mexicana/>
- Marín-Morales, M. S., Ibarra-Herrera, C. C., Luna-Vital, D. A., Monribot-Villanueva, J.L., Guerrero- Analco, J.A. (2022). Biological activity of extracts and hydrolysates from early- and adult-stage edible grasshopper *Sphenarium purpurascens*. *Frontiers in Nutrition*, 9(1), 1-15. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.102854>
- Mariutti, L. R. B., Rebelo, K. S., Bisconsin-Junior, A., Santos de Moraes, J., Magnani, M., Rodrigues Maldonado, I., Nuno Rodrigo Madeira, N., Tiengo, A., Roberto Maróstica, M., Betim Cazarin, C.B. (2021). The use of alternative food sources to improve health and guarantee access and food intake. *Food Research International*, 149(1), 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110709>
- Mazimba, O. (2017). Umbelliferone: Sources, chemistry and bioactivities review. *Bulletin of*

- Faculty of Pharmacy, Cairo University, 55(2), 223-232.
<https://doi.org/10.1016/j.bfopcu.2017.05.001>
- Medrano-Nava, M.T; Valdivia-Nájar, C. G., Moreno- Villet, L. (2024). Insectos comestibles como alimento a futuro y sus retos. *Enfoques Transdisciplinarios: Ciencia y Sociedad*, 2(1), 75-86.
<https://revistaenfoques.ciatej.mx/index.php/revistaenfoques/article/view/28>
- Melo, V., García, M., Sandoval, H., Quirino-Barreda, C.T., Sanchez-Herrera, K. (2011). Chemical composition and amino acids content of five species of edible grasshoppers from Mexico. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 27(8), 654-658.
<https://doi.org/10.9755/efja.2015.04.093>
- Meyer-Rochow, V. B., Gahukar, R. T., Ghosh, S., & Jung, C. (2021). Chemical Composition, Nutrient Quality and Acceptability of Edible Insects Are Affected by Species, Developmental Stage, Gender, Diet, and Processing Method. *Foods*, 10(5), 1036.
<https://doi.org/10.3390/foods10051036>
- Mishyna, M., Martinez, J. J. I., Chen, J., Benjamin, O. (2019). Extraction, characterization and functional properties of soluble proteins from edible grasshopper (*Schistocerca gregaria*) and honey bee (*Apis mellifera*). *Food Research International*, 116(1), 697-706.
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.08.098>
- Molina, A. I. B. (2020). Análisis químico proximal de *Corydalus* sp. y su comparación con otros insectos comestibles. *Inventio, la génesis de la cultura en Morelos*, 15(37), 1-9
<https://doi.org/10.30973/inventio/2019.15.37/6>
- Neveu, V., Pérez-Jiménez, J., Vos, F., Crespy, V., Chaffaut, L., Mennen, L., Knox, C., Eisner, R., Cruz, J., Wishart, D., Scalbert, A. (2010). Phenol-explorer: An online comprehensive database on polyphenol contents in foods. *Database*, 2010(1), 1-9.
<https://doi.org/10.1093/database/bap024>
- Nyangena, D.N, Kinyuru, J., Imathiu, S. (2020). Climate change: a natural streamliner towards entomophagy? *International Journal of Tropical Insect Science*, 41(1), 2133-2147.
<https://doi.org/10.1007/s42690-020-00292-8>
- Ochieng, B. O., Anyango, J. O., Nduko, J. M., Cheseto, X., Mudalungu, C. M., Khamis, F. M., Ghemoh, C. J., Egonyu, P. J., Subramanian, S., Nakimbugwe, D., Ssepuuya, G., & Tanga, C. M. (2022). Dynamics in nutrients, sterols and total flavonoid content during processing of the edible Long-Horned grasshopper (*Ruspolia differens* Serville) for food. *Food Chemistry*, 383(2022), 1-9.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.132397>
- Olivadese, M., y Dindo, M.L. (2023). Edible Insects: A Historical and Cultural Perspective on Entomophagy with a Focus on Western Societies. *Insects*, 14(8), 1-16.
<https://doi.org/10.3390/insects14080690>
- Omuse, E. R., Tonnang, H. E. Z., Yusuf, A. A., Machekano, H., Egonyu, J. P., Kimathi, E., Mohamed, S. F., Kassie, M., Subramanian, S., Onditi, J., Mwangi, S., Ekesi, S., & Niassy, S. (2024). The global atlas of edible insects: analysis of diversity and commonality contributing to food systems and sustainability. *Scientific Reports*, 14(1), 5045.
<https://doi.org/10.1038/s41598-024-55603-7>
- Oonincx, D. G. A. B., & Van der Poel, A. F. B. (2011). Effects of diet on the chemical composition of migratory locusts (*Locusta migratoria*). *Zoo Biology*, 30(1), 9-16.
<https://doi.org/10.1002/zoo.20308>
- Oonincx, D. G., & De Boer, I. J. (2012). Environmental impact of the production of mealworms as a protein source for humans—a life cycle assessment. *Plos One*, 7(12), 1-5.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0051145>
- Ordoñez-Araque, R., Quishpillo-Miranda, N. & Ramos-Guerrero, L. (2022). Edible Insects for Humans and Animals: Nutritional Composition and an Option for Mitigating

- Environmental Damage. *Insects*, 13(10), 944.
<https://doi.org/10.3390/insects13100944>
- Pal, D. & Dubey, P. (2013). Flavonoids: A powerful and abundant source of antioxidants. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 5(3), 95–98.
https://innovareacademics.in/journal/ijpps/Vol5Issue3/7048.pdf?srsltid=AfmBOopfpjzRF-6e4aFO43QuaqSnbICkMjV2eFYjel55_b_UHyvw5riH
- Pali-Schöll, I., Binder, R., Moens, Y., Y., Polesny, F. & Monsó, S. (2019). Edible insects—defining knowledge gaps in biological and ethical considerations of entomophagy. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59(17), 2760–2771.
<https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1468731>
- Palop-Gómez, A., Rodríguez Lázaro, D., Santos Buelga, J. Á. (2018). Informe del Comité Científico de la Agencia Española de Consumo, Seguridad Alimentaria y Nutrición (AECOSAN) en relación a los riesgos microbiológicos y alergénicos asociados al consumo de insectos. *Revista del Comité Científico*, 27(1), 11-40.
https://www.aesan.gob.es/AECOSAN/docs/documentos/seguridad_alimentaria/evaluacion_riesgos/informes_comite/CONSUMO_INSECTOS.pdf
- Piña-Domínguez, I. A., Ruiz-May, E., Hernández-Rodríguez, D., Zepeda, R.C. & Melgar-Lalanne, G. (2022). Environmental effects of harvesting some Mexican wild edible insects: An overview. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 6(1), 1-11.
<https://doi.org/10.3389/fsufs.2022.1021861>
- Pino-Moreno, J. M. & Blasquez, J. R. E. (2021). Taxonomic analysis of some edible insects from the state of Michoacán, Mexico. *Frontiers in Veterinary Science*, 8(1), 1-10.
<https://doi.org/10.3389/fvets.2021.629194>
- Pino-Moreno, J. M. & Reyes-Prado, H. (2020). Commerce of edible insects in the state of Morelos, Mexico. *Journal of Insect Science*, 20(5), 1-7.
<https://doi.org/10.1093/jisesa/ieaa106>
- Pino-Moreno, J. M., Ramos-Elorduy, J. & Costa-Neto, E. M. (2006). Los insectos comestibles comercializados en los mercados de Cuautitlán de Romero Rubio, Estado de México, México. *Sitientibus Série Ciências Biológicas*, 6(1), 58-64.
<https://doi.org/10.13102/scb8148>
- Pilcher, J. M. (2018). The land of seven moles: Mexican culinary nationalism in an age of multiculturalism. *Food, Culture & Society*, 21(5), 637-653.
<https://doi.org/10.1080/15528014.2018.1516404>
- Pulido Blanco, V. C., González Chavarro, Tapia Polanco, Y. M. y Celis Ruiz, X. M. 2020. Insectos: Recursos del pasado que podrían ser una solución nutricional para el futuro. *Avances de Investigación Agropecuaria*, 24(2), 81-100.
<https://www.redalyc.org/journal/837/83765240007/html/>
- Ramos-Elorduy, J. e Pino, J. (1988). The utilization of insects in the empirical medicine of ancient Mexicans. *Journal of Ethnobiology*, 8(2), 195-202.
<https://ethnobiology.org/sites/default/files/pdfs/JoE/8-2/ConconiMoreno1988.pdf>
- Ramos-Elorduy, J. y Pino, M.J.M. (1998) Insectos Comestibles del Estado de México. *Anales del Instituto de Biología. Serie Zoología*, 69(1), 65-104.
<https://www.redalyc.org/pdf/458/45869106.pdf>
- Ramos-Elorduy, J. (2004). La etnoentomología en la alimentación, la medicina y el reciclaje. In: J. E. Llorente-Bousquets., J. J. Morrone, O. Yañez e I. F.Vargas, Eds, *Biodiversidad, Taxonomía y Biogeografía de Artrópodos de México: Hacia una Síntesis de su Conocimiento*. UNAM, Facultad de Ciencias, México.
https://biodiversidad.gob.mx/publicaciones/librosDig/pdf/Artrópodos%20IV_4-pdf
- Ramos-Elorduy, J. & Pino-Moreno, J.M. (2004). Los coleoptera comestibles de México. *Anales del Instituto de Biología. Serie Zoología*, 75(1),

