



Desde el Herbario CICY

Revista de divulgación científica editada por la Unidad de Recursos Naturales

El tepozán (*Buddleja cordata*): el valor de una especie ignorada

Raíces nuevas para un fruto viajero: el kiwi en México

¿Qué comemos cuando comemos?

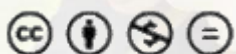
Evolución de la sociabilidad y la cooperación en las abejas

Las puertas del nitrógeno en las plantas: mucho más que simples vías de nutrición vegetal

Agroecología: cultivar alimentos cuidando la vida

<https://www.inaturalist.org/observations/1626935>

<https://www.inaturalist.org/observations/131810272>



ISSN: 2395-8790

https://www.cicy.mx/sitios/desde_herbario

Vol. 17, Núm. 11. Noviembre de 2026

Contenido

4 Instrucciones para los autores

5 Desde el comité editorial

6 Celebraciones del mes

6 1 de noviembre: Día Mundial de la Ecología, la ciencia de las conexiones

7 La especie del mes: Cempasúchil (*Tagetes erecta* L.), patrimonio biocultural de México

8 Ensayos del mes

8 El tepozán (*Buddleja cordata*): el valor de una especie ignorada

12 Raíces nuevas para un fruto viajero: el kiwi en México

17 ¿Qué comemos cuando comemos?

22 Evolución de la sociabilidad y la cooperación en las abejas

27 Las puertas del nitrógeno en las plantas: mucho más que simples vías de nutrición vegetal

33 Agroecología: cultivar alimentos cuidando la vida

37 Próximo número

Directorio

COMITÉ EDITORIAL 2026-2027

Editor General

Jaime Martínez Castillo

Editores de producción

Alfredo Dorantes Euan

Ariadna Ibarra Morales

Editores Asociados

Germán Carnevali Fernández-Concha

Ivón M. Ramírez Morillo

Luz María del Carmen Calvo Irbien

Manuel Martínez Estévez

Juan Manuel Dupuy Rada

Luis Alexander Peña Peniche

Pilar Angélica Gómez Ruiz

María Azucena Canto Aguilar

Mariana Chávez Pesqueira

Ivonne Sánchez del Pino

Casandra Reyes García

Rodrigo Duno de Stefano

Javier Orlando Mijangos Cortés

Patricia Rivera Pérez

José Luis Andrade Torres

José Luis Hernández Stefanoni

María Guadalupe Carrillo Galván

José Viccon Esquivel

Virginia Aurora Herrera Valencia

Oscar Alberto Moreno Valenzuela

Jorge Carlos Trejo Torres

Eduardo Cejudo Espinosa

Ramón Mariaca Méndez

Luz Adriana Pérez Solano

Jorge Urdapilleta Carrasco

Diseño Editorial

Norma Marmolejo Quintero

Sitio web

José Fernely Aguilar Cruz

Diseño para redes sociales y difusión

Erika Gabriela Cano León

Desde el Herbario CICY es una publicación mensual editada por la Unidad de Recursos Naturales del Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C. Reserva de Derechos al Título Exclusivo No. 04-2018-062011020800-203, otorgado por el Instituto Nacional del Derecho de Autor, ISSN: 2395-8790. Desde el Herbario CICY –DHCICY– © 2026 by Editor General DHCICY is licensed under CC BY-NC-ND 4.0. To view a copy of this license, visit <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>. Las opiniones expuestas por los autores no necesariamente expresan la postura de los editores. La responsabilidad sobre la veracidad y la precisión de los contenidos corresponde a los autores de los ensayos.

Desde el Herbario CICY –DHCICY– es una revista fundada en 2009 por la Dra. Ivón M. Ramírez Morillo y los Dres. Germán Carnevali Fernández-Concha y Rodrigo Duno de Stefano, investigadores de la Línea de Sistemática y Florística de la Unidad de Recursos Naturales del Centro de Investigación Científica de Yucatán, encargados del Herbario CICY.

DHCICY se especializa en la divulgación científica, con énfasis en temas de la biología vegetal en sus diferentes niveles de organización y enfoques de estudio, así como en sus interacciones con otros seres vivos (animales, hongos, microorganismos). También, acepta ensayos de otras áreas científicas que aborden temas relacionados con las plantas u otros organismos. Siendo el objetivo central la divulgación científica, transmitida de forma amena y accesible a la sociedad, se recomienda que los autores dominen el tema a tratar para presentar la información de forma resumida y escribir un ensayo fácilmente entendible por un lector no versado en el tema, manteniendo siempre la calidad científica. Se recomienda que el ensayo tenga una línea narrativa que incluya el planteamiento de una interrogante o hipótesis científica y su resolución o posibles escenarios explicativos. Los ensayos descriptivos son también aceptables, siempre y cuando contengan aspectos novedosos o relevantes del tema abordado. Comentarios sobre eventos científicos (o de la historia de la ciencia), así como reseñas de libros, artículos u otras publicaciones de relevancia para la comunidad científica nacional e internacional son bienvenidos. Por la naturaleza de **DHCICY**, se recomienda ampliamente que el ensayo contenga imágenes de alta calidad, las cuales estén relacionadas con el tema abordado; estas permitirán atraer la atención del público y también le darán al ensayo un mayor realce y difusión en redes sociales. El Comité Editorial de **DHCICY** velará por el mantenimiento de estos valores de calidad científica, literaria y editorial. Los ensayos podrán ser publicados en español o inglés. Para más información visitar el sitio https://www.cicy.mx/sitios/desde_herbario. En caso de interés de publicar en DHCICY, enviar sus manuscritos o escribir al correo electrónico: desde.el.herbario@cicy.mx.

Instrucciones para los autores

Desde el Herbario CICY es un espacio para compartir ciencia y naturaleza con la sociedad. Invitamos a estudiantes, investigadores y amantes de la biodiversidad a colaborar con artículos de divulgación claros, creativos y accesibles.

Guía corta (Para más información, ir a https://www.cicy.mx/sitios/desde_herbario).

Título. Breve, conciso y que refleje el contenido del manuscrito (máx. 15 palabras). Escribirlo en altas y bajas, centrado; nombres científicos en cursivas, sin la autoría del taxón.

Nombre de los autores, adscripción y correo electrónico. Máximo cuatro autores. Escribir los nombres completos: nombre de pila en altas y bajas, apellidos en altas y bajas, alineados al centro. Incluir nombre de la institución de adscripción, dirección de cada autor y el correo electrónico de uno o dos autores por correspondencia.

Resumen. Resumen breve, máximo 100 palabras.

Palabras clave. Máximo cinco, en orden alfabético, no deben aparecer en el título. Se aceptan palabras compuestas de tres palabras, máximo cuatro (e. g., “Sierra Madre del Sur”).

Nombres científicos. En itálicas, género (o niveles inferiores) con su autoría solamente la primera vez que se le cita en el texto; autorías se omiten en el título, resumen y en las leyendas de las figuras.

Texto del ensayo. No exceder tres cuartillas, incluyendo el título, resumen, autores y adscripciones, las referencias y las leyendas de las figuras. Manuscrito a espacio simple y justificado a la izquierda, en Times New Roman 12 pts.

Iconografía. Mínimo dos imágenes, máximo 5. Dar el crédito de las imágenes en las leyendas de las figuras. Imágenes de la web deben ser de uso no restringido y su origen reconocido con la cita de la liga a la imagen en la web. Características: a) **resolución mínima de 300 dpi**, b) formato tiff o jpg, c) bien enfocadas, d) dimensiones de **al menos 10 x 10 cm**, e) no pesar **más de 10 MB**. Se envían como archivos individuales, **no ensambladas/compuestas**. Se aceptan propuestas de imágenes compuestas, pero la decisión final es responsabilidad del comité editorial de DHCICY. Las leyendas de las figuras se ponen al final del ensayo.

Cita de las referencias en el texto. Todas las citas incluidas en el texto deben estar en la sección de **Referencias**. Se recomienda no más de **10 citas**, ordenadas cronológicamente y siguiendo este formato: Ruiz-Sánchez (2011) y Carnevali & Cetzal-Ix (2012). En caso de tres o más autores: Clarke *et al.* (2009). En caso de citarse varios trabajos a la vez, se ordenarán cronológicamente, ejemplo: (Clarke *et al.* 2009, Carnevali & Cetzal-Ix 2012). Si se citan dos o más trabajos de un mismo autor o autores publicados en el mismo año, sus referencias se complementarán con letras junto al año (a, b, c, d, etc.).

Poner el **DOI** cuando este exista. Las **comunicaciones personales** se citarán solo en el texto principal, por ejemplo: (J. Pérez, *com. pers.*).

Referencias. Lista completa de las fuentes de información mencionadas en el texto, en estricto orden alfabético y de acuerdo con los siguientes ejemplos:

Artículos

Clarke H.D., Seigler D.S., Ebinger J.E. 2009. Taxonomic revision of the *Vachellia acuífera* species group (Fabaceae: Mimosoideae) in the Caribbean. *Systematic Botany* 34: 84-101.
<https://doi.org/10.1600/036364409787602285>

Libros

Carnevali G., Tapia-Muñoz J.L., Duno de Stefano R., Ramírez-Morillo I. 2010. *Flora Ilustrada de la Península de Yucatán: Listado Florístico*. Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C., Mérida, Yucatán, México. 328 pp.

Cox C.B., Moore P.D. 1996. *Biogeography: An Ecological and Evolutionary Approach*. Blackwell Science, Oxford. 385 pp.

Capítulos en libros

Gentry A.H. 1991. The distribution and evolution of climbing plants. En: Putz F.E. y Money H.A. Eds. *The Biology of Vines*, pp. 1-49. Cambridge University Press, Cambridge.

Tesis

García-Lara S.L. 2013. Sistemática de *Pithecellobium* Mart. Sección *Spitacatae* L. Rico y taxonomía de *P. lanceolatum* (Willd.) Benth. (Leguminosae). Tesis Maestría, Centro de Investigación Científica de Yucatán, México, Yucatán.

Documentos electrónicos

Tropicos. 2014. Missouri Botanical Garden. <http://www.tropicos.org/Name/5501778> (consultado: 6 Octubre 2014).

Cuadros o tablas

Deben entregarse en archivos separados en Word.

Leyendas (de cuadros y figuras)

Colocarse después de las referencias. Cada leyenda no exceda de cuatro líneas.

Agradecimientos. A personas, instituciones financiadoras, comunidades donde se realizan los estudios, árbitros, etc.

Estimada comunidad lectora de Desde el Herbario CICY –DHCICY–

Los saludamos nuevamente, esperando hayan disfrutado del número de octubre. En este número de noviembre les traemos seis ensayos que esperamos disfruten de su lectura.

Nuestro primer ensayo nos habla del tepozán (*Buddleja cordata*), arbusto o árbol nativo subutilizado que posee una amplia distribución en México. En este ensayo, los autores sintetizan la evidencia etnobotánica, biotecnológica y ecológica que documentan su uso tradicional para tratar diferentes afecciones, su potencial como productor de compuestos bioactivos y sus atributos como especie para restaurar ecosistemas degradados, demostrando el gran potencial de esta especie.

En nuestro segundo ensayo, sus autores nos platican sobre la historia de manejo reciente del kiwi (*Actinidia deliciosa*), planta nativa de China. Ya en 1845 se reportó su presencia en Europa, llegando a principios del siglo XX a Nueva Zelanda. A partir de 1980, la superficie plantada y la producción de kiwi mostraron un aumento significativo a nivel mundial, llegando a lugares tan alejados de China como lo es nuestro país.

El tercer ensayo nos plantea una interesante pregunta... ¿Qué comemos cuando comemos? Los autores nos recuerdan que la acción de comer representa identidad y cultura, pero algunos alimentos industrializados, y pobres en nutrientes, están desplazando la dieta tradicional en México, incrementando el riesgo de enfermedades como la obesidad, hipertensión y diabetes. Así, el ensayo nos invita a retomar patrones de alimentación como la dieta de la milpa, lo cual no solo protege nuestra salud, sino que también ayuda a conservar nuestro patrimonio biocultural.

En nuestro cuarto ensayo los autores nos platican sobre la evolución de la sociabilidad y la cooperación en las abejas, mostrándonos que existe todo un rango de sociabilidad, desde especies completamente solitarias hasta sociedades complejas. En la mayoría de los casos, las abejas organizan su vida en torno a vínculos de colaboración entre hermanas o

compañeras de nido, mientras que los machos suelen desempeñar únicamente funciones reproductivas. Así, el ensayo explora las distintas formas de cooperación presentes en las abejas, destacando que estas interacciones surgen de procesos evolutivos.

El quinto ensayo nos muestra el papel tan importante que juega el nitrógeno en la productividad agrícola, esto porque su baja disponibilidad en los suelos lo convierte en uno de los principales factores limitantes. La incorporación del nitrógeno en las plantas es mediada por proteínas especializadas que actúan como puertas de entrada y regulan su absorción, transporte y redistribución. Además de su aporte a la nutrición de la planta, estas proteínas participan en procesos fisiológicos clave que son importantes para la agricultura.