- 149-183.
<https://www.redalyc.org/pdf/458/45875107.pdf>
- Ramos-Elorduy, J. (2009). Anthropo-entomophagy: Cultures, evolution and sustainability. *Entomological Research*, 39(5), 271–288. <https://doi.org/10.1111/j.1748-5967.2009.00238.x>
- Ramos-Elorduy, J., Moreno, J. M. P. & Camacho, V. H. M. (2012). Could grasshoppers be a nutritive meal? *Food and Nutrition Sciences*, 3(1), 164–175. <https://doi.org/10.4236/fns.2012.32025>
- Ramos-Elorduy, J., Pino, J. M. & Conconi, M. (2006). Ausencia de una reglamentación y normalización de la explotación y comercialización de insectos comestibles en México. *Folia Entomológica Mexicana*, 45(3), 291-318. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=42445304>
- Rodríguez-Miranda, J., Alcántar-Vázquez, J. P., Zúñiga-Marroquín, T., Juárez-Barrientos, J. (2019). Insects as an alternative source of protein: A review of the potential use of grasshopper (*Sphenarium purpurascens* Ch.) as a food ingredient. *European Food Research and Technology*, 245(12), 2613-2620. <https://doi.org/10.1007/s00217-019-03383-0>
- Rostro, B. R., Salazar, B. Q., Ramos-Elorduy, J., Pino-Moreno, J., Angeles-Campos, S.C., García Pérez, A., Barrera-García, D.B. (2012). Análisis químico y nutricional de tres insectos comestibles de interés comercial en la zona arqueológica del municipio de San Juan Teotihuacán y en Otumba, en el estado de México. *Interciencia*, 37(12), 914-920. <https://www.interciencia.net/volumen-37/numero-12-5/>
- Sahagún, Fray Bernardino de. Florentine Codex. (1950). *General History of the Things of New Spain. 1953-1982* (C. E. Dibble & A. J. O. Anderson, Eds.). University of Utah. <https://archive.org/details/generalhistoryof0000bern>
- Sánchez-Bayo, F., & Wyckhuys, K. A. 2019. Worldwide decline of the entomofauna: A review of its drivers. *Biological Conservation*, 232(1), 8-27. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.01.020>
- Shelomi, M. (2015). Why we still don't eat insects: Assessing entomophagy promotion through a diffusion of innovations framework. *Trends in Food Science & Technology*, 45(2), 311-318. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.06.008>
- Schulze, M. B. & Hu, F. B. (2005). Primary prevention of diabetes: what can be done and how much can be prevented. *Annual Review of Public Health*, 26(1), 445-467. <https://doi.org/10.1146/annurev.publhealth.26.021304.144532>
- Skotnicka, M., Karwowska, K., Kłobukowski, F., F., Borkowska, A. & Pieszko, M. (2021). Possibilities of the development of edible insect-based foods in Europe. *Foods*, 10(4), 766. <https://doi.org/10.3390/foods10040766>
- Sosa-Marcos, Y., Pacheco, R. P., Pérez, G. E. G. Manzanero, G. I. y Rodríguez-Ortiz, G. (2015). Conocimiento tradicional y valor cultural de *Sphenarium* spp. en Valles Centrales de Oaxaca. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*, 2(2), 75-86. <https://revistaremaeitvo.mx/index.php/remae/article/view/311>
- Sun, R., Sun, X. F., Wang, S. Q. Zhu, W. & Wang, X.Y. (2002). Ester and ether linkages between hydroxycinnamic acids and lignins from wheat, rice, rye, and barley straws, maize stems, and fast-growing poplar wood. *Industrial Crops and Products*, 15(3), 179-188. [https://doi.org/10.1016/S0926-6690\(01\)00112-1](https://doi.org/10.1016/S0926-6690(01)00112-1)
- Sun-Waterhouse, D., Waterhouse, G. I., You, L., Zhang, J., Liu, Y., Ma, L., Gao, J. & Dong, Y. (2016). Transforming insect biomass into consumer wellness foods: A review. *Food Research International*, 89(1), 129–151. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.10.001>

- Tan, H. S. G., Verbaan, Y. T. & Stieger, M. (2017). How will better products improve the sensory-liking and willingness to buy insect-based foods? *Food Research International*, 92(1), 95-105. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.12.021>
- Torres, F. y Rojas, A. (2018). Obesidad y salud pública en México: transformación del patrón hegemónico de oferta-demanda de alimentos. *Problemas del Desarrollo*, 49(193), 145-169. <https://doi.org/10.22201/iiec.20078951e.2018.193.63185>
- Van, Huis. A. (2003). Insects as food in sub-Saharan Africa. *International Journal of Tropical Insect Science*, 23(3), 163-185. <https://doi.org/10.1017/S1742758400023572>
- Van, Huis. A., Itterbeeck, J. V., Klunder, H., Mertens, E., Halloran, A., Muir, G. & Vantomme, P. (2013). *Edible insects: Future prospects for food and feed security*. FAO. <https://www.fao.org/4/i3253e/i3253e.pdf>
- Vanegas, A. A. M., & Gutiérrez, L. F. (2016). Carne equina: producción, consumo y valor nutricional. *CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 11(3), 86-103.
- Van Eck, N. J. & Waltman, L. (2010). Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics*, 84(2), 523-538. <https://doi.org/10.1007/s11192-009-0146-3>
- Varelas, V. (2019). Food wastes as a potential new source for edible insect mass production for food and feed: A review. *Fermentation*, 5(3), 81. <https://doi.org/10.3390/fermentation5030081>
- Verhoeckx, K. C., van Broekhoven, S., den Hartog-Jager, C. F., Gaspari, M., de Jong, G. A., Wichers, H. J., van Hoffen, E., Houben, G. F. & Knulst, A. C. (2014). House dust mite (Der p 10) and crustacean allergic patients may react to food containing yellow mealworm proteins. *Food and Chemical Toxicology*, 65(1), 364-373. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2013.12.04>
- Verkerk, M. C., Tramper, J., Van Trijp, J. C. M. & Martens, D. E. (2007). Insect cells for human food. *Biotechnology Advances*, 25(2), 198-202. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2006.11.004>
- Verneau, F., La Barbera, F., Kolle, S., Amato, M., Del Giudice, T. & Grunert, K. (2016). The effect of communication and implicit associations on consuming insects: An experiment in Denmark and Italy. *Appetite*, 106(1), 30-36. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2016.02.006>
- Wang, X-D. (2012). Lycopene metabolism and its biological significance. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 96(5), 1214S-1222S. <https://doi.org/10.3945/ajcn.111.032359>
- Woyengo, T. A., Ramprasad, V. R. & Jones, P. J. H. (2009). Anticancer effects of phytosterols. *European Journal of Clinical Nutrition*, 63(7), 813-820. pmid:19491917. <https://doi.org/10.1038/ejcn.2009.29>
- Wu, K., Li, W., Song, J. & Li, T. (2015). Production, purification, and identification of cholest-4-en-3-one produced by cholesterol oxidase from *Rhodococcus* sp. in aqueous/organic biphasic system. *Biochemistry Insights*, 8(1), 1-8. <https://doi.org/10.4137/BCI.S21580>
- Yen, A. L. (2015). Insects as food and feed in the Asia Pacific region: Current perspectives and future directions. *Journal of Insects as Food and Feed*, 1(1), 33-55. <https://doi.org/10.3920/JIFF2014.0017>
- Yin, W., Liu, J., Liu, H. & Lv, B. (2017). Nutritional value, food ingredients, chemical and species composition of edible insects in China. In: H. Mikkola (editors), *Future Foods*, 27-53. Rijeka: Intech Open. <https://doi.org/10.5772/intechopen.70085>
- Zamudio-Flores, P. B., Hernández-González, M. & García-Cano, V. G. (2019). Food supplements from a Grasshopper: A developmental stage-wise evaluation of amino acid profile, protein and vitamins in

Brachystola magna (Girard). *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 31(7), 561-568.
<https://doi:10.9755/ejfa.2019.v31.i7.1989>

Procesos de innovación para la transición agroecológica en el sistema milpa maya

Innovation processes for the agroecological transition in Maya milpa systems

¹José Bernardino Castillo-Caamal^{ID}, ²Bernard Triomphe^{ID}, ³Jesús Francisco Escalante-Euán^{ID}, ¹Jorge Santiago Santos-Flores^{ID}, ¹Guadalupe Marisol Itzá-Kantún^{ID}, ¹Wilbert Trejo-Lizama^{ID}, ¹Carlos Aldair Gamboa-Cimé^{ID}

¹Universidad Autónoma de Yucatán (UADY). Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Cuerpo Académico de Competitividad e Innovación Tecnológica (CACIT). Mérida-Yucatán. México. ²University of Montpellier. Centro de Cooperación Internacional en Investigación Agronómica para el Desarrollo (CIRAD). México. ³Universidad Autónoma de Yucatán. Facultad de Ingeniería Química. Mérida-Yucatán. México. [§]Autor de correspondencia: (jose.castillo@correo.uady.mx).

Resumen

Se realizó el simposio “Procesos de innovación para la transición agroecológica (TAE) en la agricultura milpera maya”, cuyo objetivo fue reflexionar los avances de la innovación para la TAE en Yucatán, México. Participaron 130 actores entre académicos, tomadores de decisiones, técnicos agroecológicos, estudiantes y público en general. Incluyó una conferencia: “procesos de innovación multi-actores en y para las TAE’s”, una mesa panel: “avances y desafíos en los procesos de innovación en la TAE” y seis mesas de discusión: I) factores que intervienen en la TAE; II) actores claves para la TAE; III) vías efectivas para la TAE; IV) co-diseño de innovaciones agroecológicas; V) coordinación de acciones por la agroecología en Yucatán; y VI) experiencias agroecológicas en Yucatán: éxitos y oportunidades. Se destacó a) la necesidad de fortalecer la agricultura milpera con innovaciones técnicas y sociales agroecológicas; y b) es prioritaria la articulación de actores y acciones horizontales, participativas y transdisciplinarias.

Palabras clave: agricultura familiar, agroecología, enfoque participativo, soberanía alimentaria, sostenibilidad.

Abstract

The symposium "Innovation processes in agriculture for the agroecological transition (AET) in milpa maya agriculture" was held,

whose objective was to reflect on the advances of innovation for the AET in Yucatan, Mexico. Participated in 130 actors: academics, decision-makers, agroecological technicians, students, and the public. It included a conference: "multi-stakeholder innovation processes in and for AET's", a panel table: "advances and challenges in innovation processes in AET" and six discussion tables: I) factors that intervene in AET; II) key actors for the AET; III) effective pathways to AET; IV) co-design of agroecological innovations; V) coordination of actions for agroecology in Yucatán; and VI) agroecological experiences in Yucatan: successes and opportunities. It highlighted a) the need to strengthen milpera agriculture with agroecological technical and social innovations; and b) the articulation of horizontal, participatory and transdisciplinary actors and actions is a priority.

Index words: family farming, agroecology, participatory approach, food sovereignty, sustainability.

Introducción

Los sistemas agrícolas tradicionales de comunidades indígenas y campesinas han sentado las bases para el desarrollo de la agroecología en México ([Astier et al., 2017](#)). No obstante, los procesos de transición y conversión agroecológica se han limitado en innovaciones técnico-productivas sin considerar dimensiones sociales ([Cevallos et al., 2019](#)).

En este contexto, con el objetivo de generar un espacio de diálogo y reflexión de los avances en la innovación para la transición agroecológica (TAE) en la Península de Yucatán, el 20 de agosto de 2024, se llevó a cabo el simposio “*Procesos de innovación para la transición agroecológica en la agricultura milpera*”. Fue realizado en el Centro Cultural Universitario de la Universidad Autónoma de Yucatán (UADY) en la ciudad de Mérida, Yucatán, México, con la participación de 130 personas, entre público general, estudiantes, docentes, investigadores, técnicos y tomadores de decisiones. El evento se organizó por el Cuerpo Académico de Competitividad e Innovación Tecnológica de la UADY y el Centro de Cooperación Internacional en Investigación Agronómica para el Desarrollo (CIRAD).

El programa incluyó una conferencia magistral, una mesa panel y seis grupos de discusión bajo los ejes temáticos: I) Factores que intervienen en la TAE; II) Actores claves para la TAE; III) Vías efectivas para la TAE; IV) Co-diseño de innovaciones agroecológicas; V) Coordinación de acciones por la agroecología en Yucatán y VI) Experiencias agroecológicas en Yucatán: éxitos y oportunidades. A continuación, se presentan los resultados principales por bloque.

Desarrollo

Hacia otros paradigmas de consumo

En el acto inaugural, el Dr. Héctor Estrada Medina, coordinador de la Licenciatura en Agroecología de la UADY destacó la urgencia de cambiar el paradigma de consumo alimentario y asumir conciencia crítica sobre la procedencia de los alimentos. Enfatizó la responsabilidad de estudiantes en agroecología de involucrarse profesionalmente en los procesos de TAE.

Procesos de innovación multi-actores en y para las transiciones agroecológicas

En conferencia, el Dr. Bernard Triomphe del CIRAD abordó el concepto de innovación como proceso, involucrados y la relación agroecología - TAE.

Destacó que la *Agroecología* es un movimiento social, son prácticas y es ciencia ([Wezel et al., 2009, 2020](#)), es multidimensional y requiere de múltiples innovaciones para desarrollarse. Mientras que, la *transición agroecológica* es un proceso de innovación complejo, de largo plazo, con cambios generacionales, desde la parcela hasta lo internacional, por tanto, exige enfoques sistémicos, transdisciplinarios, altamente participativos y multiactorales ([Tittonell, 2019](#)).

Aclaró que la innovación, entendida como una nueva forma de hacer las cosas, aporta beneficios económicos, sociales o ambientales a usuarios y a la sociedad (sea de tipo tecnológica u organizacional, etc.), los puntos de llegada a la innovación son diferentes. Se trata de un proceso ni directo ni lineal y el resultado de dicho proceso. Por ejemplo, formas de organización de agrupaciones de agricultores antes desconocidas o estrategias nuevas de acompañamiento técnico-productivo que incluyen programas de agricultura actuales.

Señaló que la innovación surge para atender problemas, por lo que su nivel de uso que depende de las condiciones y factores del entorno, en función de la demanda de sus usuarios. En este sentido, un sistema de innovación se refiere a la red de actores en torno al proceso de innovación en varias escalas que participan desde diagnósticos, planeaciones iniciales hasta el co-diseño, difusión, creación de entornos favorables, monitoreo y evaluación de resultados. Fomentar y acompañar la innovación necesita del desarrollo y adaptación de tecnologías, de capacidades e incidencia política ([Douthwaite et al., 2017](#)).

La TAE conlleva adaptarse al contexto local, reconocer conocimientos locales mediante el diálogo horizontal, resistir ante actores de alto poder, desarrollar tecnologías rentables y reducir la dependencia de insumos agroindustriales. En ese sentido, es clave fomentar el aprendizaje individual y colectivo, garantizar acceso justo y confiable al mercado para agricultores familiares de pequeña escala y precios accesibles a productos agroecológicos de calidad. Además, se requiere

impulsar la intersectorialidad (agricultura, educación, salud, ambiente, comunicaciones, entre otros), encontrar instrumentos idóneos para el financiamiento (subsídios, proyectos, donantes, inversionistas privados, etc.), diseñar y/o adaptar políticas públicas pertinentes y finalmente, acercar la agroecología a todos los sectores.

Al término, los asistentes discutieron el papel de la inteligencia artificial como innovación en la agricultura actual.

Avances y desafíos en los procesos de innovación para la transición agroecológica en agricultura milpera

En una mesa panel donde se contrastaron experiencias de la TAE en Yucatán, participaron el M. en C. Catarino Hernández Escobar del Centro Universitario Península de Yucatán (CRUPY) de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH), la Lic. en Agroecología Elsy Kú Santos de la Estrategia de Acompañamiento Técnico en el programa Producción para el Bienestar de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER) y el Dr. en Ciencias Agropecuarias José Castillo Caamal, docente de la Licenciatura en Agroecología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de UADY.

El M. en C. Catarino Hernández señaló la experiencia generada en la carrera de Ingeniería en Desarrollo Agroforestal del CRUPY, programa de estudios que surgió en respuesta a los efectos de la agricultura convencional (monocultivo extensivo y alto uso de insumos sintéticos), sistemas degradantes de los recursos naturales. Destacó los esfuerzos en marcha por minimizar estas prácticas a través de sistemas agroforestales, uso de extractos vegetales de plantas locales para control de plagas, y uso de bioinsumos.

Por su parte, la Lic. en Agroecología Elsy Kú compartió el trabajo de Acompañamiento Técnico de la SADER desde 2019 en innovaciones técnico-productivas y sociales en sistemas milpa y miel en el estado, a través de la aplicación de prácticas agroecológicas diversas, en escuelas de campo a través comunidades de aprendizaje, tal como lo indica [Bartra et al. \(2022\)](#). Desatacó que los grandes desafíos que

enfrentan son la incertidumbre de lluvias y la interrupción del relevo generacional, donde para garantizar la continuidad de los procesos agroecológicos debe estimularse el interés de juventudes y fortalecer la participación de mujeres.

Al intervenir, el Dr. José Castillo, desde la experiencia de diálogo intercultural con praxis transdisciplinaria en comunidades de Yaxcabá, destacó el enfoque Investigación-Acción Participativa (IAP) como clave para cambiar de paradigma de la investigación agrícola, donde se sustituye la clásica transferencia tecnológica al impulsar soluciones desde las comunidades ([Fals y Rodríguez, 1987](#)). A través de diagnósticos participativos, se intenta entender la diversidad de actividades y recursos materiales, humanos y económicos en la comunidad, para ello se utilizan herramientas participativas ([Geilfus, 2009](#)). La praxis transdisciplinar incluye la identificación de preocupaciones (necesidades) y propuestas de resolución en estrecha colaboración de actores locales y externos, con recuperación de principios de etnoecología en la región maya ([Toledo et al., 2013](#)).

El énfasis de esta experiencia es el enfoque de comunidades de aprendizaje (familias agricultoras mayas, docentes y estudiantes con formación académica-occidental, además de la participación de otros actores) con interacción en maya y español. En este proceso hacia la soberanía alimentaria se incorpora el *cosmos, corpus y praxis*, base para el manejo sostenible de los recursos naturales.

La transición agroecológica en la Península de Yucatán, México

Eje I. Factores que intervienen en la transición agroecológica. La participación de las comunidades locales en la investigación, para desarrollar y validar tecnologías accesibles, adaptadas al entorno favorece la TAE. No obstante, la respuesta del uso de bioinsumos agroecológicos es lenta; además, se presenta variabilidad del clima, escasez de mano de obra en el campo y continuo fomento de agroquímicos son factores que la obstaculizan la TAE.

En cambio, para acelerar la TAE, se requiere facilitar subsidios para agricultores(as), fomentar el intercambio de conocimientos entre productores(as) y sensibilizar a la sociedad de la relevancia del consumo y producción sostenible de alimentos.

Eje II. Actores clave para la transición agroecológica. Los productores(as) son fundamentales en la TAE al ser quienes implementan las prácticas agroecológicas en sus parcelas y responsables de la producción de alimentos a nivel local. En este sentido, la participación transversal de autoridades, desde los ejidales hasta federales, desempeña funciones importantes en el diseño e implementación de políticas públicas que favorezcan la TAE que incluyen la gestión, financiamiento, distribución de presupuestos, elaboración de programas y entrega de subsidios.

Así mismo, los centros de investigación y universidades que participan en procesos de investigación científica con impacto social generan conocimientos y tecnologías innovadoras para impulsar la agroecología son indispensables.

Las Organizaciones de la Sociedad Civil (OSC's) son actores claves que participan en la capacitación, sensibilización e incidencia política. Mientras que cooperativas locales y algunas empresas privadas en la comercialización de productos agroecológicos y desarrollo de estrategias para mejorar productos, y finalmente, los medios de comunicación para la difusión de experiencias.

Eje III. Vías efectivas para la transición agroecológica. Las puertas de entrada en la TAE son la comunicación efectiva entre actores y la accesibilidad de la información generada a través de la investigación para agricultores(as), consumidores y autoridades gubernamentales.

Las plataformas, bases de información y otros recursos digitales que faciliten la difusión de innovaciones agroecológicas, constituyen, además, herramientas potenciales de involucramiento de juventudes en la TAE. Al respecto, se requiere fortalecer la transmisión intergeneracional del conocimiento en la agricultura. En estos contextos, las políticas públicas que favorezcan la sostenibilidad son determinantes para facilitar la adopción de estrategias agroecológicas, con

marcos legales y programas que incluyan incentivos económicos y remuneración justa a agricultores.

Eje IV. Co-diseño de innovaciones agroecológicas. Co-diseñar innovaciones de manera efectiva conlleva un proceso colaborativo de diálogo para desarrollar soluciones concretas, implica la identificación de problemas de necesidades de la población, búsqueda de financiamiento, identificación de fuentes de conocimiento confiables, experimentación y comunicación permanente. Se requiere de consenso colectivo para facilitar la aceptación de la mayoría o totalidad del sector; priorizar necesidades, con énfasis en el momento de atención, veracidad de la información; la resistencia al cambio ocurre cuando la población considera a las innovaciones fuera de lo ordinario; y encontrar financiamiento (gubernamental o privado).

Eje V. Coordinación de acciones por la agroecología en Yucatán. La coordinación efectiva por la agroecología implica la articulación de acciones a diferentes escalas, encaminados hacia objetivos comunes, para optimizar los factores del contexto en términos de eficiencia, efectividad y eficacia.

En la Península de Yucatán se implementa y promueve la TAE en algunas instituciones educativas, como en la UADY, Universidades para el Bienestar "Benito Juárez García" (UBBJ Sede Yaxcabá), Universidad Tecnológica del Mayab (Sede Peto) y CRUPY, UACH. Instituciones gubernamentales federal, estatal, municipal y ejidal; OSC's (Heifer, World Wildlife Fund, The Nature Conservancy (TNC) y Conservación Internacional). Líderes de pueblos, colectivos intersectoriales y agrupaciones comunitarias como Múul Meyaj. Otras iniciativas son Fundación Haciendas del Mundo Maya, AC., Fondo Agroecológico de la Península de Yucatán, Programa de Pequeñas Donaciones de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PPPNUD), Comunidades de Aprendizaje Campesino y escuelas de campo donde destacan las y los técnicos agroecológicos y agroforestales.