En nuestro último ensayo, las autoras nos platican de la Agroecología, disciplina científica que cada vez ha ido adquiriendo mayor importancia en México ya que, en un contexto de cambio climático y pérdida de biodiversidad, ésta propone transformar la manera en que producimos los alimentos. La Agroecología integra conocimientos ecológicos y sociales para diseñar sistemas agrícolas sostenibles, entendiendo los cultivos como sistemas vivos en interacción con su entorno. Hoy, la agroecología promueve la soberanía alimentaria, la equidad y el fortalecimiento de los sistemas alimentarios locales.

En nuestra sección, “Celebraciones del mes”, les traemos el “Día Mundial de la Ecología”, ciencia muy importante para comprender la naturaleza, y que se celebra el 1 de noviembre. Por último, en la sección “La Especie del Mes” les traemos a nuestra querida flor de cempasúchil (*Tagetes erecta*), indispensable en la celebración del Día de Muertos.

Esperamos disfruten de la lectura de este número de DHCICY.

Editor General

Celebraciones del mes

Cada año, en noviembre, celebramos a una de las ciencias biológicas más importantes en el estudio de nuestro planeta e impacto en nuestra vida:

1 de noviembre: Día Mundial de la Ecología, la ciencia de las conexiones



Un árbol nunca está realmente solo. Bajo el suelo se relaciona con hongos y microorganismos; sobre sus ramas recibe insectos, aves y otros animales; compete con otras plantas por luz y agua, y todo ello ocurre bajo la influencia del clima. La ecología estudia precisamente esas relaciones que conectan a los seres vivos entre sí y con el ambiente que los rodea. Este 1 de noviembre, es una buena ocasión para recordar por qué esta ciencia es muy importante para comprender la naturaleza. La palabra ecología proviene del griego *oikos*, que significa “casa” u “hogar”; por ello, podríamos decir que la ecología estudia cómo funciona nuestra gran casa común.

La preocupación por entender la relación entre los seres vivos y su ambiente existe desde hace siglos, pero fue en 1866 cuando el naturalista alemán Ernst Haeckel propuso el término ecología. Desde entonces, esta ciencia ha cambiado enormemente; hoy estudia desde las interacciones entre unos cuantos organismos hasta procesos que ocurren en bosques completos, paisajes e incluso a escala del planeta.

También han cambiado las herramientas que utilizamos para conocer los ecosistemas. La observación en campo sigue siendo fundamental, pero hoy contamos con imágenes de satélite y tecnología láser para estudiar los bosques desde el espacio. En la Unidad de Recursos Naturales del CICY combinamos estas herramientas con mediciones de campo para investi-

gar la estructura, biomasa y biodiversidad de los bosques, contribuyendo a su conocimiento y conservación.

En una región de extraordinaria diversidad como la Península de Yucatán, estas conexiones están por todas partes. En sus selvas conviven árboles, lianas, epífitas, hongos, insectos, aves, murciélagos y mamíferos. Cada uno cumple una función y establece relaciones con muchos otros organismos, pero también con el agua, el suelo y el clima. El resultado es una compleja red de vida.

Comprender cómo funcionan estas redes es también fundamental para el manejo y la conservación de los recursos naturales. La ecología nos permite identificar qué especies y procesos son clave para mantener los ecosistemas, evaluar los efectos de las actividades humanas y diseñar mejores estrategias para conservar la biodiversidad, restaurar áreas degradadas y aprovechar los recursos de manera sostenible.

Celebrar el Día Mundial de la Ecología es también una invitación a observar nuestro entorno con otros ojos: no solamente ver árboles, insectos, aves o selvas, sino descubrir las conexiones que hacen posible la vida.

José Luis Hernández-Stefanoni

Cempasúchil (*Tagetes erecta* L.): patrimonio biocultural de México



El cempasúchil, planta ritual, medicinal y ornamental, es una de las especies de mayor importancia biocultural para México. El vocablo proviene de la voz náhuatl *cempoalli* ("veinte") y *xóchitl* ("flor"). Aquí abordaremos desde aspectos biológicos, su importancia cultural en la tradición del Día de Muertos, hasta el mito de su origen en China.

El cempasúchil (*Tagetes erecta* L.) o "flor de muerto", fue descrito por Carlos Linneo en *Species Plantarum* (1753). El término "erecta" hace alusión a la disposición vertical de la planta. Es una especie relacionada con otras que también poseen una importancia biocultural, como el pericón (*T. lucida* Cav.) y cinco llagas (*T. lunulata* Ortega).

El cempasúchil es una hierba anual que puede alcanzar los 1.8 m de altura bajo cultivo, sus tallos son erectos con hojas opuestas en la base y alternas en la parte superior, las inflorescencias pueden ser cabezuelas solitarias o agrupadas en corimbos que se ubican en el extremo final de los tallos, sus flores son liguladas (i.e. la corola se extiende en una estructura formada por varios pétalos). Las plantas de cempasúchil que hoy conocemos son el resultado de una minuciosa selección de caracteres hortícolas; p. ej. variedades enanas para su cultivo en maceta, plantas con inflorescencias en tonalidades que van desde el amarillo hasta el naranja, o plantas de porte alto para corte usadas en la industria farmacéutica y textil.

Probablemente, la domesticación del cempasúchil se debe a los pueblos asentados en el centro de México, que durante milenios han cultivado las flores por su aroma y tamaño, con fines medicinales y ceremoniales. En el Códice Florentino, se documenta su uso en tiempos prehispánicos y se vincula a otras celebraciones, como los sunchiles o los tlacololeros. A lo largo de los siglos, el cempasúchil ha mantenido su presencia hasta la tradición actual del Día de Muertos, donde sus inflorescencias son las protagonistas.

El cempasúchil es una planta endémica de México y Centroamérica, con poblaciones silvestres documentadas en la cuenca del Balsas y el occidente del país. Como ocurre con otras flores representativas de México, p. ej. la nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch) también se cultiva (con fines cosméticos y como pigmento en la industria avícola) en países como Estados Unidos de América, China, India y Perú. Incluso, es tan grande la producción en China que se llegó a señalar que dicho país es su centro de origen.

Es muy importante mantener las semillas de las variedades mexicanas, las cuales han pasado de una generación a otra, y evitar las plantas mejoradas. Esto ayuda a conservar la diversidad genética de la especie, los saberes campesinos y la autonomía de quienes han sembrado esta planta por milenios.

José Viccon Esquivel

El tepozán (*Buddleja cordata*): el valor de una especie ignorada

Alexis Josué Sánchez-Lara^{1*}, Carmen Zepeda-Gómez¹, Hugo López-Camarillo²
y Armando Sunny³

¹Laboratorio de Biología Vegetal, Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma del Estado de México. Campus El Cerrillo, Supermanzana Carretera Km 15.5, Piedras Blancas, 50200. Toluca de Lerdo, Estado de México, México.

²Laboratorio de Biogeografía y Sistemática, Departamento de Biología Evolutiva, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. Av. Universidad 3000, Circuito Exterior s/n, Ciudad Universitaria, Alcaldía Coyoacán, 04510. Ciudad de México, México.

³ Centro de Investigación en Ciencias Biológicas Aplicadas, Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma del Estado de México. Carretera Toluca-Ixtlahuaca km 14.5, San Cayetano de Morelos, 50200. Toluca de Lerdo, Estado de México, México.

*alexislarajosue2002.15@gmail.com

Resumen

El tepozán (*Buddleja cordata*) es un arbusto o árbol nativo ampliamente distribuido en México, con una larga tradición de uso en la medicina tradicional y potencial farmacológico y ecológico aún subutilizado. Este ensayo sintetiza evidencia etnobotánica, biotecnológica y ecológica que documenta su uso tradicional para tratar diferentes afecciones, su potencial como productor de compuestos bioactivos y sus atributos como especie para restaurar ecosistemas degradados. Esta revisión demuestra que se trata de una especie con alto potencial medicinal, biotecnológico y ecológico que ha sido insuficientemente estudiada y poco aprovechada en programas de manejo ambiental.

Palabras clave: Biorremediación, etnobotánica, farmacología vegetal, restauración ecológica, verbascóido.

El tepozán: una especie ampliamente distribuida pero subvalorada

En México hay una planta fácil de encontrar, pero de la que pocas personas hablan y muchas menos reconocen su valor cultural y biológico. La especie *Buddleja cordata* Kunth crece en las orillas de los caminos, en barrancas, en pedregales, parques urbanos, en cerros y zonas perturbadas donde otras especies arbóreas tienen limitaciones para crecer. Puede ser un arbusto o un árbol de hojas verdes brillantes con una cubierta blanca por debajo, grandes y aterciopeladas al tacto, y sus flores pequeñas y amarillas se agrupan en ramilletes aromáticos que atraen a numerosos insectos (Fig. 1). Su nombre común varía según el lugar y la lengua; en español le suelen llamar palo de zorro prieto, tepozán grande, topozán y zompantle; en lenguas indígenas se co-

noce como *rannazha* o *dzogú* en otomí, *kuarhi sapi-chu* en purépecha, *yuchi ñuu* en mixteco y *tepozāntli* o *axixcuáhuatl* en náhuatl (González-Espinosa *et al.* 2005), pero su nombre más conocido es tepozán.

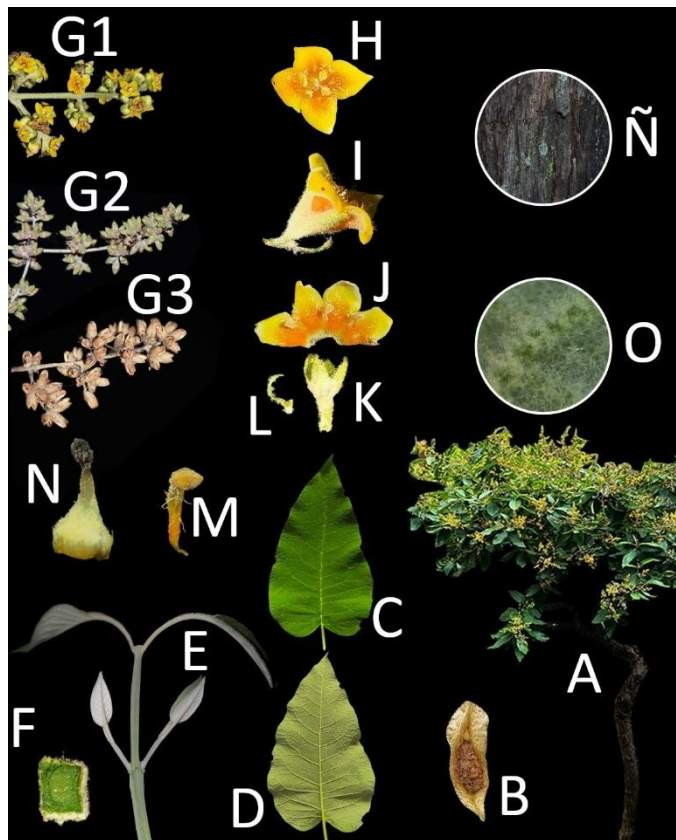


Figura 1. El tepozán (*Buddleja cordata*). **A.** Hábito arbustivo. **B.** Semilla. **C.** Hoja en vista superior. **D.** Hoja en vista inferior. **E.** Tallo y hojas jóvenes. **F.** Vista transversal de tallo cuadrangular. **G1.** Inflorescencia. **G2.** infrutescencia en desarrollo. **G3.** cápsulas secas. **H.** Flor en vista superior. **I.** Flor en vista lateral. **J.** Corola. **K.** Cáliz. **L.** Bráctea. **M.** Estambre. **N.** Gineceo. **Ñ.** Corteza estriada. **O.** Pelos glandulares en el envés de la hoja. (Composición: Irving S. Contreras Valle y Hugo López Camarillo).

La diversidad de denominaciones que recibe el tepozán no es casualidad, sino un reflejo de su amplia interacción con distintos grupos humanos a lo largo del tiempo y en muchos lugares de México. Esta relación se expresa, entre otras cosas, en su uso en la medicina tradicional mexicana donde ha sido empleado para el tratamiento de diversas enfermedades, por ejemplo: sus hojas se usan para lavar heridas, también se prepara como ungüento para la piel; en infusión para tratar diarrea, fiebre, reumatismo e inflamaciones, mientras que su corteza y

raíces se usan como diurético y para combatir afecciones renales (Martínez 1989, Argueta *et al.* 1994). Estos usos tradicionales han orientado, en parte, los estudios científicos sobre sus propiedades y sentido las bases de su potencial farmacológico.

Del uso tradicional a la evidencia experimental

Diversas investigaciones sobre la química del tepozán han identificado metabolitos responsables de las propiedades que la medicina tradicional ya aprovechaba. Entre ellos destaca el verbascósido, un derivado de la ruta fenilpropanoide, la vía metabólica con la que las plantas producen lignina, taninos y pigmentos, entre otras moléculas, con actividad antioxidante, antiinflamatoria y antibacteriana, así como capacidad de protección frente a estrés oxidativo (Martínez-Vázquez *et al.* 1996; Ávila *et al.* 1999; Alipieva *et al.* 2014).

Los experimentos farmacológicos han ido más allá de validar esos usos: han revelado efectos que la tradición no anticipaba, como actividad neuroprotectora en modelos experimentales de la enfermedad de Parkinson, efectos antidepresivos ante estrés crónico, protección cutánea contra daño solar y efectos protectores del riñón en contextos de diabetes (Pérez-Barrón *et al.* 2015). Estos hallazgos sugieren que el potencial medicinal del tepozán es más amplio de lo que el conocimiento tradicional documenta.

En cuanto a la producción del verbascósido, hoy es posible obtenerlo en laboratorio mediante cultivo de células vegetales, lo que evita la extracción directa desde los árboles. Se ha reportado que en cinco años de cultivo continuo su producción puede incrementarse hasta 75% (Arano-Varela *et al.* 2020). Así, mientras los usos medicinales tradicionales cuentan con una historia de aplicación humana documentada, los efectos identificados experimentalmente en las últimas décadas aún requieren ensayos clínicos que confirmen su seguridad y eficacia en las dosis y formas de administración que la investigación propone.

Una especie utilitaria en ecosistemas degradados

La historia del tepozán no termina en la farmacología. Su capacidad para crecer en condiciones adversas para otras especies de árboles, lo convierte en un elemento valioso en la restauración de ecosistemas degradados. El tepozán tiene la capacidad y resistencia para prosperar en sitios donde el suelo ha sido erosionado y presenta distintos niveles de degradación, lo que imposibilitaría el establecimiento de otras especies. Cuando se establece en estos sitios, contribuye a mejorar el suelo a través de la constante producción de hojarasca, lo que incrementa la materia orgánica y el nitrógeno disponible, parte del cual puede incorporarse al suelo a través de la caída de hojarasca. Dicho de otra manera, el tepozán no solo sobrevive en suelos pobres o degradados, sino que además participa en su mejoramiento, lo que la hace una especie potencialmente utilitaria en programas de restauración.

Junto con sus efectos sobre el suelo, el valor del tepozán en programas de restauración también está vinculado con el impacto que tiene sobre la biodiversidad asociada. En la Reserva del Pedregal de San Ángel, un ecosistema de matorral xerófilo en medio del tejido urbano de la Ciudad de México, se ha encontrado que el tepozán puede albergar alrededor de 90 especies de artrópodos, ser refugio y fuente de alimento para decenas de especies de aves y servir de sustrato para más de 90 especies de briofitas y líquenes. En algunos casos estas relaciones son muy específicas; por ejemplo, las larvas de *Acronyctodes mexicanaria* Walker solo se alimentan de esta especie, por lo cual se ha ganado el nombre de polilla del tepozán. Tal es la especificidad de este insecto, que se ha demostrado su preferencia por el follaje de individuos femeninos, lo cual resulta llamativo porque en la mayoría de las plantas dioicas los herbívoros tienden a alimentarse más de los individuos masculinos. En el tepozán, se propone que esta preferencia se debe a que los árboles femeninos acumulan más reservas nutricionales durante la época reproductiva, en anticipación a la producción

de frutos, lo que se traduce en hojas de mayor calidad para las orugas (García-García & Cano-Santana 2015). Estos estudios indican que el tepozán exhibe distintas funciones que favorecen a las interacciones entre diversas especies en el ecosistema (Fig. 2).

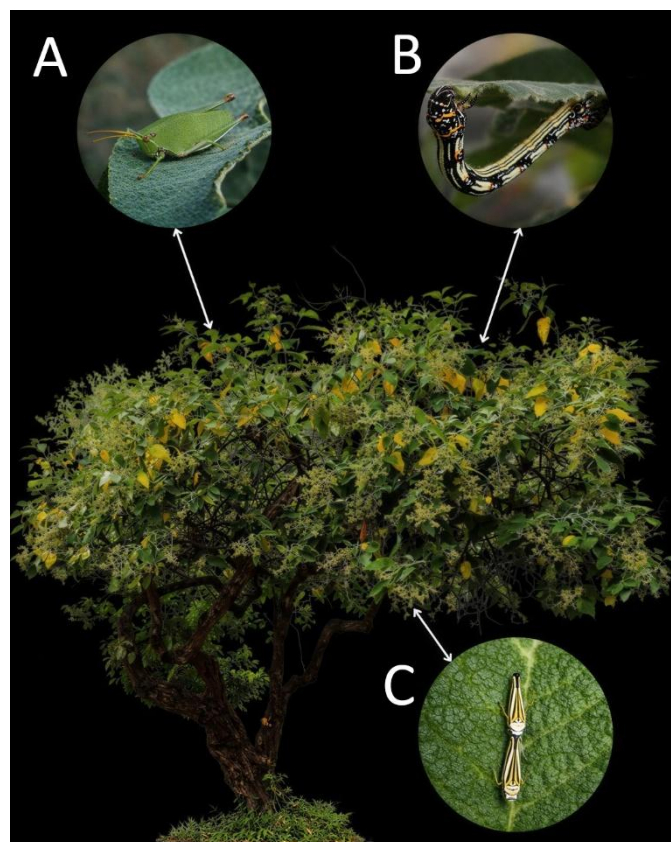


Figura 2. Insectos asociados al tepozán (*Buddleja cordata*). **A.** Chapulín de la milpa (*Sphenarium purpurascens*). **B.** Larva de polilla del tepozán (*Acronyctodes mexicanaria*). **C.** Chicharritas (*Auchenorrhyncha*). (Fotografías: Alexis Josué Sánchez-Lara).

La capacidad de resiliencia del tepozán sobresale particularmente en ecosistemas contaminados, donde, además, muestra potencial para la fitorremediación. Vázquez-Márquez *et al.* (2024) documentaron que las células del tepozán acumulan metales pesados como cobre, hierro y zinc. Estas cualidades son útiles para su aplicación en distintas regiones de México que presentan contaminación por actividades industriales y crecimiento urbano, además, esta especie nativa, puede desarrollarse sin complejos requerimientos de manejo o cuidado.

El valor que adquiere el tepozán en programas de restauración no solo se limita a sus atributos ecológicos, también se asocia al reconocimiento que las

comunidades humanas tienen de él. Su uso se ha mantenido durante generaciones hasta la actualidad y quienes reconocen sus hojas, tallos y flores, lo incluyen como parte de su conocimiento tradicional local. Esto es relevante, porque al ser una especie localmente conocida, puede favorecer la participación en estos proyectos, ya que se incluye como un elemento identitario.

Lo que queda pendiente

A pesar de reconocerse los distintos usos potenciales del tepozán, las investigaciones alrededor de sus cualidades aún son parciales, limitadas en tiempo y limitadas a ambientes con vegetación xerófila, dejando de lado su comportamiento en otras regiones del país. De la misma manera, su potencial farmacológico y estudios experimentales carecen de ensayos clínicos formales y extensos que respalden y potencien su utilidad. A modo de reflexión, podemos considerar que todas las bondades que presenta el tepozán requieren un abordaje prioritario para su investigación, ya que su resistencia y reconocimiento cultural lo posicionan como una especie valiosa, pero que en ocasiones se considera únicamente como una maleza oportunista, problema que radica en el desconocimiento y falta de valoración. Así, la recomendación final es que quienes toman decisiones sobre qué investigar, qué plantar, qué apreciar y qué conservar, comiencen a mirar al tepozán con mayor atención e interés.

Referencias

- Alipieva K., Korkina L., Orhan I.E., Georgiev M.I. 2014. Verbascoside—A review of its occurrence, (bio)synthesis and pharmacological significance. *Biotechnology Advances* 32(6): 1065–1076. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2014.07.001>
- Arano-Varela H., Fernández F.J., Estrada-Zúñiga M.E., Cruz-Sosa F. 2020. Verbascoside production in long-term *Buddleja cordata* Kunth cell suspension cultures. *3 Biotech* 10: 245. <https://doi.org/10.1007/s13205-020-02222-4>
- Argueta A., Cano L., Rodarte M.E. (Coords.). 1994. *Atlas de las plantas de la medicina tradicional mexicana*. Vol. 3, pp. 1025–1028. Instituto Nacional Indigenista. https://www.researchgate.net/publication/301894285_Atlas_de_las_plantas_de_la_Medicina_Tradicional_Mexicana_Atlas_of_the_Plants_of_Mexican_Indigenous_Medicine
- Ávila G., Liverant J., Martínez A., Martínez G., Muñoz J.L., Arciniegas A., Romo de Vivar A. 1999. Mode of action of *Buddleja cordata* verbascoside against *Staphylococcus aureus*. *Journal of Ethnopharmacology* 66(1): 75–78. [https://doi.org/10.1016/s0378-8741\(98\)00203-7](https://doi.org/10.1016/s0378-8741(98)00203-7)
- García-García P.L., Cano-Santana Z. 2015. Nutritional ecology, growth, and density of *Acronyctodes mexicanaria* (Lepidoptera: Geometridae) on a dioecious plant *Buddleja cordata* (Scrophulariaceae). *Revista Mexicana de Biodiversidad* 86(1): 172–177. <https://doi.org/10.7550/rmb.44382>
- González-Espinosa M., Ramírez-Marcial N., Méndez-Dewar G., Galindo-Jaimes L., Golicher D. 2005. Riqueza de especies de árboles en Chiapas. En: González-Espinosa M. et al. (Coords.), *Diversidad biológica de Chiapas* (pp. 81–125). COCYTECH/ECOSUR.
- Martínez M. 1989. *Las plantas medicinales de México*. 6.ª ed. Ediciones Botas. 314 p.
- Martínez-Vázquez M., Ramírez-Apan T.O., Aguilar H., Bye R. 1996. Analgesic and antipyretic activities of an aqueous extract and of the flavone linarin of *Buddleja cordata*. *Planta Medica* 62(2): 137–140. <https://doi.org/10.1055/s-2006-957836>
- Pérez-Barrón G., Ávila-Acevedo J.G., García-Bores A.M., Montes S., García-Jiménez S., León-Rivera I., Rubio-Orsorio M., Monroy-Noyola A. 2015. Neuroprotective effect of *Buddleja cordata* methanolic extract in the 1-methyl-4-phenylpyridinium Parkinson's disease rat model. *Journal of Natural Medicines* 69(1): 86–93. <https://doi.org/10.1007/s11418-014-0866-4>
- Vázquez-Márquez A.M., Bernabé-Antonio A., Correa-Basurto J., Burrola-Aguilar C., Zepeda-Gómez C., Cruz-Sosa F., Nieto-Trujillo A., Estrada-Zúñiga M.E. 2024. Changes in growth and heavy metal and phenolic compound accumulation in *Buddleja cordata* cell suspension culture under Cu, Fe, Mn, and Zn enrichment. *Plants* 13: 1147. <https://doi.org/10.3390/plants13081147>

Raíces nuevas para un fruto viajero: el kiwi en México

Emiliano Rodríguez González, Erika Segundo De Jesús y Elizabeth Chávez-García*

Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional Autónoma de México. Circuito Interior s/n, Ciudad Universitaria, 04510, Ciudad de México, México.

*elizabethchavezg@filos.unam.mx

Resumen

El kiwi (*Actinidia deliciosa*) es una planta nativa de las montañas en torno al río Yang-Tse-Kiang en China. En 1845 se documentó por primera vez la presencia de esta especie en Europa, y a principios del siglo XX se introdujeron las primeras plantas en Nueva Zelanda, donde se inició su domesticación y cultivo extensivo. A partir de los años 80 la superficie plantada y la producción de kiwi a nivel mundial experimentaron un aumento significativo por primera vez, llegando a lugares inesperados como México.

Palabras clave: Acaxochitlán, fenología, mihoutao, Nueva Zelanda, requerimientos agroclimáticos.

Kiwi: características y beneficios

El kiwi, fruto ácido y altamente nutritivo proviene de tres especies relevantes desde el punto de vista comercial: *Actinidia deliciosa* (A. Chev.) C.F. Liang & A. R. Ferguson (kiwi verde), *A. chinensis* Planch. (kiwi amarillo) y *A. arguta* (Siebold & Zucc.) Planch. ex Miq. (kiwi pequeño o kiwiño) (Fig. 1) (López-Sobaler *et al.* 2016, Malagón 2020). Sin embargo, *A. deliciosa* ha sido el kiwi más cultivado en el mundo y de mayor interés para su cultivo (Chou-Fen & Ferguson 1986).

Las plantas del género *Actinidia* son dioicas (las flores masculinas y femeninas se encuentran en individuos separados) (Fig. 2), caducifolias y trepadoras, por lo cual siempre necesitan un soporte para crecer cuando son cultivadas (Ferguson 1984, Ferguson &

Seal 2008). Poseen una amplia distribución en Asia, desde el ecuador hasta cerca de 50° de latitud norte. Esto potencialmente puede ayudar en la mejora del cultivo de kiwi debido a la diversidad genética presente en los rangos climáticos donde se encuentra (García *et al.* 2015).

Actinidia deliciosa puede vivir más de 50 años y el tronco puede alcanzar un diámetro superior a 20 cm en la fase adulta (Fig. 3) (Ferguson 1984). El fruto es una baya ovoidal color marrón claro a verdoso con vellosidad (Figs. 1 y 3) (García *et al.* 2015). La pulpa es verde esmeralda con abundantes semillas dispuestas radialmente alrededor de un huso central blanco (García *et al.* 2015). El fruto es fuente importante de vitamina C y antioxidantes, por lo cual se recomienda su consumo frecuente para la mejora del sistema respiratorio y digestivo (Ferguson & Ferguson 2003, López-Sobaler *et al.* 2016). Además de estos beneficios, se sugiere que contribuye a la mejora del estado de ánimo (López-Sobaler *et al.* 2016) y en China se ha empleado en la medicina tradicional para el tratamiento de diversos padecimientos como la artritis y piedras en el riñón (Hunter *et al.* 2010).