En este eje, se identificaron fortalezas cuyo impacto radica en la cohesión de grupos de productores para comercializar sus productos. Donde los retos por superar son la poca transparencia entre quienes acompañan los procesos de transición y los agricultores; errores en el diseño de programas imposibles de resolver durante el acompañamiento técnico; duplicación de acciones por la desvinculación y escasa comunicación entre actores en un mismo territorio, a su vez, la carencia de solidaridad y trabajo en equipo entre profesionales e instituciones.

Eje VI. Experiencias agroecológicas en Yucatán: éxitos y oportunidades. El reconocimiento de los agricultores de la necesidad de adaptarse y transitar en formas sostenibles de producción, la integración del uso de bioinsumos y la conservación de semillas locales, con conciencia del impacto en la resiliencia de los sistemas de producción, son éxitos más destacados de las experiencias compartidas.

En este marco, los conocimientos generados con la investigación local en torno a la agroecología permiten generar estrategias para sistemas de producción tradicionales y propician el aprendizaje colectivo entre actores. En estos procesos se contribuye a la formación profesional de estudiantes, se mejoran rendimientos de cultivos, eficientizan prácticas agrícolas y diversifican las opciones de bioinsumos.

Existe la necesidad de cambio en los paradigmas de producción, exigencia en la sensibilidad y formación teórica-práctica de los actores en la TAE, principalmente estudiantes en agricultura. Finalmente, se identificó la difusión de experiencias agroecológicas como clave para contribuir en la TAE.

Entre las limitaciones, la resistencia de algunos productores y carencia de redes comerciales funcionales, se requiere fortalecer las capacidades y acompañamiento de agricultores para consolidar prácticas sostenibles, integración de conocimientos tradicionales e innovación, manejo de la fauna silvestre, plagas, enfermedades y fertilidad del suelo. Además, enfrentar limitaciones presupuestales para iniciativas,

proyectos y programas de estudio en agroecología, carencia de apoyo gubernamental, académico y privado, escasez de espacios para la aplicación de innovaciones y débil transparencia entre actores.

Mensaje final: Diálogo continuo como eje articulador de esfuerzos

Al término del evento, los Dres. José Castillo y Bernard Triomphe, miembros del comité organizador reconocieron el aporte de la información generada para orientar las acciones en los diferentes niveles de la TAE, llamaron a la discusión constante de estos procesos.

Prospectiva

Las reflexiones presentadas en el Simposio son el hilo conductor de esfuerzos futuros. En el contexto de la agricultura milpera maya de Yucatán las acciones en materia de TAE deben dirigirse a fortalecer los sistemas de producción locales mediante la adopción y adaptación de innovaciones técnicas y sociales que retomen las bases agroecológicas de los conocimientos tradicionales. En ese camino es prioridad la articulación tanto de actores como acciones en esquemas horizontales con enfoques de trabajo transdisciplinarios. Finalmente, la sociedad, especialmente jóvenes necesitan formación y sensibilidad crítica para contribuir en la transición agroecológica.

Agradecimientos

A la Fundación W.K. Kellogg por el apoyo financiero del proyecto “Construcción transdisciplinaria de un proceso de innovación social para la soberanía alimentaria sostenible en comunidades de Yaxcabá, Yucatán” Clave SISTPROY-FMVZ-0003.

Referencias

Astier, M., Quetzal, J., Orozco, Q., González M., Morales, J., Gerritsen, P., Escalona, M., Rosado, F., Escudero, J., Martínez, T., Sánchez C., Arzuffi R., Castrejón, F., Morales, H., Soto, L., Mariaca, R., Ferguson, B., Rosset, P., Ramírez, H... et al. (2017). Back

- to the roots: understanding current agroecological movement, science, and practice in Mexico. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 41, 3-4, 329-348. <http://dx.doi.org/10.1080/21683565.2017.1287809>
- Bartra, A., Pérez, E., Hernández, M., Medellín, S., García, H., Robles, H. & Castañeda, W. (2022). *Revoluciones agroecológicas en México*. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. <https://repositorio-alimentacion.secihti.mx/jspui/bitstream/1000/160/1/Libro%20Agroecolog%C3%ADa%20web.pdf>
- Cevallos, M., Udaneta, F. & Jaimes, E. (2019). Desarrollo de sistemas de producción agroecológica: Dimensiones e indicadores para su estudio. *Revista de Ciencias Sociales* 25(3), 172-185. <https://doi.org/10.31876/rcs.v25i3.27365>
- Douthwaite, B., Mur, R., Audouin, S., Wopereis, M., Hellin, J., Moussa, A., Karbo, N., Kasten, W. & Bouyer, J. (2017). *Agricultural Research for Development to Intervene Effectively in Complex Systems and the Implications for Research Organizations*. https://agritrop.cirad.fr/584543/1/Douthwaite_al_AR4D_Research_organizations-2017_v6.pdf
- Fals, O. & Rodríguez, C. (1987). *Investigación Participativa*. Banda Oriental. <https://es.scribd.com/document/406639730/Fals-Borda-y-Rodrigues-Brandao-Investigacion-Participativa>
- Geilfus, F. (2009). *80 herramientas para el desarrollo participativo: diagnóstico, planificación, monitoreo, evaluación*. IICA. <https://evalparticipativa.net/wp-content/uploads/2019/05/02.-80-herramientas-para-el-desarrollo-participativo.pdf>
- Tittonell, P. (2019). Las transiciones agroecológicas: múltiples escalas, niveles y desafíos. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias NCuyo*, 51(1), 231-246. <https://revistas.uncu.edu.ar/ojs3/index.php/RFCA/article/view/2448/1765>
- Toledo, V., Barrera, N., García, E. & Alarcón-Cháires, P. (2013). *Etnoecología de los Mayas Yucatecos*. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. <https://patrimoniobiocultural.com/archivos/publicaciones/libros/Etnoecologia-Maya.pdf>
- Wezel, A., Bellon, S., Doré, T., Francis, C., Vallod, D. & David, C. (2009). Agroecología como ciencia, movimiento y práctica. Una revisión. *Agronomía para el Desarrollo Sostenible*, 29, 503-515. <https://doi.org/10.1051/agro/2009004>
- Wezel, A., Herren, B. G., Kerr, R. B., Barrios, E., Gonçalves, A. L. R. & Sinclair, F. (2020). Agroecological principles and elements and their implications for transitioning to sustainable food systems. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 40(6), 1-13. <https://doi.org/10.1007/s13593-020-00646-z>

La educación ambiental y la agroecología: un camino hacia la transición de los agroecosistemas

Environmental education and agroecology: a mainstay for the agroecosystem transition

§Arzu Rivera-García¹, Irama Núñez-Tancredi²

Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ciencias. Departamento de Biología Evolutiva. Ciudad de México. México. §Autor de correspondencia: (arzu@ciencias.unam.mx).

Resumen

La educación ambiental se consolida como una herramienta crítica para enfrentar los desafíos socioambientales del sistema agroalimentario global. En México, la agroecología integra saberes tradicionales y científicos para promover sistemas productivos sostenibles. Este artículo analiza cómo la educación ambiental, mediante enfoques transdisciplinarios y el uso de tecnologías digitales, fortalece la adopción de prácticas agroecológicas, mejora la resiliencia climática y fomenta la participación comunitaria. Se examinan casos ejemplares como huertos escolares, programas juveniles y proyectos universitarios, identificando estrategias clave para la integración curricular y la capacitación docente. La prospectiva subraya la necesidad de políticas públicas que aseguren recursos, amplíen la cobertura en zonas rurales y promuevan una transición agroecológica justa y efectiva. Entre las principales aportaciones destacan; el fortalecimiento de la soberanía alimentaria mediante la vinculación de saberes locales; el aumento de la adaptación ante el cambio climático gracias a sus prácticas regenerativas; la reducción del uso de agroquímicos y la dependencia externa; el empoderamiento de comunidades rurales; y la generación de políticas públicas basadas en evidencia.

Palabras clave: agroecología, educación ambiental, políticas públicas, sostenibilidad, transdisciplinariedad.

Abstract

Environmental education is established as a critical tool to address the socio-environmental challenges of the global agri-food system. In Mexico, agroecology integrates traditional and

scientific knowledge to promote sustainable production systems. This article analyzes how environmental education, through transdisciplinary approaches and the use of digital technologies, strengthens the adoption of agroecological practices, improves climate resilience, and fosters community participation. Exemplary cases such as school gardens, youth programs, and university projects are examined, identifying key strategies for curricular integration, teacher training, and project funding. The outlook emphasizes the need for public policies that secure resources, expand coverage in rural areas, and promote a just and effective agroecological transition. The main contributions are: strengthening food sovereignty through the integration of local knowledge; increasing adaptation to climate change thanks to regenerative practices; reducing the use of agrochemicals and external dependence; empowering rural communities; and generating evidence-based public policies.

Index words: agroecology, environmental education, public policies, sustainability, transdisciplinarity.

Introducción

La aceleración en el uso de tecnologías digitales, impulsada por la pandemia de COVID-19, ha revolucionado la educación y abierto nuevas oportunidades para llevar contenidos de alta calidad a comunidades remotas y vulnerables. La educación ambiental se ha consolidado como una práctica social crítica ([Caride y Meira, 2020](#)), estrategia esencial para enfrentar los desafíos ambientales y sociales que emanan del sistema agroalimentario global. En este contexto, la educación ambiental se presenta como una

herramienta cultural esencial para la participación, la creación de comunidad, comprensión de saberes tradicionales y científicos. Al implementarse prácticas agroecológicas, la percepción cambiaría a que los agrosistemas son parte de los ciclos naturales y que son parte de la gran biodiversidad asociados a una sociedad. El objetivo es impulsar la adopción de modelos agroecológicos que favorezcan la sostenibilidad y la justicia social. En este trabajo exploramos cómo la educación ambiental comparte valores e ideologías similares a las de la agroecología en México, donde se analizan los avances y desafíos en la implementación de programas educativos enfocados en la agroecología.

La agroecología se entiende como un movimiento social que promueve la producción de alimentos libres de pesticidas y con menor impacto ambiental. Desde la perspectiva científica, se centra en comprender cómo interactúan los elementos bióticos y abióticos en el campo para diseñar sistemas de cultivo que sean resilientes y sostenibles ([Altieri y Toledo, 2011](#)). Sin embargo, se manifiesta como un campo interdisciplinario que estudia los agroecosistemas, integrando el análisis de los procesos ecológicos, los ciclos de nutrientes y la biodiversidad en los sistemas de producción agrícola. Este movimiento agrupa a comunidades organizadas que buscan una vida digna mediante políticas públicas favorables y el establecimiento de redes de consumidores conscientes de productos agroecológicos.