El kiwi viajero

Actinidia deliciosa es una especie nativa de China, donde se le conoce desde el siglo VII d.C. con el nombre de mihoutao. Se encuentra principalmente en las montañas del suroeste del país. Su medio natural corresponde a bosques en áreas relativamente hume-



Figura 1. Kiwi verde (*Actinidia deliciosa* producido en Acaxochitlán) y kiwi amarillo-rojo (*A. chinensis* importado de Italia). (Fotografía tomada por Emiliano Rodríguez en Acaxochitlán, Hidalgo; escala=3 cm).

das. Actualmente, su distribución es discontinua al quedar pocos bosques intactos en China, pero la especie puede incluso prosperar en áreas perturbadas (Huang & Ferguson 2001).

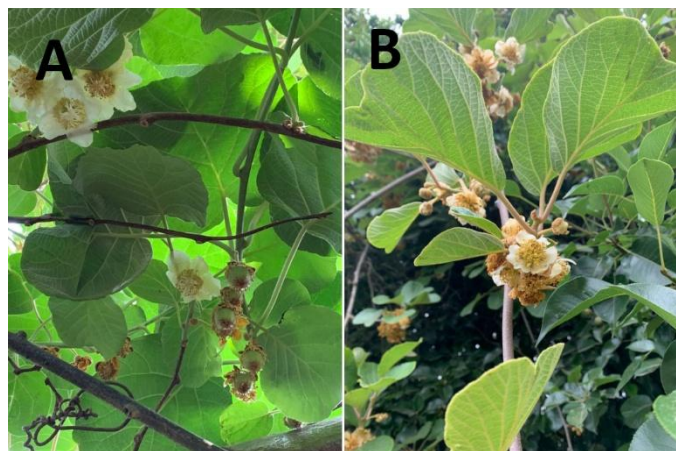


Figura 2. Estructuras reproductivas en planta de kiwi en Acaxochitlán, Hidalgo. **A.** Flores y pequeños frutos en planta femenina de kiwi. **B.** Flores en planta masculina. (Fotografías: Emiliano Rodríguez).

Respecto a la dispersión del kiwi en el mundo, en 1904 semillas de China fueron llevadas a Nueva Zelanda y en 1910 un horticultor obtuvo los primeros kiwis que se conocían entonces como “grosella china” (García *et al.* 2015). En 1928 se obtuvo la variedad Hayward, la cual es hasta el día de hoy la más cultivada por sus características como sabor, tamaño y largo periodo de conservación (García *et al.* 2015). El cultivo comercial de esta variedad inició hacia

1934 y desde entonces, crecieron las exportaciones a todo el mundo y la difusión de su cultivo. Con esto el nombre del fruto fue cambiado a “kiwi” en 1959 (García *et al.* 2015).



Figura 3. Planta de kiwi en Acaxochitlán, Hidalgo. **A.** Troncos de plantas adultas de kiwi creciendo sobre un árbol de aguacate. **B.** Frutos maduros durante el otoño-invierno. (Fotografías: Emiliano Rodríguez).

Aparte de China y Nueva Zelanda, el cultivo se ha extendido tanto a países en el hemisferio sur (*e.g.*, Chile y Argentina) como en el hemisferio norte (*e.g.*, Italia y Grecia). Sin embargo, *A. deliciosa* requiere ciertas condiciones agroclimáticas como zonas donde predomina una humedad relativa alta (alrededor de 75%), precipitaciones en torno a 1300 y 1500 mm anuales y acumulación de horas frío en invierno entre 600 y 800 (García *et al.* 2015). Se considera que las zonas idóneas donde se pueden encontrar tales requisitos están entre 30 y 45° de latitud, en ambos hemisferios (García *et al.* 2015). Por lo anterior, dichas condiciones son difíciles de encontrar en conjunto en países cercanos a los trópicos, como sucede en México.

Producción y consumo mundial de kiwi

En cuanto al consumo, en China la mayor parte de la producción se consume localmente, mientras que en los demás países la producción se destina principalmente a la exportación hacia América del Norte, Europa y Asia (García *et al.* 2015). Por ejemplo, Nueva Zelanda exporta el 94% de su producción, mientras que Italia y Chile, el 66 y 88%, respectivamente (Ferguson & Seal 2008).

El desarrollo del kiwi en otros países ha incentivado a China a incrementar su cultivo aprovechando el potencial de las especies nativas (Huang & Ferguson 2001). Hasta la década de 1970 se comenzaron las grandes plantaciones comerciales fuera de Nueva Zelanda y China (Ferguson & Seal 2008). Según datos de la FAO (2024) en 1992 se alcanzó un millón de toneladas producidas anualmente, duplicándose esta cantidad hacia el 2000. En 2023 la producción mundial fue de 4.4 millones de toneladas en una superficie de 286 mil hectáreas (Tabla 1).

Tabla 1. Principales países productores de kiwi en 2023 (FAO, 2024).

País	Toneladas al año
China	2,362,658
Nueva Zelanda	662,743
Italia	391,100
Grecia	317,080
Irán	295,142
Chile	116,028
Turquía	89,831
Francia	49,770
Portugal	48,690
España	28,950

El kiwi consumido en México proviene casi exclusivamente de importaciones, principalmente de Chile, Estados Unidos, Italia y Nueva Zelanda (Cruz-Castillo *et al.* 2022, Secretaría de Economía 2023). En promedio, el consumo anual per cápita nacional se puede estimar en apenas 100 g, lo que equivaldría a consumir sólo un fruto (Secretaría de Economía 2023). Por el contrario, en países como Nueva Zelanda el consumo puede ser de hasta 5 kg per cápita y en España, Chile y Portugal, de 2 a 3 kg (Ward & Courtney 2013). A nivel mundial la disponibilidad de kiwi es de un promedio de 150 g anuales per cápita (Ward & Courtney 2013).

El kiwi en México

Actualmente, la producción comercial de kiwi en te-

rritorio mexicano es casi inexistente y la información al respecto es limitada (Cruz-Castillo *et al.* 2022, SIAP 2024). Sin embargo, existe documentación sobre su cultivo experimental en Huatusco, Veracruz, a 1900 m. s. n. m. (Cruz-Castillo *et al.* 2022). En dicho lugar, se ha logrado con cierto éxito, desde hace más de 10 años, producir kiwi verde y amarillo a partir de plantas obtenidas de semilla, y se trabaja en el desarrollo de variedades adaptadas a la región (Guerra-Ramírez *et al.* 2021, Cruz-Castillo *et al.* 2022). Además, se ha observado personalmente el cultivo en algunos huertos familiares dentro del municipio de Acaxochitlán, Estado de Hidalgo.

En Acaxochitlán, se ha constatado el cultivo de kiwi principalmente en el huerto del señor Agustín de la Fuente (Rodríguez-González 2026), uno de los habitantes del municipio que más se ha interesado en esta especie. También se han observado plantas de kiwi de forma aislada en ciertos espacios de Acaxochitlán. Sin embargo, la necesidad de tener plantas femeninas y masculinas y el tiempo de 3 a 4 años para producir frutos, destacan como factores limitantes para incrementar el interés en su cultivo (A. de la Fuente, com. pers. 2022).

Acaxochitlán: tierra fértil para un nuevo cultivo

La primera introducción del kiwi en Acaxochitlán se dio hace aproximadamente 35 años, cuando Jorge Perea, habitante originario de Acaxochitlán, pidió borregos y ovejas de Nueva Zelanda (J. Castelán, com. pers. 2021). Dentro de tal llegada de ganado, las autoridades de Nueva Zelanda agregaron un extra de regalo, dos plantas de kiwi, una masculina y una femenina (J. Castelán, com. pers. 2021).

Estas plantas se establecieron en un caserío en medio del bosque, donde llegaron a producir cerca de una tonelada de kiwi por temporada (J. Castelán, com. pers. 2021). Por otra parte, el horticultor José Ángel Castelán asegura que Acaxochitlán se ha convertido en un entorno ideal para el kiwi (La Jornada 2021). El horticultor Castelán cuenta con cerca de mil plantas de kiwi y ha llegado a estimar una producción de 10 toneladas (La Jornada 2021).

En el estudio de Rodríguez-González (2026) se evaluaron las condiciones agroclimáticas (horas frío, unidades calor, humedad relativa y precipitación anual) del municipio de Acaxochitlán, en relación con dos de las principales regiones productoras de kiwi a nivel mundial: Hefei (China) y Te Puke (Nueva Zelanda). Los resultados obtenidos confirmaron que Acaxochitlán posee condiciones favorables para el desarrollo del cultivo, aunque con ciertas limitaciones hídricas y térmicas que deben ser consideradas para su manejo técnico y productivo.

Rodríguez-González (2026) proporciona también un calendario fenológico (herramienta que documenta las fases biológicas como brotación y floración en relación con el clima y el tiempo) del kiwi en Acaxochitlán, que representa una herramienta útil para planificar las labores agrícolas y ajustar el manejo del cultivo de acuerdo con las condiciones locales. Su aplicación puede permitir a los productores anticipar riesgos climáticos y optimizar los recursos disponibles. Esto es relevante ya que la identificación de otras zonas con condiciones similares en el territorio nacional podría ampliar la perspectiva para la diversificación del kiwi.

Las zonas identificadas en México con mayor viabilidad para el cultivo de kiwi se encuentran mayormente en los climas templados de la vertiente del Golfo de México de la Sierra Madre Oriental. Estas zonas montañosas podrían integrarse a proyectos productivos orientados al establecimiento de huertos de kiwi, contribuyendo a reducir la dependencia de importaciones, incrementar la diversificación de la producción frutícola nacional y a impulsar una producción nacional de alto valor agregado (Rodríguez-González 2026).

En síntesis, el kiwi puede tener viabilidad de cultivo en México, siempre que se realicen estudios sobre las condiciones locales y se implementen estrategias de manejo adecuadas, principalmente relacionadas con la disponibilidad hídrica, acumulación de horas frío y la protección ante eventos extremos como heladas y sequías. En este sentido, el kiwi representa más que una fruta exótica cultivada en México: constituye un ejemplo de cómo la adaptación agrícola, el

conocimiento local y la investigación científica pueden converger para impulsar nuevas oportunidades productivas en el país.

Agradecimientos

Al Sr. Agustín Armando de la Fuente López por permitarnos realizar observaciones en su huerto ubicado en Acaxochitlán y compartirnos información sobre el cultivo de kiwi de acuerdo con su experiencia. Agradecemos también el valioso trabajo de corrección por parte de los revisores y editores.

Referencias

- Chou-Fen L., Ferguson A. 1986.** The botanical nomenclature of the kiwifruit and related taxa. *New Zealand Journal of Botany*, 24 (1): 183-184.
<https://doi.org/10.1080/0028825X.1986.10409728>
- Cruz-Castillo J., Reina-García J., Guerra-Ramírez D., Almaguer-Vargas G., Castañeda-Vildózola, A. 2022.** Producción de kiwi (*Actinidia chinensis*) como contribución a la soberanía alimentaria frutícola de México. *Agro-Divulgación* 2 (4): 59-61.
- FAO (Food and Agriculture Organization). 2024.** *Cultivos y productos de ganadería*. FAOSTAT. (Consultado: 1 Diciembre 2024).
<https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL>
- Ferguson A. 1984.** Kiwifruit: A Botanical Review. *Horticultural Reviews* 6: 1-64.
<https://doi.org/10.1002/9781118060797.ch1>
- Ferguson A., Ferguson L. 2003.** Are kiwifruit really good for you? *Acta Horticulturae* 610: 131-138.
<https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2003.610.16>
- Ferguson A., Seal A. 2008.** Kiwifruit. En: Hancock J. (Ed.) *Temperate fruit crop breeding*, pp. 235-264. Springer.
https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6907-9_8
- García J., García L., Ciordia M. 2015.** *El cultivo de kiwi*. Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA). 143pp.
- Guerra-Ramírez D., Galicia M., Salgado-Escobar I., Cruz-Castillo J. 2021.** Características fisicoquímicas y funcionales de la fruta kiwi en una zona tropical de altura en México. *Revista Fitotecnia Me-*

- xicana* 44 (1): 103-106.
<https://doi.org/10.35196/rfm.2021.1.103>
- Huang H., Ferguson A. 2001.** Review: Kiwifruit in China, *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science* 29 (1): 1-14.
<https://doi.org/10.1080/01140671.2001.9514154>
- Hunter D., Skinner M., Ferguson A., Stevenson L. 2010.** Kiwifruit and health. En: Watson R., Preedy V. (Eds.). *Bioactive foods in promoting health*, pp. 565-580. Academic Press.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374628-3.00037-2>
- La Jornada. 2021.** Rancho en Acaxochitlán paraíso de bosque y kiwi. *La Jornada Hidalgo*. (Consultado: 25 Marzo 2026).
<https://lajornadahidalgo.com/rancho-en-acaxochitlan-paraíso-de-bosque-y-kiwi>
- López-Sobaler A., Aparicio A., Ortega R. 2016.** Beneficios nutricionales y sanitarios asociados al consumo de kiwi. *Nutrición Hospitalaria* 33 (4): 21-25.
https://scielo.isciii.es/pdf/nh/v33s4/05_original.pdf
- Malagón J. 2020.** Cultivo del kiwi. *Generalitat Valenciana Dirección General de Desarrollo Rural*. 1-5 pp.
<http://hdl.handle.net/20.500.11939/6712>
- Rodríguez-González E. 2026.** Evaluación agroclimática del cultivo del kiwi (*Actinidia deliciosa*) en el municipio de Acaxochitlán, Hidalgo. Tesis de Licenciatura, Facultad de Filosofía y Letras, UNAM. 108 págs.
- Secretaría de Economía. 2023.** *Data México*. (Consultado: 10 Noviembre 2023).
<https://www.economia.gob.mx/datamexico/es/profile/product/kiwis-fresh>
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2024.** *Anuario Estadístico de la Producción Agrícola*. (Consultado: 5 Diciembre 2024).
<https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- Ward C., Courtney D. 2013.** Kiwifruit: taking its place in the global fruit bowl. *Advances in Food and Nutrition Research* 68: 1-14.
<http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-394294-4.00001-8>

¿Qué comemos cuando comemos?