Finalmente, en la práctica, la agroecología se materializa en los patrones de manejo adoptados por los agricultores, quienes aplican técnicas adaptadas a sus condiciones locales y combinan saberes ancestrales con innovaciones tecnológicas para lograr sistemas productivos sustentables. Su objetivo es comprender los procesos ecológicos y sociales que sostienen la producción de alimentos, promoviendo la conservación de la biodiversidad, la salud de los suelos, nutrición, producción sostenible, sin químicos peligrosos, con redes de distribución local, sin monocultivos, sin violencia.

([Altieri y Toledo, 2011](#); [Tolentino et al., 2018](#); [Ibarrola-Rivas et al., 2023](#)).

[Gallardo-López et al. \(2022\)](#) evidencian que el fortalecimiento de la educación agroecológica en México ha sido parcial, independiente de las iniciativas como las Escuelas de Campo, donde se revaloriza la migración y se enfoca en el desarrollo agropecuario. Cuidar la biodiversidad no puede hacerse sin tomar en cuenta a las comunidades que viven junto a ella, y en este sentido la educación ambiental invita a reflexionar y participar de manera colectiva ([Núñez-Tancredi, 2023](#)). Esta es clave para fortalecer la agroecología, comprender mejor los efectos del cambio climático y promover una alimentación más sostenible.

Para [González-Gaudiano et al. \(2019\)](#), la educación ambiental es clave para desarrollar resiliencia ante el cambio climático ya que fomenta pensamiento crítico sobre el sistema de producción, y analiza las diferentes visiones para la promoción de prácticas agrícolas regenerativas que restauren los campos abandonados o erosionados, así como las redes sociales y el intercambio no monetario de la nutrición y la biodiversidad. La educación ambiental juega un papel clave en el fortalecimiento de la agroecología y en la promoción de la conciencia sobre el cambio climático y la producción de alimentos.

Mediante enfoques de metodologías participativas, la educación ambiental fomenta competencias y valores que generan actitudes y comportamientos éticos ecológicos para un desarrollo humano sostenible e impulsa la transformación social. Sin descuidar el diálogo entre el conocimiento científico con los saberes tradicionales, fomentando en las comunidades rurales y urbanas una comprensión crítica de los procesos agroindustriales extractivistas. Esto se traduce en reducción en el uso de agroquímicos, una mayor diversificación de cultivos y la adopción de prácticas sostenibles que contribuyen a la mitigación de los efectos adversos del cambio climático ([Balderas-Plata, 2015](#)). Además, esta forma de educación sensibiliza tanto a

productores como a consumidores y a los responsables de la formulación de políticas públicas, impulsando la creación de redes de producción y comercialización basadas en principios de sostenibilidad ([Martínez-Valdés et al., 2020](#); [Gutiérrez-Pérez, et al., 2020](#); [Martínez-Martínez, 2022](#)).

Durante la pandemia de COVID-19, el avance de las tecnologías digitales transformó radicalmente el ámbito educativo, ofreciendo nuevas herramientas para la educación ambiental que permiten superar las barreras de la enseñanza presencial y facilitar el acceso a contenidos de alta calidad, incluso en regiones remotas y comunidades vulnerables ([Caride y Meira, 2020](#)); en este contexto, las plataformas de aprendizaje en línea como; AGROMEXICANO, Educación Redagrícola, FAO Campus para América Latina y el Caribe, las aplicaciones interactivas (Bert Salva la Tierra, coBochos, Ambiental Usta Tunja, Casa Verde) y los recursos digitales han posibilitado la realización de talleres virtuales, la elaboración de mapas de riesgo en tiempo real y la implementación de programas de capacitación continua para docentes, fortaleciendo la integración de saberes tradicionales y científicos en la enseñanza de la agroecología y en la mitigación de los efectos del cambio climático. En este sentido, el análisis de [Martínez-Martínez \(2022\)](#) evidencia que el modelo educativo vigente, especialmente en comunidades originarias, tiende a marginar los saberes ancestrales, acentuando desigualdades estructurales y limitando el acceso a prácticas agrícolas sostenibles. El artículo de [Herrera-Piñuelas y García-Ferrandis \(2025\)](#) analiza la disponibilidad y diversidad de recursos educativos que los gobiernos locales han desarrollado para la difusión y promoción de estos sistemas agrícolas tradicionales. Se encontró que solo el 10 % de los municipios mexicanos que aún tienen Milpa en su territorio han implementado recursos educativos específicos durante el periodo del 2000-2010. Por lo que destaca la necesidad de fortalecer el compromiso de las administraciones locales para generar conciencia sobre la importancia de la

educación ambiental y los sistemas agrícolas para fomentar su preservación.

La sensibilización, el rescate de prácticas tradicionales y la participación comunitaria son pilares fundamentales para fortalecer la soberanía alimentaria y la conservación del medio ambiente. No obstante, el éxito de estas iniciativas depende de políticas públicas que aseguren financiamiento estable, amplíen la cobertura en zonas rurales y promuevan una coordinación interinstitucional que garantice una transición agroecológica efectiva en México. ([Gutiérrez-Pérez et al., 2020](#); [Gallardo-López et al., 2022](#); [Bracamontes-Nájera et al., 2024](#)).

Desarrollo

En México y en el mundo la pandemia de COVID-19 puso en evidencia la fragilidad de los sistemas alimentarios globalizados y resaltó la importancia de la agroecología como alternativa resiliente y sostenible porque es un movimiento político que impulsa las prácticas agrícolas sin químicos, enfatiza el consumo local y la conservación de las semillas nativas y la conservación de la biodiversidad. La agroecología no es una simple aplicación técnica, debe entenderse como un proceso de innovación y coevolución entre las prácticas sociales y las dinámicas ecológicas, ([Giraldo, 2018](#)). Estas innovaciones permiten ampliar la cobertura educativa, mejorar la resiliencia social y ambiental y promover comportamientos responsables frente a los desafíos ecológicos.

Se podrían realizar estudios exhaustivos para revisar los proyectos de Agroecología en el país. De tal modo, se escogieron algunos casos que ejemplifican el impacto de la educación en la agroecología, pero para evaluarlos, fue necesario implementar metodologías medibles. Una metodología efectiva es el análisis de redes de conocimiento, que permite medir la difusión y adopción de prácticas agroecológicas dentro de comunidades campesinas ([Hernández et al., 2022](#)). Finalmente, la observación participativa y el registro de prácticas de enseñanza pueden proporcionar datos cualitativos sobre la efectividad de programas educativos en la

transición agroecológica ([Gutiérrez-Bastida, 2025](#)). En derivación, se realiza una compilación de estrategias y se analizan para evidenciar la categorización de las estrategias ejemplares.

Desigualdad en la aplicación regional

Se observa una marcada desigualdad en la implementación de la educación ambiental entre las zonas urbanas y rurales. En ciudades como Ciudad de México y Monterrey, se han creado espacios para dialogar, intercambio de conocimientos, prácticos, emocionales y mentales. Se fomenta la formación de comunidades y colectivos en huertos urbanos, que ayudan a comprender mejor la relación entre lo natural y lo humano. [Gutiérrez-Bastida \(2025\)](#) explora la importancia de la educación ecosocial como una evolución de la educación ambiental en respuesta a la crisis ecosocial global. Él propone la necesidad de una nueva ética ecosocial que promueva transiciones justas y sostenibles, abordando las causas del antropoceno y sus impactos. Esto implica no solo transmitir conocimientos sobre la crisis ecológica, sino también generar un cambio en la forma en que las personas interactúan con el medioambiente y con la sociedad. Se destacan principios clave como la ecoddependencia, la interdependencia y una ética ecosocial, las cuales son fundamentales para la transformación educativa. Se argumenta que el sistema educativo tradicional debe evolucionar hacia un modelo que priorice el aprendizaje crítico y la acción transformadora, y que promueva la participación de los estudiantes en la construcción de alternativas sostenibles. Lo antes mencionado, son valores que se comparten con la agroecología.

Un elemento importante en la docencia es el profesorado que desempeña un papel fundamental en la promoción de la educación ambiental; no obstante, su preparación en este ámbito sigue siendo limitada. De acuerdo con una entrevista realizada a docentes de la Sierra de Guerrero, el 90 % de las escuelas rurales indicaron no disponer de la infraestructura básica necesaria para promover la educación ambiental, como áreas verdes o materiales didácticos

especializados. Así mismo la falta de capacitación al docente es evidente, ya que, en otro estudio de caso, el 70 % de los maestros encuestados carecen de formación específica en temas de educación ambiental ([Gutiérrez-Pérez et al., 2020](#)). Además, el 80 % de los docentes considera que los recursos didácticos disponibles son inadecuados para la enseñanza de la agroecología por varias razones interrelacionadas: visión errónea y limitada de la agroecología, cultura educativa tradicional y productivista ([González-Gaudiano et al., 2019](#)).

La educación ambiental y la agroecología tratan de un campo que integra conceptos de las ciencias naturales, ciencias sociales, humanidades y arte, para promover una comprensión amplia del medio ambiente y fomentar prácticas sostenibles. El enfoque se limita a la enseñanza de las diferentes técnicas, y/o prácticas educativas; también involucra la construcción colectiva del conocimiento a través del diálogo de saberes, la investigación participativa y el fortalecimiento de redes de aprendizaje. La integración de la agroecología ocurre con el comercio local, la planificación regional y la educación ambiental. La distribución eficiente que aprovecha las oportunidades disponibles efectivas facilita una coordinación eficiente que aprovecha las oportunidades disponibles y garantiza la soberanía alimentaria. Estas acciones generadas fortalecen el compromiso en plazos cortos, medianos y largos, respondiendo así a las expectativas sostenibles ([Fletes-Ocón et al., 2023](#); [Martínez Valdés et al., 2020](#)).

Al analizar los casos ejemplares, se han categorizado para su entendimiento en una matriz de Eisenhower ([Tabla I](#)). Para lo cual se entenderá que “hacer”: constituyen las actividades que requieren atención inmediata y son cruciales para la transformación educativa y la integración de la agroecología; “Planificar”: son las acciones estratégicas que deben organizarse y programarse para asegurar su implementación eficaz en el mediano y largo plazo; y “delegar”: son las tareas que, si bien requieren acción rápida, pueden ser asignadas o delegadas para liberar recursos y focalizar esfuerzos en las actividades más críticas.

Tabla 1. Compilación de estrategias transversales para promover la agroecología, Comparación de estrategias con la matriz de Eisenhower.

Estrategia	Clasificación	Justificación	Fuente
Incorporación en el currículo educativo	Importante y urgente (Hacer)	• Establece la base teórica y práctica esencial. • Forma profesionales comprometidos con la agroecología. • Requiere acción inmediata ante la crisis climática.	Caride et al. (2025)
Capacitación docente en agroecología	Importante y urgente (Hacer)	• Evita que la transmisión de prácticas sostenibles se vea comprometida. • Es esencial para integrar efectivamente la agroecología en la educación ambiental. • Asegura los recursos necesarios para la implementación.	González-Gaudio et al. (2019)
Financiamiento de proyectos educativos agroecológicos	Importante y urgente (Hacer)	• Permite desarrollar programas y políticas de educación ambiental. • Promueve la agroecología en diversas regiones. • Facilita la participación.	Sabourin et al. (2018)
Aprendizaje basado en proyectos	Importante, pero no urgente (Planificar)	• Conecta la teoría con la práctica. • Su implementación puede desarrollarse de forma progresiva. • Conecta saberes tradicionales y científicos.	Gutiérrez-Pérez et al. (2020)
Redes de aprendizaje campesino	Importante, pero no urgente (Planificar)	• Fortalece la base comunitaria para la agroecología. • Su consolidación puede darse a mediano plazo. • Ofrece experiencias prácticas inmediatas.	Ávalos-Rodríguez et al. (2024)
Creación de huertos escolares	No importante, pero urgente (Delegar)	• Aunque es urgente, no es el núcleo central para una transformación educativa integral.	Armienta-Moreno et al. (2019) ; Trejo-Morales et al. (2025)
Mercados agroecológicos y consumo responsable	No importante, pero urgente (Delegar)	• Conecta productores y consumidores sostenibles a corto plazo. • Su impacto depende de otros factores estructurales.	Bustamante et al. (2020)
Certificaciones participativas	No importante, pero urgente (Delegar)	• Facilitan el acceso de pequeños productores a mercados diferenciados. • Son operativas y urgentes, pero tienen un rol menor en la transformación educativa global.	Le Coq et al. (2020)

Prospectiva

La integración de la educación ambiental en la promoción de la agroecología es la clave para la adopción y construcción de sistemas alimentarios más justos, sostenibles y resilientes. Entre las principales aportaciones destacan: el fortalecimiento de la soberanía alimentaria mediante la vinculación de saberes locales, el aumento de la adaptación ante el cambio climático gracias a sus prácticas regenerativas, la

reducción del uso de agroquímicos y la dependencia externa, el empoderamiento de comunidades rurales, y la generación de políticas públicas basadas en evidencia.

En reflexión para lograr estos beneficios, es recomendable: introducir la educación ambiental crítica en todos los niveles educativos. Diseñar las metodologías y los procesos para la formación de docentes y proveer los recursos didácticos adecuados. Promover redes de colaboración entre

productores, consumidores, académicos y gobierno. Esta reflexión proporciona un horizonte posible para avanzar hacia una transición agroecológica más robusta.

Referencias

- Altieri, M. A. & Toledo, V. M. (2011). The agroecological revolution in Latin America: rescuing nature, ensuring food sovereignty and empowering peasants. *Journal of Peasant Studies*, 38(3), 587-612. <https://doi.org/10.1080/03066150.2011.582947>
- Armienta-Moreno, D. E., Keck, C., Ferguson, B. G., & Saldivar Moreno, A. (2019). Huertos escolares como espacios para el cultivo de relaciones. *Innovación Educativa (México, DF)*, 19(80), 161-178. <https://www.ipn.mx/innovacion//numeros-antteriores/innovacion-educativa-80.html>
- Ávalos-Rodríguez, M. L., Alvarado-Flores, J. J. & Alcaraz-Vera, J. V. (2024). *Las escuelas de campo para el manejo comunitario del bosque en casos de Jalisco, México: Un análisis desde el decrecimiento sostenible*. en *Sostenibilidad y desarrollo regional de cara a los desafíos socioambientales*. Universidad Nacional Autónoma de México. (pp. 49-64). Instituto de Investigaciones Económicas y Asociación Mexicana de Ciencias para el Desarrollo Regional.
- Balderas-Plata, M. Á. (2015). Educación ambiental popular para el manejo sustentable de recursos naturales. *Sociedade & Natureza*, 27(2), 257-267. <https://doi.org/10.1590/1982-451320150210>
- Bustamante, R. G., Rueda, H. N. R., & Tovar, L. G. (2020). Experiencias de economía solidaria y consumo responsable en mercados agroecológicos en México: aprendizajes y desafíos. *Organizações Rurais & Agroindustriais*, 22(2), e1575-e1575. <https://www.revista.dae.ufba.br/index.php/ora/article/view/1575/665>
- Bracamontes-Nájera, L., Benítez, M., Pasquier-Merino, A. G. & Ibarrola-Rivas, M. J. (2024). Transdisciplinary and systemic construction of a framework for assessing the sustainability of alternative food networks in Mexico City. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 48(10), 1514-1543. <https://doi.org/10.1080/21683565.2024.2399060>
- Caride, J. A. & Meira, P. (2020). La educación ambiental en los límites, o la necesidad cívica y pedagógica de respuestas a una civilización que colapsa. *Pedagogía Social Revista Interuniversitaria*, 36, 21-34. https://doi.org/10.7179/PSRI_2020.36.01
- Caride, J. A., Gutiérrez-Pérez, J. & Meira-Cardesa, P. Á. (2025). Las narrativas climáticas en las agendas educativas: Sobre el valor del tiempo para la investigación pedagógica y las políticas ambientales. *Revista Española de Pedagogía*, 83(290), 83-103. <https://doi.org/10.22550/2174-0909.4147>
- Fletes-Ocón, H. B., Ocampo-Guzmán, G. & Rojas-Pérez, H. S. (2024). *Producción de conocimientos en la transición agroecológica: Experiencia de intervención en México*. Universidad Autónoma de Chiapas. <https://ru.iiec.unam.mx/6089/>
- Gallardo-López, F., Landini, F., and Hernández-Chontal, M. A. (2022). The productive orientation of rural extensionists in the regions of Mexico: a key element for agroecological transition. *Sustainability*, 14(7), 4062. <https://doi.org/10.3390/su14074062>
- Giraldo, O. (2018). *Ecología Política de la Agricultura: Agroecología y Posdesarrollo*. El Colegio de la Frontera Sur. https://www.researchgate.net/publication/323392946_Ecologia_politica_de_la_agricultura_Agroecologia_y_posdesarrollo
- González-Gaudiano, É. J., Bello-Benavides, L., Maldonado-González, A. L., Cruz-Sánchez, G. E. & Méndez-Andrade, L. M. (2019). Nuevos desafíos para la educación ambiental: La vulnerabilidad y la resiliencia social ante el cambio climático. *Cuadernos de Investigación*

- UNED, 11(1), 71-77.
https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=SI659-42662019000100071
- Gutiérrez-Bastida, J. M. (2025). De qué hablamos cuando hablamos de educación ecosocial. *Revista de Educación Ambiental y Sostenibilidad*, 6(2), 2101.
https://doi.org/10.25267/Rev_educ_ambient_sostenibilidad.2024.v6.i2.2101
- Gutiérrez-Pérez, J., Meira-Carteá, P. Á. & González-Gaudiano, É. J. (2020). Educación y comunicación para el cambio climático. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 25(87), 819-842.
<https://ojs.rmie.mx/index.php/rmie/article/view/267/521>
- Hernández, C., Perales, H., and Jaffee, D. (2022). Without Food there is No Resistance: The impact of the Zapatista conflict on agrobiodiversity and seed sovereignty in Chiapas, Mexico. *Geoforum*, 128, 236–250.
<https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2020.08.016>
- Herrera-Piñuelas, I. A. & García-Ferrandis, I. (2025). Análisis comparativo de recursos educativos sobre la Milpa y la Huerta en portales electrónicos de administraciones locales. *Revista de Educación Ambiental y Sostenibilidad*, 6(2), 2305.
https://doi.org/10.25267/Rev_educ_ambient_sostenibilidad.2024.v6.i2.2305
- Ibarrola-Rivas, M.J., Orozco-Ramírez, Q. and Guibrunet, L. (2023). How much of the Mexican agricultural supply is produced by small farms, and how? *PLoS ONE*, 18(10), 0292528.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0292528>
- Le Coq, J. F., Patrouilleau, M. M., Sabourin, E. & Niederle, P. A. (2020). Políticas públicas que promueven la agroecología en América Latina. *CIRAD*. <https://agritrop.cirad.fr/595271/>
- Martínez-Martínez, M. A. (2022). Descolonizar la escuela: Educación por la justicia en comunidades originarias del sureste de México. *Revista Internacional de Educación para la Justicia Social*, 11(1), 101-117.
<https://doi.org/10.15366/riejs2022.11.1.006>
- Martínez-Valdés, M. G., Mercado-Mancera, G., Rivera-Custodio, E. & Virgilio-Méndez, V. H. (2020). Aspectos que influyen en el desarrollo de la seguridad alimentaria en el sector social. *Población y Desarrollo*, 26(51), 51–70.
<http://dx.doi.org/10.18004/pdfce/2076-054x/2020.026.51.051>
- Núñez-Tancredi, I. S. (2023). La conservación de la fauna silvestre desde la educación ambiental y la participación social. En Babb-Stanley K. A., Gómez-Álvarez G.G., Villegas A. (Eds.) *Perspectivas y aportaciones al conocimiento, manejo y conservación de la fauna silvestre en el Siglo XXI. Selección de conferencias dictadas en el seminario Rafael Martín Del Campo*. pp346-445. Universidad Nacional Autónoma de México.
https://www.researchgate.net/profile/Jose-Alberto-Cruz/publication/373174198_La_fauna_y_sus_interacciones_a_traves_del_tiempo_Una_perspectiva_para_su_conservacion/links/64de9ab4caf5ff5cd0c36790/La-fauna-y-sus-interacciones-a-traves-del-tiempo-Una-perspectiva-para-su-conservacion.pdf
- Sabourin, E., Le Coq, J. F., Fréguin-Gresh, S., Marzin, J., Bonin, M., Patrouilleau, M. M., Vázquez, L., & Niederle, P. (2018). ¿Qué políticas públicas promueven la agroecología en América Latina y el Caribe?. *Perspective*, 45, 1-4.
<https://dx.doi.org/10.19182/perspective/31707>
- Trejo-Morales, L., Álvarez-Ávila, M. D. C., López-Armas, M. H., Asiain-Hoyos, A., & Reta-Mendiola, J. L. (2025). Huertos escolares bajo el marco de la Nueva Escuela Mexicana en Coatepec, Veracruz. *Estudios Sociales Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional*, 35 (66), 1-29.
<https://doi.org/10.24836/es.v35i66.I597>
- Tolentino, M. J. M., Larroa, T. R. M., Renard, H. M.C., & Del Valle, R. M. C. (2018).