Manuel Jesús Cach-Pérez^{1*}, María Guadalupe Carrillo-Galván², Nadia Azenet Pelallo Martínez² e Itandehui Castro Quezada¹

¹El Colegio de la Frontera Sur – Villahermosa. Carretera a Reforma Km. 15.5 s/n. Ra. Guineo 2ª. Sección. 86280, Villahermosa, Tabasco. México

²Investigadora por México SECIHTI – Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo – Colima. Ex-hacienda Nogueras, 28450 Comala, Colima, México.

*mcach@ecosur.mx

Resumen

Comer representa identidad y cultura, pero algunos alimentos industrializados están desplazando la dieta tradicional en México. Estos productos, pobres en nutrientes, pueden incrementar el riesgo de enfermedades como obesidad, hipertensión y diabetes. Para recuperar el bienestar, es esencial retomar patrones de alimentación como la dieta de la milpa, donde el frijol provee proteína, el maíz nixtamalizado aporta carbohidratos, fibra y calcio, y la calabaza brinda grasas y antioxidantes clave. Revalorizar estos ingredientes ancestrales protege nuestra salud y ayuda a conservar nuestro patrimonio biocultural.

Palabras clave: Alimentos ultraprocesados, compuestos bioactivos, dieta de la milpa.

Comer es más que un simple acto para nutrir al cuerpo, es también un medio de convivencia, fortalecimiento de lazos sociales, un vehículo de identidad cultural y un vínculo profundo con nuestro territorio. A través de la cocina, preservamos saberes ancestrales que han pasado de generación en generación, convirtiendo cada ingrediente en un testimonio vivo de nuestra historia. Sin embargo, ¿sabes qué comes cuando comes? Por milenios, diferentes

pueblos en el mundo desarrollaron dietas acordes a la disponibilidad de ingredientes de los que disponían (animales, vegetales, especias, etc.) y que proveen también de identidad cultural e histórica en platillos representativos. Asociamos, por ejemplo, el aceite de oliva con la dieta mediterránea, mientras relacionamos al maíz y la dieta de la milpa con la cocina mexicana. A pesar de esta diversidad, podemos encontrar una gran coincidencia: el origen natural y ancestral de los ingredientes que integran los platillos más representativos de cada región del país. Sin embargo, a pesar de que en el mundo existen entre 7,000 y 30,000 especies de plantas que se consideran comestibles, el 60% de las calorías que obtenemos de los vegetales viene sólo del arroz, trigo y maíz (Khoury *et al.* 2023).

Además de lo arriba señalado, y a pesar de que en México podemos encontrar hasta 64 razas de maíz y más de 45 variedades de frijol, por ejemplo, en el país la alimentación ha experimentado un cambio profundo durante las últimas décadas, siguiendo una tendencia mundial, donde se han desplazado productos de la dieta tradicional por alimentos ultraprocesados, debido a fenómenos como la globalización y el fácil acceso a los alimentos procesados y ultraprocesados. Datos del INEGI (2024) indicaron

un aumento en la compra de alimentos procesados (30%) y de alimentos ultraprocesados (20.5%) entre el 2006 y 2022, mientras que el gasto en alimentos no procesados se mantuvo prácticamente constante. De hecho, la industria alimentaria aporta en promedio el 22.42% del producto interno bruto (PIB) manufacturero y el 3.72% del PIB nacional (Moctezuma-López 2023). Estas cifras confirman una tendencia a consumir menos alimentos saludables en los hogares mexicanos.

De la fábrica a la mesa: los alimentos ultraprocesados

Pero... ¿qué es un alimento ultraprocesado? Para entenderlo fácilmente, podemos decir que no son realmente un alimento (en términos de sus aportes nutrimentales), sino preparaciones industriales diseñadas para parecer comida, saber muy rico y durar meses en una tienda. Estos alimentos se fabrican a partir de procedimientos industriales complejos en los que se combinan muchos ingredientes químicos como aditivos, edulcorantes, saborizantes, entre otros (Monteiro *et al.* 2019).

Por ello, la forma más sencilla de reconocerlos es mirar la lista de ingredientes: si en la etiqueta ves nombres de ingredientes que no tienes en tu alacena y que jamás usarías para cocinar en casa (como glutamato monosódico, jarabe de maíz de alta fructosa, sólo por mencionar algunos ejemplos), estás ante un producto ultraprocesado. Por ejemplo, un "polvo para preparar bebida sabor piña" jamás ha estado cerca de una piña real, sino que es una receta de laboratorio diseñada para ser hiperpalatable (es decir, que tu cerebro mande señales para que no puedas dejar de consumirla).

¿Por qué estos productos ultraprocesados podrían ser un problema? No es que un día comamos un paquete de galletas y pase algo grave, el problema es la frecuencia con la que los consumimos. Estos productos desplazan a la comida con mayor aporte nutrimental porque son baratos, accesibles, rápidos y muy agradables al paladar, por lo que dejamos de

comer frutas, verduras o alimentos verdaderamente nutritivos. Otro problema es que estos productos alteran la sensación de saciedad, ya que su alta concentración de grasas, azúcares y sal retrasa la señal biológica de que estamos llenos. Además, aportan únicamente "calorías vacías", es decir, que proveen una gran cantidad de energía, pero carecen de la fibra, vitaminas y minerales esenciales para el organismo.

Si bien padecimientos como la obesidad y la diabetes tipo II pueden ser multifactoriales (interacción de factores sociales, psicológicos, genéticos, dietéticos, entre otros), el consumo recurrente de productos ultraprocesados puede generar un impacto negativo en nuestra salud, causando sobrepeso y obesidad ya que distorsionan las señales de saciedad en nuestro cerebro, lo que nos lleva a comer más de lo necesario. Al mismo tiempo, su elevado aporte de sodio (sal) favorece la hipertensión arterial al forzar al cuerpo a retener líquidos, lo que incrementa el volumen sanguíneo y la presión en las arterias.

La presencia de grasas *trans* y aceites refinados (por ejemplo, aceites de soya o maíz refinados) eleva el riesgo de enfermedades cardiovasculares, pues aumenta el colesterol "malo" y promueve una inflamación crónica que facilita la formación de placas de grasa en las arterias y aumenta el riesgo de infartos. Finalmente, el exceso de harinas y azúcares añadidos provoca picos de glucosa en la sangre que agotan al páncreas, pues lo hacen trabajar mucho más de lo normal; este proceso, de volverse cotidiano, podría contribuir a la resistencia a la insulina, lo que representa la antesala de la diabetes tipo II.

Para el año 2023, 40.7% de la población adulta tenía obesidad, el 30.9% hipertensión y el 18.5% diabetes tipo II; en la figura 1 se puede observar como el incremento del gasto (adquisición) de productos procesados y ultraprocesados podría asociarse con una mayor incidencia de obesidad y diabetes tipo II en la población adulta del país.

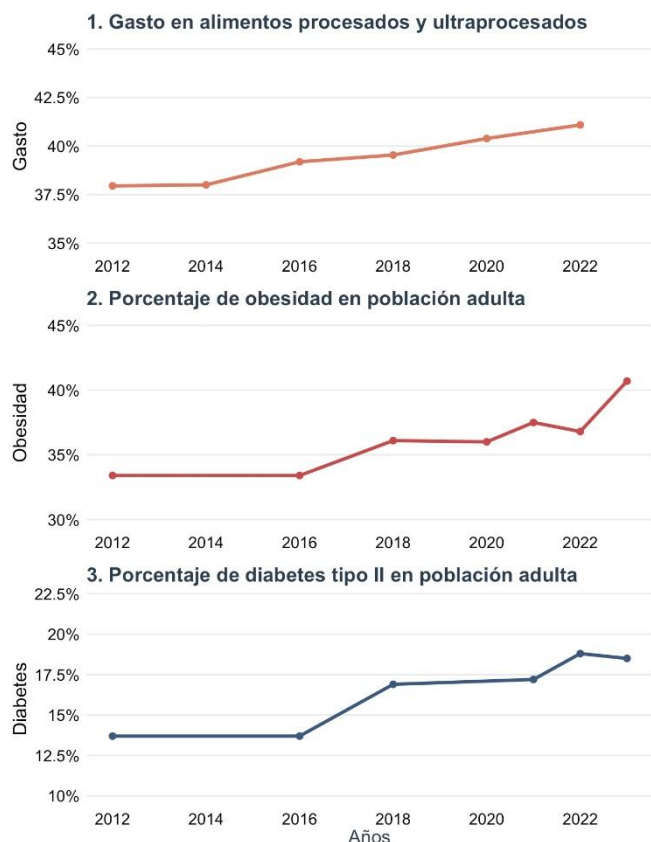


Figura 1. Cambios registrados entre los años 2012 y 2023 para: 1) el porcentaje de los ingresos que se destinan a la compra de alimentos procesados y ultraprocesados; 2) porcentaje de la población adulta con obesidad y 3) porcentaje de la población adulta que presenta diabetes tipo II. (Elaborado por Manuel J. Cach Pérez con datos de INEGI (2024) y del Instituto Nacional de Salud Pública (2026)).

Volver a la milpa: el reencuentro con nuestra salud

En resumen, los ultraprocesados no son solo “comida de mala calidad”, son productos que desequilibran nuestras señales de hambre, inflaman nuestras arterias y modifican nuestro metabolismo. Por ello, debemos volver la mirada a los alimentos que hemos dejado de consumir y que realmente nos nutren. Antes de la industrialización de la comida, entre los alimentos de mayor consumo en la población mexicana se encuentran los presentes en la dieta de la milpa, cuyos componentes centrales: el maíz, el frijol y la calabaza, además de otros como el chile, han sido el soporte del desarrollo de civilizaciones milenarias. Aquí te compartimos algunos de los

principales beneficios nutricionales y funcionales de cada uno de ellos.

El maíz (Fig. 2) constituye una de las principales fuentes de energía de la dieta debido a su contenido de carbohidratos complejos que proporcionan energía de forma gradual, lo cual favorece la saciedad y no provoca picos de glucosa en sangre. Además, el proceso tradicional de nixtamalización incrementa la disponibilidad de calcio y mejora el aprovechamiento de nutrientes como la vitamina B3. También aporta fibra dietaria, importante para la salud digestiva y el adecuado funcionamiento de la microbiota intestinal (Slavin 2013). Por su parte, el frijol (Fig. 3) destaca por su alto contenido de proteínas vegetales, fibra y almidón resistente, lo que favorece la saciedad, contribuye a un metabolismo energético óptimo, al equilibrio de la microbiota intestinal y el adecuado funcionamiento digestivo (Messina 2014). Además, el frijol aporta hierro, magnesio, potasio y vitaminas del grupo B, nutrientes importantes para la producción de energía y diversas funciones celulares y, si consideramos que además de los clásicos frijoles podemos consumir otras especies como los ibes, estamos ante una riquísima diversidad que aporta a nuestra salud.

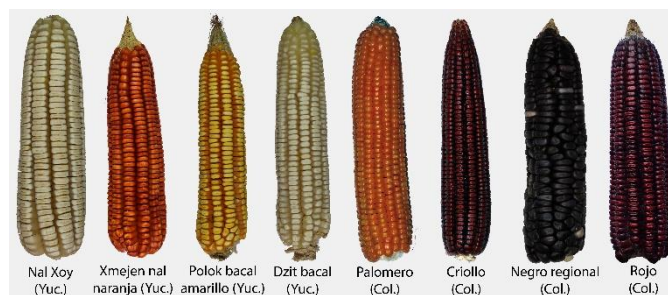


Figura 2. Pequeño ejemplo de la diversidad de maíces de Yucatán (Yuc.) y Colima (Col.). Las mazorcas son de distinto tamaño pero se colocan del mismo tamaño con fines ilustrativos. (Fotografía: Manuel J. Cach Pérez.)