Sistemas Agroalimentarios Localizados y prácticas agrícolas tradicionales: Hacia una propuesta de política pública para el desarrollo rural. Yod Estudio.
https://ru.iiec.unam.mx/4990/1/Libro_SIA_L-y-practicas-agricolas-tradicionales.pdf

Innovación tecnológica del manejo de residuos del café: ¡Una tisana de café, por favor!

Technological innovation in coffee waste management: A coffee infusion, please!

¹José Antonio Ibáñez-García , ²Damián Xotlanihua-Flores 

¹Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico Superior de Zongolica. Zongolica, Veracruz, México. ²Centro de Investigación en Ciencias Sociales y Humanidades de la Universidad Veracruzana. Veracruz, México. ³Autor de correspondencia: (damian_xotlanihua_pd314@zongolica.tecnm.mx).

Resumen

En la región cafetalera de las altas montañas de Veracruz, se consume el café en su calidad de segunda, porque las primeras calidades se venden con intermediarios, por lo que, se exportan. Además, la cultura de consumo del café de especialidad y las tisanas de café se desconoce. Dicho desconocimiento, genera en las familias cafetaleras la falta de valor agregado en la venta de sus productos. Ante dicha situación, este artículo tiene el objetivo de generar una sinergia con efectos positivos a nivel socioeconómico y socioambiental en las comunidades cafetaleras a partir de la difusión del café de especialidad y las tisanas en festivales regionales, mercados artesanales y ferias agroecológicas de Veracruz. En conclusión, los resultados evidencian estrategias de generación de valor agregado en cafés de especialidad y tisanas, de este último, su potencial uso de 93 compuestos bioactivos para la generación de subproductos como mermeladas y salsas de café.

Palabras clave: manejo de residuos del café, tisanas de café, comercio justo.

Abstract

In coffee region of the high mountains of Veracruz, Mexico, local families mainly consume second-grade coffee because high-quality beans are sold through intermediaries for export. In addition, limited knowledge of specialty coffee and coffee-based infusions has hindered the development of value-added products within coffee-growing communities. This study analyzes strategies to promote specialty coffee and coffee infusions as value-added products through regional festivals, artisan markets, and

agroecological fairs. The proposed approach integrates socioeconomic and socio-environmental perspectives to strengthen local commercialization and encourage sustainable rural development. The findings highlight opportunities for generating added value from specialty coffee and coffee infusions, including the identification of 93 bioactive compounds with potential applications in innovative products such as coffee jams and sauces. These strategies contribute to diversifying income sources while promoting the sustainable use of coffee resources in coffee-growing communities.

Index words: coffee waste management, coffee teas, fair trade.

Introducción

En el mundo del café existen distintos procesos de beneficiado húmedo y seco (lavados, honys, naturales, macerados, carbónicos, entre otros), como formas de preparar la amarga y aromática bebida. No obstante, un porcentaje alto de familias productoras y consumidores de las altas montañas de Veracruz, desconocen las calidades y los subproductos del manejo de los residuos del café. Lo cierto es que, el café significa más que una bebida: es un modo de vida y vida misma; es alimento, historia y cultura; café es montañas, árboles, ríos, personas, amor, poder y dulzura ([Barrera, 2024](#)). En términos económicos a nivel nacional, el café es el segundo producto más comercializado del mundo, sólo superado por el petróleo. Sin embargo, el valor agregado es menor para las familias productoras de café ([Xotlanihua y Crespo, 2024](#)). La producción de café genera importantes beneficios sociales, económicos y ambientales, sustentando la vida de numerosas

familias campesinas en países en desarrollo ([Briceño et al., 2025](#)).

En lo referente a los residuos del café, se estima la existencia de cerca de 791.2 millones de bolsas/60 kg de subproductos/desechos en países productores y consumidores por la producción mundial del café en 2024/2025 ([ICO, 2025](#)). A nivel mundial existen pocos estudios sobre la reutilización de subproductos y desechos del café. Las investigaciones identificadas en fuentes bibliográficas se centran en la elaboración de compostas y biofertilizantes ([Pongsiriyakul et al., 2024](#)). Sin embargo, recientes investigaciones realizadas en la Sierra de Zongolica, Veracruz, evidencian que los subproductos (pulpa de la cereza, fajilla del pergamino y café gastado) tienen un alto valor cultural, comunitario y productivo en su reutilización en la generación de bebidas, alimentos y productos para la salud y belleza ([Bojórquez-Quintal et al., 2024](#)).

El objetivo de este trabajo es generar una sinergia con efectos positivos a nivel económico, ambiental y social en las comunidades cafetaleras a partir de su difusión del café de especialidad y las tisanas en festivales regionales, mercados artesanales y ferias agroecológicas. La metodología para difundir su calidad y el manejo de los residuos, se realizó desde un enfoque mixto de metodologías horizontales (cualitativo y cuantitativo), durante un periodo de cuatro meses, se planteó repensar los procesos de producción de conocimiento en las ciencias sociales, agrícolas y biológicas, poniendo especial énfasis en dos aspectos: el diálogo como condición central en la investigación, en el que los sujetos se construyen de forma permanente a partir de las relaciones con los otros; y la horizontalidad, como perspectiva epistemológica, que cuestiona las normas, los saberes y las prácticas institucionalizadas ([Cabaluz, 2015](#)).

El diálogo y la horizontalidad se evidencian en la participación y difusión de los cafés de especialidad y las tisanas de café en un festival de cempoalxochitl organizado por familias floricultoras con la participación de familias cafetaleras con el objetivo de difundir los

productos agrícolas, así como en el potencial del manejo de los residuos del café, a través de un análisis del perfil metabolómico de la pulpa del café basado en HPLC-ESI-HRMS para la identificación de sus compuestos bioactivos y su uso en bebidas y alimentos.

Desarrollo

Los diversos factores económicos afectan a los campesinos mexicanos en términos técnico-productivos y económicos, como los costos de producción mayores que en comparación a los costos de la venta final del producto, la volatilidad de los precios de compra del café, entre otros. Además, los factores ambientales, como cambios climatológicos ocasionan indirectamente, enfermedades como la roya y la baja en la productividad. Como alternativa, un porcentaje del 30 % de las unidades de producción familiar cafetaleras de la Sierra de Zongolica se insertó en los mercados de café orgánico, comercio justo y de especialidad, a partir de los parámetros de calidad de la Asociación de Cafés de Especialidad, por sus siglas en inglés SCA.

En la Sierra de Zongolica, tres son las estrategias que se han identificado en relación con la venta de café y la búsqueda de mercados alternativos. La primera, la producción de café de alta calidad, como el café orgánico y agroecológico (arábico y robusta). La segunda, incorporarse al Comercio Justo (CJ) de la venta de café pergamino, verde, tostado y molido (arábico y robusta). La tercera, participar en la certificación 4C, que es un Código Común para la Comunidad Cafetalera, el cual certifica que la producción de café se realiza por una organización de forma sustentable en la producción, transformación y comercialización de todo el café verde ([CCCC, 2021](#)).

La divulgación de las estrategias está a cargo de diferentes organizaciones que, bajo el sello de lo orgánico, la sustentabilidad y el comercio justo buscan fortalecer la ideología de una agricultura respetuosa de la naturaleza.

Los mercados alternativos se caracterizan por otorgar valor al manejo de los recursos naturales

(agricultura orgánica, agroecológica y biodinámica); motivar la participación de múltiples actores con responsabilidad compartida; establecer un precio mínimo de compra (comercio justo); y fortalecer la acción colectiva de servicios de certificación de pequeños y medianos productores (Reyes et al., 2020). La idea de alternativo, con relación al mercado, debe ser entendida como la forma en que rompen con la visión de reducción de costos, como estrategia de inserción a un mercado de masas. Lo alternativo, ciertamente, puede venir por ser éticamente correcto en lo social y ambiental, a partir del cumplimiento de normas y procedimientos técnicos y organizacionales.

No obstante, el acceso a estos mercados no necesariamente emerge de procesos de organización local, que fortalezcan el tejido social territorial. En la realidad de la vida cotidiana, de las familias cafetaleras de la Sierra de Zongolica, se identificó que existen procesos de mercados alternativos apropiados por intermediarios, como estrategia de reacomodo del mercado global, es decir, funcionan como apuestas de inversión y actualización de los acaparadores/compradores de la región.

En los últimos 10 años, ha crecido la confianza al mercado de café de especialidad, cada vez más, los compradores de los mercados estadounidenses y europeos demandan procesos lavados, honeys y naturales. Para que un café sea considerado de calidad debe cumplir con los estándares que establece la SCA, priorizando que sea un producto con tendencia artesanal, libre de defectos primarios, olores impuros, con origen, excelente puntaje en taza (mínimo 80 puntos), que le permite ingresar a esquemas de comercio internacional. El proceso de internalización, del café de especialidad en la Sierra de Zongolica, emerge, en un primer momento, de las características agroambientales de las comunidades cafetaleras que son consideradas por las comercializadoras de cafés de especialidad (Ensamble Cafés Mexicanos, Centro Agroecológico del Café A.C., Fondo para la Paz y World Vision) como una región con alto potencial para el mercado de cafés de especialidad

y, en segundo, por la adopción de los sistemas de producción de café agroecológicos, insertados en la matriz cultural de las comunidades que colaboran con las empresas de cafés de especialidad (Xotlanihua, 2021).

Las condiciones de compra, que establecen las comercializadoras de cafés de especialidad, generan cuestionamientos por parte del sector académico: ¿quiénes realmente se benefician de los cafés de especialidad? Soletto y Cruz (2017) plantean una situación parecida a la que sucede en la Sierra de Zongolica, la cual acontece con los campesinos de La Sepultura, Chiapas, donde los beneficios de las certificaciones de café orgánico no han reducido la vulnerabilidad de los productores; contrariamente, han beneficiado a empresas como Starbucks® e intermediarios entre productores. Lo anterior ha promovido un lavado de imagen, evidente en el marketing que se avizora puede generarse entre las comercializadoras de cafés de especialidad de Veracruz con las unidades de producción familiar cafetaleras de la Sierra de Zongolica. Esta circunstancia ha sido nombrada, por otros autores, como ecocolonialismo o colonialismo verde (Klein, 2016).

De acuerdo a las observaciones en los módulos de compra de las comercializadoras de cafés de especialidad, recorridos a nivel parcela y entrevistas realizadas a los integrantes de las unidades de producción familiar cafetaleras, que trabajan con las tres comercializadoras de cafés de especialidad, existe un sentir generalizado respecto a los proyectos en los que han participado, que consideran a largo plazo y con exigencias, para la compra del café, cada vez mayores. De acuerdo al trabajo de campo, se identificó que, por ejemplo, las evaluaciones físicas y sensoriales, agregan que, los cafés ofertados para la venta, deben de cumplir con humedad de entre 10 % y 12 %; actividad en agua de entre 70 % y 75 %; y rendimiento de grano de café verde exportable mayor al 70 %. Los cafés que no cumplen con un puntaje mínimo de 80 puntos, de acuerdo con el protocolo SCA y con los requisitos de humedad, actividad en agua y rendimiento son rechazados,

lo que genera cuestionamientos por no considerar la posibilidad de cumplir con lo solicitado, por cuestiones ajenas a las familias cafetaleras, es decir, por factores ambientales y sociales. Por ejemplo: la roya, la mancha del café y los problemas de rendimiento.

Una de las estrategias formuladas por las unidades de producción familiar, para contrarrestar la presencia de las grandes empresas y comercializadoras agroalimentarias convencionales y de especialidad, es la creación de circuitos cortos de comercialización basados en la relación directa entre productores y consumidores en ámbitos regionales bien determinados ([González y Durand, 2020](#)). En la Sierra de Zongolica, el surgimiento de redes de comercialización y participación en ferias, mercados artesanales, entre otros, impulsadas, desde lo local, con enfoque de circuitos cortos de comercialización, es una estrategia de resistencia, ante la situación de control y dependencia a intermediarios, en la que las familias cafetaleras, se han organizado para generar un consumo local, y atraer a compradores y cafeterías nacionales.

“¡Una tisana de café, por favor!” por duodécima vez en el día, un productor de café escuchó a un cliente solicitar una taza de tisana de

café en el marco de la primera feria del cempoalxochitl en Rafael Delgado, Veracruz, el 25 de octubre de 2025 ([Figura 1](#)). A pesar de los ingresos procedentes de la venta del café de especialidad y su difusión en el festival, las familias productoras de café invitadas, ofertaban como cortesía una taza de tisana de café, aspecto que generó mayor venta del producto derivado del manejo de los residuos del café, así como canales de circuitos cortos de comercialización para futuras ventas, además, el valor agregado del producto y subproducto quedó dentro de los ingresos de las familias cafetaleras.

La tisana de café, es una bebida que se prepara a partir de la cáscara de café deshidratada (la pulpa de la cereza), es una infusión antioxidante y abundante en fibra con notas frutales, miel y tamarindo ([Figura 2](#)). Su preparación consiste en la mezcla de 10 g de cáscara en 250 mL de agua caliente de cinco a siete minutos, se caracteriza por su sabor ligero y agradable al paladar.

De acuerdo a los extractos de cereza y cáscara de café analizados en el Laboratorio de LADIPA ([Tabla 1](#)), las 93 moléculas detectadas se clasificaron en 13 grupos de metabolitos primarios y secundarios.



Figura 1. Festival Cempoalxochitl. Fuente. Elaboración de los autores.

Los resultados evidencian que los compuestos bioactivos de la pulpa del café, además, del reporte de uso de saberes comunitarios, ofrecen a las unidades de producción familiar cafetaleras, la oportunidad de utilizarse y reciclarse en la producción de bebidas, productos lácteos y de panadería como antioxidantes y colorantes, así

como en la industria farmacéutica. Otra oportunidad de utilidad de la pulpa de cereza es su aplicabilidad en productos antienvjecimiento y antiarrugas, así como agentes protectores en diversos cosméticos



Figura 2. Tisana de café. Fuente. Elaboración de los autores.

Tabla I. Identificación de compuestos bioactivos y usos potenciales.

93 moléculas divididas en grupos de metabolitos	Beneficios o posibles usos
12 Ácidos orgánicos	Conservación de alimentos, reguladores de acidez y mejoradores de la salud intestinal en animales.
5 Azúcares	Alimentos y bebidas energéticas.
5 Ácidos grasos	Elaboración de farmaceuticos
2 Diglicéridos	Elaboración de repostería.
1 Aminoácido	Elaboración de bebidas energéticas.
18 Fosfolípidos	Elaboración de famaceuticos para proteger el hígado y el corazón.
7 Vitaminas	Elaboración de alimentos y bebidas con gran cantidad de nutrientes esenciales.
5 Ácidos fenólicos	Elaboración de productos con alto nivel de antioxidantes.
11 Flavonoides	Elaboración de bebidas y alimentos con antioxidantes, son de beneficio para disminuir la inflamación del cuerpo.
8 Ácidos Clorogénicos	Elaboración de productos con alto nivel de antioxidantes.
17 Flavonas	Elaboración de productos con alto nivel de antioxidantes.
1 Terpeno.	Elaboración de productos aromáticos.

Fuente: [Bojórquez-Quintal et al. \(2024\)](#).

Prospectiva

La situación de la competitividad del café, a nivel mundial, evidencia que es necesario capacitar a familias productoras y consumidores en el potencial de los cafés de especialidad y tisanas de café, así como buscar rutas alternativas de circuitos cortos de comercialización y difusión de los mismos en festivales regionales. De tal manera, es posible asegurar que el valor agregado que paga el consumidor final, se vea reflejado en el aumento de los ingresos de las unidades de producción familiar y, esto, a su vez, en la mejora de la calidad de vida de las comunidades y sus ecosistemas agrícolas, para erradicar la dependencia de intermediarios; capacitarse en los distintos procesos de la cadena productiva del café; y establecer estrategias que potencialicen que los ideales de agricultura responsable con el ambiente, comercio justo, solidaridad y valores éticos se apliquen en la práctica y en beneficio de los agricultores.

Agradecimientos

Al Instituto Tecnológico Superior de Zongolica por brindar la oportunidad de desarrollar el proyecto “Innovación tecnológica para el manejo de residuos del café como una alternativa sostenible en la Sierra de Zongolica”, así como al Tecnológico Nacional de México por el financiamiento a dicho proyecto a través de la convocatoria 2025 proyectos de investigación científica, desarrollo tecnológico e innovación.

Al Tecnológico Superior de Zongolica por permitir el desarrollo de la tesis de maestría en Ciencias en Desarrollo Regional y Tecnológico del estudiante José Antonio Ibáñez García, titulada “Análisis de la viabilidad económica y uso potencial de la floricultura en Rafael Delgado, Veracruz” dirigida por el Dr. Damián Xotlanihua Flores.

A las unidades de producción familiar cafetaleras de la Sierra de Zongolica y a los floricultores de Rafael Delgado, por su trabajo colaborativo en el trabajo de campo y realización del festival del cempoalxochitl.

Al Laboratorio de Análisis y Diagnóstico del Patrimonio (LADIPA) del Colegio de Michoacán A.C., Centro de Investigación perteneciente a la SECIHTI por la realización del perfil metabolómico de la pulpa del café basado en HPLC-ESI-HRMS.

Referencias

- Barrera, G. J. F. (2024). *Historia para tomar café*. Consejo Nacional de Humanidades Ciencia y Tecnologías. FCE.
<https://www.fondodeculturaeconomica.com/Ficha/9786071686589/F>
- Briceño, J., Iñiguez, V. & Aguirre, N. (2025). El café en Zamora Chinchipe: Patrones de consumo y percepciones sobre el café orgánico. *Bosques Latitud Cero*, 15(2), 43-54.
<https://doi.org/10.54753/blc.v15i2.2422>
- Bojórquez-Quintal, E., Xotlanihua, D., Bacchetta, L., Dretto, G., Maccioni, O., Frusciante, S., Rojas, L. M. & Sánchez, E. (2024). Compuestos bioactivos y valorización de subproductos del café desde el origen: un modelo de economía circular de las prácticas locales en Zongolica, México. *Plantas*, 13(19), 2741.
<https://doi.org/10.3390/plants13192741>
- Cabaluz, F. (2015). “Horizontes de posibilidad para la construcción de proyectos políticos-pedagógicos comunitarios”, en Fabián Cabaluz (ed.) *Entramando pedagogías críticas latinoamericanas*. Editorial Quimantú, Chile.
<https://www.redalyc.org/pdf/834/83445564004.pdf>
- Common Code for the Coffe Community (CCCC). (2021). *Common code for the coffee community*. I. <https://www.4c-services.org/>
- González, A. y Durand, G. (2020). “Comercio justo, mercados locales, los retos de la replicabilidad y del cambio de escala. Análisis de casos latinoamericanos” en González, A. y Nigh, R. (coords.), «*La comida de aquí*» *Retos y realidades de los circuitos cortos de comercialización*. Centro de Investigaciones

- Multidisciplinarias sobre Chiapas y la Frontera Sur y Universidad Nacional Autónoma de México, pp. 63-84. <https://vizcainas.xelibrary.com/bib/4444>
- Organización Internacional del Café (ICO). (2025). *Informe y perspectivas del café*. Londres, Reino Unido. 1. <https://ico.org/es/specialized-reports/>
- Klein, N. (2016), "Let them drown: The violence of othering in a warming world". *London Review of Book*, 38(11), 11-14. https://www.cabinetmagazine.org/information/press/london_review_of_books_june_2016_conflict_shoreline.pdf?utm_source=copilot.com
- Pongsiriyakul, K., Wongsurakul, P., Kiatkittipong, W., Premashthira, A., Kuldilok, K., Najdanovic-Visak, V., Adhikari, S., Cognet, P., Kida, T. & Assabumungrat, S. (2024). Upcycling Coffee Waste: Key Industrial Activities for Advancing Circular Economy and Overcoming Commercialization Challenges. *Procesos*, 12(12), 2851. <https://doi.org/10.3390/pr12122851>
- Reyes, A., González A., Saldívar, A. & Morales, H. (2020). "Entre lo sano y lo cercano: construcción de una opción de certificación participativa", en González, A. y Nigh, R. (coords.), «*La comida de aquí*» *Retos y realidades de los circuitos cortos de comercialización*. Centro de Investigaciones Multidisciplinarias sobre Chiapas y la Frontera Sur y Universidad Nacional Autónoma de México. 205-240.
- Soletto, I. & Cruz, J. (2017). "¿Quién se beneficia de las certificaciones de café orgánico? El caso de los campesinos de La Sepultura, Chiapas". *Revista Pueblos y Fronteras Digital*, 12(23), 126-148. <https://doi.org/10.22201/cimsur.18704115e.2017.23.290>
- Xotlanihua, D. (2021). Metodología para el análisis del paisaje cafetalero como un sistema de autoprotección ante crisis ambientales en Tlecuaxco, Veracruz. *Punto Cunorte*, 1(12), 69-97. <https://doi.org/10.32870/punto.v1i12.96>
- Xotlanihua, D. & Crespo, L. (2024). Exportaciones del café mexicano a los mercados estadounidense y alemán. *Revista Iberoamericana de Viticultura, Agroindustria y Ruralidad*, 11(32), 150-169. <https://doi.org/10.35588/rivar.v11i32.5971>