Es importante considerar que los aminoácidos se clasifican en esenciales y no esenciales. Los esenciales son aquellos que el organismo no puede sintetizar y, por lo tanto, deben obtenerse a través de la dieta. Las proteínas del frijol son ricas en lisina y otros aminoácidos esenciales como leucina, isoleucina, valina, fenilalanina y treonina; sin embargo,



Figura 3. Muestra de la diversidad de colores en semillas de maíces y frijoles nativos (Fotografía: Manuel J. Cach Pérez).

son deficientes en metionina. En contraste, las proteínas del maíz contienen mayores cantidades de metionina, pero son deficientes en lisina y triptófano. Por ello, la combinación de frijol y maíz constituye un ejemplo de complementación proteica, ya que los aminoácidos limitantes de uno son aportados por el otro. Además, tanto los maíces de colores, como el maíz azul o morado, como algunas variedades de frijol (negros y rojos), contienen antocianinas, compuestos que ayudan a disminuir el daño celular asociado a procesos inflamatorios y metabólicos relacionados con enfermedades crónicas como la diabetes, la obesidad y las enfermedades cardiovasculares. Para complementar el consumo de maíz y frijol en nuestra dieta, se recomienda adicionar el consumo de legumbres con pseudocereales como el amaranto, cuya proteína tiene alto valor biológico y nutricional.

Finalmente, la calabaza se caracteriza por su alto contenido de agua y fibra soluble, lo que contribuye a la salud digestiva y a la sensación de saciedad (Slaivin & Lloyd 2012). También es rica en carotenoides, compuestos precursores de la vitamina A que contribuyen a la protección de la salud visual y celular. Además, aporta vitaminas C y E, minerales como el potasio y el manganeso. Sus semillas o pepitas contienen ácidos grasos saludables, zinc y magnesio, nutrientes relevantes para las funciones metabólicas e inmunológicas (Patel 2013). En conjunto, estos alimentos se complementan nutricionalmente: el maíz aporta principalmente energía, el frijol complementa con proteína vegetal y fibra, mientras que

la calabaza proporciona grasas, vitaminas, minerales y compuestos antioxidantes. Esta combinación favorece una alimentación variada y equilibrada, con beneficios para la salud digestiva, metabólica y cardiovascular. Elegir lo que comemos es una de las herramientas más poderosas que tenemos para reclamar nuestra salud. Al revalorizar los ingredientes de la milpa, no solo optamos por una calidad nutricional que protege nuestra salud, sino que contribuimos a que los productos ultraprocesados no desplacen a la comida real. Regresar al consumo del maíz, el frijol y la calabaza es honrar los saberes ancestrales que han sobrevivido por generaciones a través de la cocina.

Agradecimientos: A la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación por el apoyo a través del proyecto PEE-2025-G-603 y ECOSUR por el proyecto fiscal 3102411979.

Referencias

- INEGI. 2024.** Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (ENIGH). (Consultado el 25 de abril de 2026).
<https://www.inegi.org.mx/programas/enigh/nc/2024/>
- Instituto Nacional de Salud Pública. 2026.** Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (ENSANUT). Secretaría de Salud, Gobierno de México.
<https://ensanut.insp.mx>
- Khoury C.K., Sotelo S., Amariles D., Hawtin G. 2023.** The plants that feed the world—Baseline data and metrics to inform strategies for the conservation and use of plant genetic resources for food and agriculture. Rome, FAO.
<https://doi.org/10.4060/cc6876en>
- Messina V. 2014.** Nutritional and health benefits of dried beans. *The American Journal of Clinical Nutrition* 100 (suppl_1): 437S-442S.
<https://doi.org/10.3945/ajcn.113.071472>
- Moctezuma-López G. 2023.** Contribución de la agroindustria alimentaria mexicana al producto interno bruto durante 1993-2019. *Revista Mexicana de*

Ciencias Agrícolas 14(7): e2901.

<https://doi.org/10.29312/remexca.v14i7.2901>

Monteiro C.A., Cannon G., Lawrence M., Costa Louzada M.L., Pereira Machado P. 2019. Ultra-processed foods, diet quality, and health using the NOVA classification system. Roma, FAO.

<https://www.fao.org/4/ca5644en/ca5644en.pdf>

Patel S. 2013. Pumpkin (*Cucurbita* sp.) seeds as nutraceutical: a review on status quo and scopes. *Mediterranean Journal of Nutrition and Metabolism* 6(3): 183–189.

Mediterranean Journal of Nutrition and Metabolism 6(3): 183–189.

<https://doi.org/10.1007/s12349-013-0131-5>

Slavin J. 2013. Fiber and prebiotics: Mechanisms and health benefits. *Nutrients* 5: 1417-1435.

<https://doi.org/10.3390/nu5041417>

Slavin J.L., Lloyd B. 2012. Health benefits of fruits and vegetables. *Advances in Nutrition* 3: 506-516.

<https://doi.org/10.3945/an.112.002154>

Evolución de la sociabilidad y la cooperación en las abejas

Alejandro Pérez Morfi* y José Carlos Tapia Rivera

Centro de Investigaciones en Abejas (CIABE), Universidad de Guadalajara. Av. Enrique Arreola Silva #883, Colonia Centro, 49000, Ciudad Guzmán, Jalisco, México.

*alejandro.perez@academicos.udg.mx

Resumen

Las abejas comprenden un grupo de insectos con una notable diversidad en tamaño, coloración, hábitos y estructuras sociales. Su espectro de sociabilidad abarca desde especies completamente solitarias hasta sociedades complejas o eusociales, y todas estas formas derivan del cuidado parental y de la cooperación entre hembras. En la mayoría de los casos, las abejas organizan su vida en torno a vínculos de colaboración entre hermanas o compañeras de nido, mientras que los machos suelen desempeñar únicamente funciones reproductivas. Más que un rasgo fijo, la sociabilidad en las abejas constituye un continuo evolutivo que va desde especies completamente solitarias hasta sistemas altamente cooperativos. A lo largo de este recorrido, el presente artículo explora las distintas formas de cooperación presentes en las abejas, destacando que estas interacciones no surgen de decisiones conscientes ni de posicionamientos éticos, sino de procesos evolutivos que han favorecido la cooperación entre individuos a lo largo del tiempo.

Palabras clave: Castas reproductivas, cuidado parental, división del trabajo, eusocialidad.

En el mundo han sido descritas unas 20 000 especies de abejas, las cuales muestran una gran variación en cuanto a tamaño del cuerpo, coloración, hábitos de pecoreo (recolección de polen y néctar), zonas donde habitan y niveles de socialización (Michener 2007). El espectro de sociabilidad en las abejas abarca una amplia gama de comportamientos, desde hábitos solitarios hasta formas gregarias y sociales, y tiene como base el surgimiento del cuidado parental. Este último se origina a partir del contacto prolongado de una madre con sus crías y, posteriormente, se complejiza mediante la cooperación entre abejas hembra (emparentadas o no) que se asocian para participar en el cuidado de la descendencia. Independientemente del tipo de vida en grupo que adopten, los sistemas sociales de las abejas pueden entenderse de manera metafórica como un sistema matriarcal ya que se basan casi por completo en las hembras, puesto que los machos generalmente cumplen únicamente roles reproductivos. En este marco conductual, el espectro de sociabilidad de las abejas se sitúa entre dos extremos, por un lado, las abejas solitarias y, por otro, las eusociales, siendo estas últimas las de mayor complejidad social (Wcislo & Fewell 2017).

Las abejas **solitarias** son las ermitañas del espectro, tal parece que se “engentan” con facilidad, así que, excepto por los encuentros reproductivos con los machos, las hembras viven y llevan a cabo todo el proceso de crianza solas. Por tanto, una abeja solitaria hembra es la que construye y mantiene el nido, la que pone los huevos, la que trae la comida y la guardiana. A partir de este estilo de vida independiente, surge la primera transición hacia formas de convivencia grupal. En algunas especies, varias hembras adultas comparten un mismo nido y colaboran entre sí, aun cuando no están emparentadas, estas especies, conocidas como abejas **parasociales**, incluyen a las **comunales** y las **cuasisociales**, y representan los primeros pasos hacia modos más complejos de cooperación.

Entre las hembras de las abejas comunales no hay diferencias morfológicas y todas son reproductivamente activas, pero se apoyan para hacer los nidos. Por ejemplo, una vez que varias abejas mineras (*Andrenidae*) se aparearon y están listas para poner huevos, se organizan y cooperan en la excavación y construcción del nido. No obstante, hasta ahí llega la ayuda entre las mineras comunales, una vez hecho el nido, cada una construye y abastece individualmente sus propias celdas de cría (Fig. 1). La diferencia entre las especies comunales y las cuasisociales (ejemplo, *Xylocopini* o abejas carpinteras), es



Figura 1. Las abejas mineras, como *Panurgus calcaratus*, viven en comunidades donde varias hembras fundadoras trabajan juntas para excavar y construir sus nidos bajo tierra. Aunque comparten el esfuerzo de crear el hogar, cada una se encarga de alimentar y cuidar únicamente a sus propias crías. (Fotografías: iNaturalist, izquierda: jana682 (<https://www.inaturalist.org/observations/227742697>); derecha: Michael Skeggs (<https://www.inaturalist.org/observations/229961485>)).

que, en estas últimas, todas las abejas madres contribuyen al cuidado de las crías. Algo interesante es que las abejas con organización comunal suelen pertenecer a grupos distintos de aquellas que presentan formas semisociales o eusociales, es decir, no se trata de las mismas especies que avanzan hacia sistemas más complejos, sino de linajes diferentes que han seguido trayectorias evolutivas propias. Esto sugiere que la vida comunal sin castas no es una etapa intermedia hacia las sociedades con castas, sino una alternativa evolutiva distinta (Engels 1990).

En algunas otras especies de abejas la cooperación entre hermanas aumenta y aparecen las abejas **semisociales** (Fig. 2). Aunque este tipo de conducta es voluntaria, es decir, las abejas pueden transicionar entre ser solitarias o semisociales, condiciones ambientales como la estacionalidad y la competencia por recursos, en combinación con conductas de base genética, como la tolerancia hacia otras hembras y/o el cuidado materno, contribuyen a la conformación de colonias semisociales. En este caso, en un nido nacen varias hermanas que se quedan en él junto con la madre fundadora. La característica distintiva es que en las abejas semisociales se observan los primeros indicios de una división del trabajo. Las hermanas de nidos semisociales se dividen entre ponedoras de huevos y recolectoras de recursos y



Figura 2. Las abejas del género *Augochloropsis* viven en pequeños hogares semisociales donde varias hembras comparten el mismo nido. Allí se organizan con una clara división del trabajo: una o varias actúan como las principales ponedoras de huevos, mientras que las demás asumen tareas de obreras y auxiliares para mantener la colonia en funcionamiento. (Fotografías tomadas de iNaturalist: ambas de Michelle Orcutt (<https://www.inaturalist.org/observations/314672184> y <https://www.inaturalist.org/observations/318066081>)).

trabajan juntas para cuidar y alimentar a las crías. Sin embargo, estas abejas pueden cambiar de rol en cualquier momento, por lo que las colonias se vuelven parasociales, las hermanas eventualmente podrían abandonar el grupo, comenzar sus propios nidos y convertirse en fundadoras.

Un caso interesante en la evolución de la sociabilidad son las abejas alodapinas (Allodapini: Apidae) consideradas como semisociales, eusociales (Wcislo & Fewell 2017) o **subsociales** (Engels 1990) (Fig. 3). Las abejas alodapinas madres crían las larvas juntas en túneles abiertos alimentándolas de forma continua, en lugar de en celdas individuales como lo hacen otras abejas. Por tanto, las crías alodapinas dependen totalmente de las madres para su defensa y supervivencia, lo que implica un contacto prolongado entre las crías y las hembras adultas que las cuidan, diferenciándolas de las abejas solitarias. Además, en todas las especies alodapinas es posible encontrar entre dos y ocho abejas adultas compartiendo el nido durante el período de cría, lo que implica que hay más de una madre cuidando las crías. En estas abejas también es posible encontrar división del trabajo, ya que en nidos de la especie *Exoneura robusta* (Cockerell) la primera hermana en nacer es la más impositiva y la que asume la dominancia reproductiva, mientras las hermanas fungen como ayudantes.



Figura 3. Las abejas alodapinas son de tamaño muy pequeño, derecha ejemplar de obrera del género *Exoneurella*. Las reinas de *Exoneurella tridentata* (izquierda) tienen los ovarios agrandados por lo que son de mayor tamaño que las obreras. (Fotografías: izquierda Caroline Harding (https://en.wikipedia.org/wiki/Exoneurella_tridentata#/media/File:Exoneurella_tridentata_f.jpg); derecha Engel & Rasmussen (2020)).

Todas las formas de sociabilidad mencionadas tienen como factor común el hecho de que las hermanas eventualmente deciden independizarse y construir sus propios nidos. Sin embargo, no siempre hay abundancia de nuevos sitios para anidar o los sitios existentes ya están ocupados. Por ejemplo, algunas especies como las abejas carpinteras anidan en cavidades en la madera, pero se verían limitadas si debido a condiciones ambientales emergentes se reduce el número de árboles. Otras especies de abejas dependen de que larvas de escarabajos hagan las cavidades en los árboles para ellas aprovecharlas, por lo que una disminución en las poblaciones de escarabajos o la depredación de sus larvas limitaría su anidación.

Independientemente de la causa, las condiciones ambientales pueden ser un factor limitante en la anidación de las abejas hermanas que se quieran independizar, lo cual puede forzarlas a quedarse en el nido. En este sentido, existe una creciente evidencia de que la eusocialidad (la verdadera sociabilidad) en las abejas probablemente evolucionó mediante una ruta en la que las hermanas permanecen en el nido de forma facultativa —quizás porque no tuvieron otra opción— y ayudan a criar a la nueva generación de hermanas o medias hermanas y a la descendencia de estas. Las inferencias sobre el comienzo de la evolución social en abejas sugieren una sucesión en serie de la dominancia reproductiva, donde las hembras adultas más jóvenes esperan para reemplazar a las hembras viejas o fallecidas, que anteriormente eran dominantes.

Por ello, se propone que la permanencia voluntaria de las hermanas en el mismo nido dio origen a la eusocialidad, ya que permitió reforzar la división del trabajo y que, en muchos casos, solo una de ellas se encargara de la reproducción. Dependiendo de qué tan fuertes sean estas dinámicas, se distinguen dos niveles de organización social: las **abejas eusociales primitivas** y las **altamente eusociales**. En las primeras, todas las hembras tienen la capacidad de poner huevos, pero suelen ceder ese papel a la hermana dominante —una especie de “cuasi-reina”— y asumen otras tareas dentro del nido. Por ejemplo, en

especies como la abeja sudorípara —sí, les gusta el sudor de los mamíferos— *Megalopta genalis* (Meade-Waldo) (Halictidae), las hembras adultas pueden reproducirse, pero eligen no hacerlo cuando hay una reina activa en funciones, es decir, poniendo huevos. En esas condiciones, adoptan el papel de obreras, ayudando en las tareas del nido (Fig. 4). Sin embargo, la división entre reinas y obreras no ocurre por elección democrática, sino más bien por dominancia impuesta. En esta especie las obreras son igual de capaces de reproducirse que las reinas, por lo que pueden formar nuevos nidos, no obstante, las obreras son más pequeñas. Esta diferencia en tamaño, se hipotetiza, ocurre porque la reina le da menos comida a las hijas que quiere que sean obreras, lo que provoca que sean más pequeñas y más fáciles de dominar (Smith *et al.* 2009). Esto se complementa con que las reinas tienen los ovarios más grandes, lo cual posiblemente las hace más agresivas y más dominantes con sus hijas, quienes se convierten en obreras a tiempo completo.



Figura 4. *Megalopta* sp., un género de abejas que incluye especies con formas primitivas de vida social, donde las hembras pueden reproducirse, pero suelen ceder ese papel a una dominante y colaborar como obreras. (Fotografía tomada de iNaturalist, Luke Padon (<https://www.inaturalist.org/observations/167258702>)).

La diferencia entre las abejas eusociales primitivas —como las abejas sudoríparas mencionadas anteriormente— y las altamente eusociales (eusocialidad obligada) radica en que, en estas últimas, la esterilidad de las obreras constituye un rasgo permanente (Fig. 5). En términos evolutivos, se produce una transición desde la eusocialidad primitiva, en la

que todas las hembras conservan la capacidad de establecer nuevos nidos, aunque generalmente no lo hacen y presentan una esterilidad funcional, hacia la eusocialidad obligada, donde las obreras han perdido la capacidad de fundar sus propios nidos. Aunque las obreras de las especies altamente eusociales mantienen cierta capacidad reproductiva al poder producir machos a partir de óvulos no fecundados, ya no pueden convertirse en reinas funcionales ni fundar nuevas colonias por sí mismas.

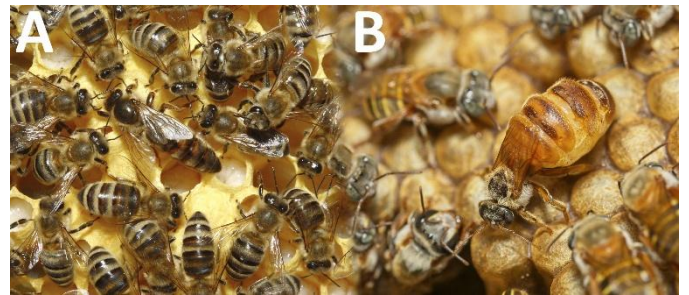


Figura 5. Abejas altamente eusociales. A. *Apis mellifera*. B. *Melipona beecheii*, (Fotografías: (A) Waugsberg (https://es.wikipedia.org/wiki/Polietismo_temporal#/media/Archivo:Bienenkoenigin_43a.jpg); (B) Jorge Ramírez Pech)).

La eusocialidad obligada es poco frecuente desde una perspectiva evolutiva y se encuentra restringida a dos tribus de abejas sudoríparas dentro de Halictidae (Augochlorini y Halictini), así como a dos linajes de Apidae: Allodapini y las abejas corbiculadas, caracterizadas por poseer “cestas de polen” en el tercer par de patas. Este último grupo incluye algunos de los ejemplos más conocidos de eusocialidad, como los abejorros, la abeja melífera (*Apis mellifera* L.) y los meliponinos o abejas sin aguijón.

En las abejas altamente eusociales, la dominancia reproductiva de la reina es una característica genéticamente fijada y regulada hormonalmente —al menos en *Apis mellifera*—, ya que la reina secreta feromonas que inhiben el desarrollo de los ovarios de las obreras. Sin embargo, el enfoque de la reproducción cambia en las abejas altamente eusociales. En los niveles anteriores de sociabilidad, la unidad reproductiva es la abeja como individuo, que busca procrear y dejar descendencia, independientemente de si su capacidad reproductiva se ve limitada o no. En cambio, en las especies altamente

eusociales la vida en colonia es obligatoria, y los individuos —reinas y obreras— dependen mutuamente para sobrevivir. En este punto, la capacidad reproductiva del colectivo se impone sobre la del individuo: la colonia, y no la abeja, se convierte en la verdadera unidad biológica de reproducción. Así, las obreras crían a las hijas de la reina, que también son sus hermanas, mientras que la reina no puede vivir sin sus hijas, que son las encargadas de mantener la colonia, ni estas existirían sin ella. Las obreras asumen distintas tareas dentro de la colonia que permiten la supervivencia de todos los miembros, incluidas ellas mismas, alcanzando la cúspide de la cooperación a través del altruismo entre hermanas.

En resumen, la sociabilidad en las abejas ha transitado por distintas etapas que no necesariamente forman una escala lineal de evolución. En el nivel más básico se encuentran las abejas solitarias, donde una hembra construye el nido, deposita los huevos, deja alimento para su desarrollo y luego se retira. En contraste, las especies parasociales reúnen a hembras adultas no relacionadas que comparten el nido y pueden (en las cuasisociales) o no (en las comunales) cooperar en el cuidado de las crías. Por otro lado, en las especies semisociales, las hermanas de la misma generación conviven en un mismo nido y establecen una división del trabajo en la que no todas se reproducen. Por último, las abejas subsociales y las eusociales organizan sus sociedades sobre la cooperación entre madres e hijas, siendo las eusociales las que exhiben la forma más clara de especialización reproductiva.

Más allá de su complejidad biológica y conductual, las abejas (*Anthophila*) representan algunos de los ejemplos más notables de cooperación en la naturaleza. Su organización social, tejida por la ayuda mutua por el bien colectivo nos invita a una profunda reflexión sobre el valor de ser comunidad: comprender que, para avanzar como especie, debemos dejar atrás la competencia y construir una sociedad orientada hacia el bien común. Como las grandes maestras ancestrales de nuestro planeta, las abejas nos enseñan la lección fundamental: una sola flor no hace primavera; ninguna sociedad florece en la rivalidad, sino en el pacto innegociable de la solidaridad.

Referencias

- Engel M.S., Rasmussen C. 2020.** Corbiculate Bees. En: Starr C. (Ed.), *Encyclopedia of Social Insects*. Springer International Publishing, Cham, pp. 1–9.
https://doi.org/10.1007/978-3-319-90306-4_30-1
- Engels W. (Ed.) 1990.** *Social Insects: An Evolutionary Approach to Castes and Reproduction*. Springer Verlag. 264 pp.
<https://doi.org/10.1007/978-3-642-74490-7>
- Michener C.D. 2007.** *The bees of the world*. JHU press. 972 pp.
- Smith A.R., Kapheim K.M., O'Donnell S., Wcislo W.T. 2009.** Social competition but not subfertility leads to a division of labour in the facultatively social sweat bee *Megalopta genalis* (Hymenoptera: Halictidae). *Animal Behaviour* 78: 1043–1050.
<https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2009.06.032>
- Wcislo W., Fewell J.H. 2017.** Sociality in Bees. En: D.R. Rubenstein & P. Abbot (Eds.), *Comparative social evolution*. Cambridge University Press. pp. 50–83.
<https://doi.org/10.1017/9781107338319.004>

Las puertas del nitrógeno en las plantas: mucho más que simples vías de nutrición vegetal

Federico García Laynes*, Fabiola Guadalupe León García, Ruth Márquez López, Manuel Martínez Estévez e Ileana Echevarría Machado

Unidad de Biología Integrativa, Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C. Calle 43 No. 130 x 32 y 34. Colonia Chuburná de Hidalgo, 97205, Mérida, Yucatán, México.

*ubi_flaines@cicy.mx; ferer_dna@hotmail.com

Resumen

El crecimiento y desarrollo de las plantas dependen de un suministro constante de nutrientes minerales, entre los cuales el nitrógeno destaca por su impacto en la productividad agrícola. Debido a su baja disponibilidad en la mayoría de los suelos, este nutriente es uno de los principales factores limitantes. Su incorporación en las plantas ocurre mediante proteínas especializadas llamadas transportadores de nitrato, que actúan como puertas de entrada y regulan su absorción, transporte y redistribución. Más allá de la nutrición, estos transportadores participan en procesos fisiológicos clave, como el rendimiento y la maduración de frutos, que son importantes para la agricultura.

Palabras clave: Absorción, minerales, proteínas especializadas, transportadores.

¿De dónde toman las plantas el nitrógeno?

El nitrógeno (N) es un elemento químico no metálico que constituye aproximadamente el 78% de la atmósfera terrestre (Anas *et al.* 2020). Su importancia para la vida es extraordinaria, ya que forma parte de moléculas fundamentales como el ADN (ácido desoxirribonucleico) y las proteínas, esenciales para el funcionamiento, crecimiento y desarrollo de todos los seres vivos (García-Laynes *et al.* 2026).

Las plantas toman el nitrógeno de los suelos de diversas fuentes que se clasifican de manera general en orgánicas e inorgánicas. Las fuentes orgánicas incluyen principalmente aminoácidos, péptidos, proteínas y urea; las fuentes inorgánicas incluyen el nitrato y el amonio (Yao *et al.* 2020) que son las

más disponibles, siendo el “nitrato” el preferido por la mayoría de las plantas (Pélissier *et al.* 2024). Estos compuestos se generan de manera natural en los suelos a través de procesos como las tormentas eléctricas y la descomposición de la materia orgánica, incluyendo hojas secas, residuos orgánicos y organismos en descomposición. Asimismo, existen microorganismos que poseen la capacidad de captar el nitrógeno presente en la atmósfera y transformarlo en formas químicas que las plantas pueden utilizar para su crecimiento; estos microorganismos pueden ser bacterias que viven ya sea libres en el suelo o formando una asociación con

ciertas plantas en el interior de sus tejidos, y microalgas cianobacterias de ambientes acuáticos o suelos húmedos. A estos procesos naturales se suma la actividad humana mediante la producción industrial de fertilizantes nitrogenados, los cuales han permitido incrementar la disponibilidad de este nutriente en los cultivos agrícolas (Bloom 2015) (Fig. 1). En conjunto, estos procesos naturales y provocados por el ser humano en la obtención de N utilizable por las plantas desempeñan un papel fundamental para mantener la productividad de los cultivos y contribuir a la seguridad alimentaria mundial.

Las plantas obtienen N a partir de:

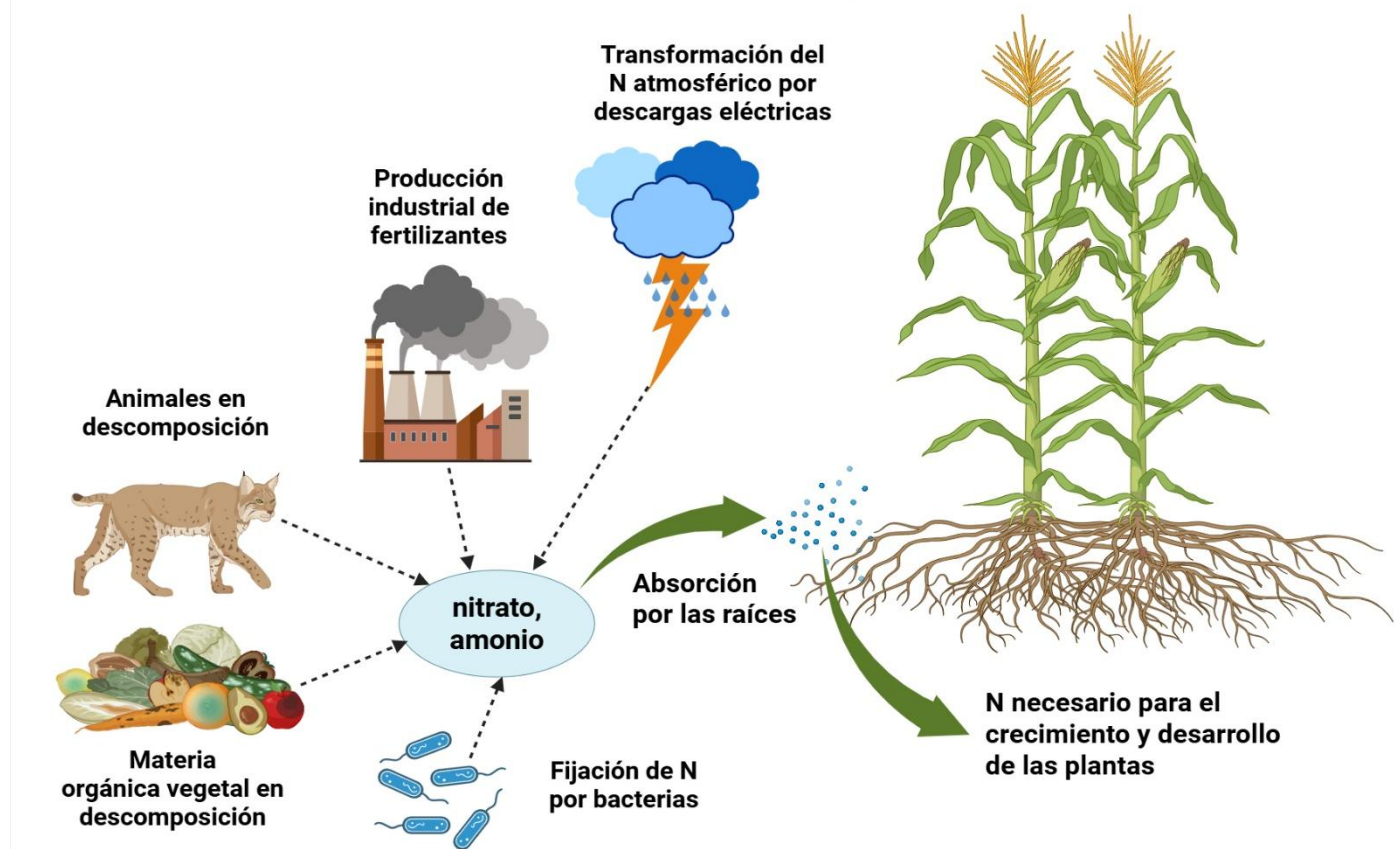


Figura 1. Diferentes fuentes de nitrógeno (nitrato y amonio). N: nitrógeno. (Elaborado por Federico García-Laynes en BioRender).

¿Cómo entra el nitrógeno a las plantas?

El nitrógeno está presente en prácticamente todas las partes de las plantas, pero ¿cómo logra entrar por las raíces y distribuirse hasta los tallos, hojas, y

frutos? Como se mencionó anteriormente, el nitrato es la forma de nitrógeno preferida por la mayoría de las plantas y una de las más abundantes en los suelos, por lo que nos centraremos en este nutriente. El nitrato presente en el suelo ingresa inicialmente a las células de la raíz a través de unas

proteínas especializadas que funcionan como pequeñas puertas moleculares, conocidas como transportadores de nitrógeno o “NRTs” (Nitrate Transporters, por sus siglas en inglés) (O’Brien *et al.* 2016).

Pero ¿qué son exactamente las proteínas? A escala microscópica, en el orden de los nanómetros (1 nanómetro = 0.000000001 metros), las proteínas funcionan como las herramientas biológicas encargadas de mantener en funcionamiento a las células. Participan prácticamente en todos los procesos biológicos de los seres vivos: desde llevar a cabo reacciones químicas y transportar compuestos esenciales, como el nitrógeno que estamos describiendo, hasta desempeñar funciones estructurales que brindan soporte, organización y estabilidad a las células, entre muchas otras funciones.

En el caso de los NRTs, estas proteínas están presentes en cada uno de los tejidos de las plantas, y conforman una familia integrada por diversos miembros especializados en el transporte de N, no solamente desde el exterior de la raíz hacia el interior de las células vegetales (Fig. 2), sino también hacia las diferentes partes de la planta para sostener funciones esenciales como el crecimiento, la fotosíntesis y la formación de frutos. Para ello, distintos miembros de la familia NRTs participan en etapas específicas del transporte. Algunos facilitan la entrada del nitrato en las raíces, mientras que otros se encargan de moverlo a través del tallo hacia las hojas o redistribuirlo hacia órganos en desarrollo, como los frutos (Masclaux-Daubresse *et al.* 2010). De esta manera, las plantas cuentan con una compleja red de transportadores especializados que trabajan coordinadamente para asegurar que el nitrógeno llegue a cada tejido donde es necesario (Fig. 2).

En este contexto, los NRTs representan un ejemplo preciso de cómo estas proteínas se comportan como “máquinas moleculares” sofisticadas, que permiten a las plantas captar y movilizar nutrientes de manera eficiente. Los NRTs se clasifican en dos grandes grupos: transportadores de nitrato de alta

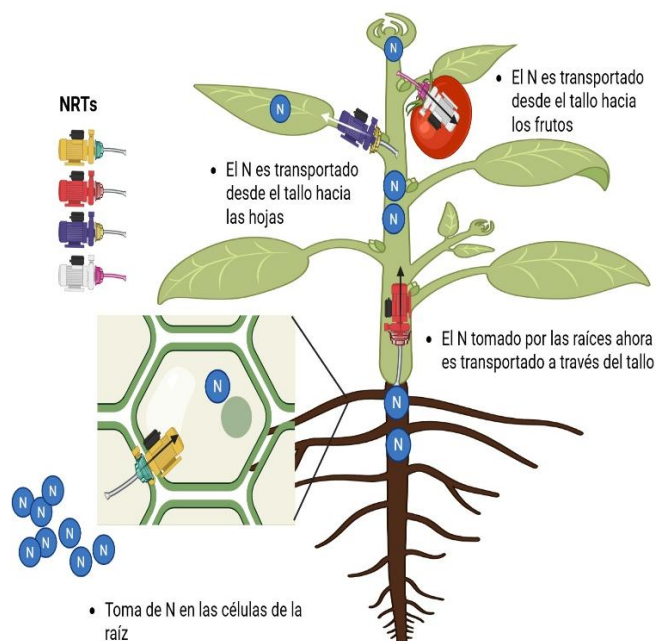


Figura 2. Toma y distribución del N desde la raíz hacia el tallo, las hojas y los frutos a través de diferentes miembros de la familia NRTs. Los diferentes colores de los NRTs representan distintos miembros de esta familia, encargados de transportar el N en tejidos específicos de la planta (raíz, tallo, hojas y frutos). (Elaborado por Federico García-Laynes en BioRender).

afinidad y de baja afinidad. El término de alta o baja afinidad proviene de la disponibilidad de N en el suelo. Cuando el nitrógeno se encuentra en cantidades abundantes en el suelo (por encima de 1 milimolar [mM]), las plantas activan sistemas de transporte especializados en captar grandes cantidades de este nutriente: transportadores denominados de “baja afinidad”. En cambio, cuando el nitrógeno es escaso (concentración menor a 1 mM), las plantas ponen en funcionamiento mecanismos más eficientes que les permiten aprovechar incluso pequeñas cantidades disponibles en el suelo: transportadores de “alta afinidad” (Fig. 3) (Wang *et al.* 2024).

Por otra parte, los NRTs se subclasifican en tres familias, denominados en la literatura como NRT1, NRT2 y NRT3 (Fig. 3). Los NRT1 son transportadores de baja afinidad y los NRT2 y NRT3 de alta afinidad (Fan *et al.* 2017) (Fig. 3). Cada una de las familias de transportadores, desde NRT1 hasta NRT3

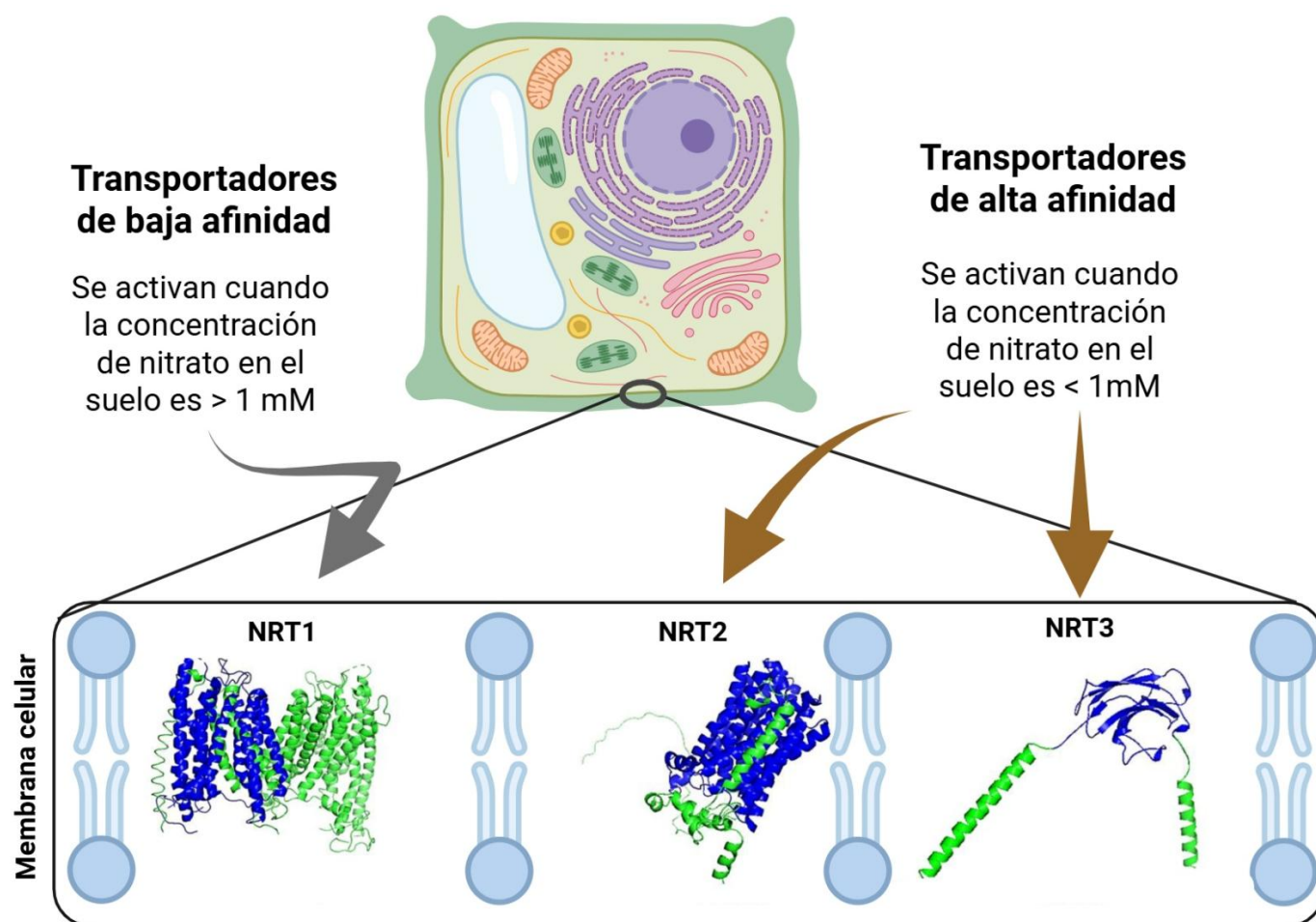


Figura 3. Familias de transportadores de nitrato en plantas. Se presenta un miembro transportador de cada familia de los NRTs en plantas. La escala a la que se encuentran estos transportadores está en nanómetros. (Adaptada de Zayed *et al.* (2023)).

está conformada por diferentes miembros, es decir, hay muchos transportadores que se clasifican en esa misma familia que llevan a cabo el transporte de nitrógeno en forma de nitrato (Zayed *et al.* 2023). Aunque solemos describirlos como “puertas”, la realidad es que estos transportadores poseen estructuras moleculares complejas que no son visibles a simple vista (Fig. 3). Esta complejidad estructural les permite regular con gran precisión la entrada y movilización del N, adaptándose a las condiciones cambiantes del suelo y a las necesidades de la planta.

Hemos mostrado de manera intuitiva cómo trabajan estos transportadores en plantas, sin embargo, detrás de ese transporte hay una regulación extremadamente fina y compleja de cómo y cuándo la planta decide tomar nitrógeno del suelo.

Además de la entrada del N, ¿qué otras funciones cumplen los NRTs?

Los NRTs (NRT1, NRT2 y NRT3) también cumplen otras funciones, dentro de las que destacan el mejoramiento de la fotosíntesis, el aumento en el rendimiento de los cultivos y una mayor eficiencia en la asimilación de otros nutrientes minerales, como el fósforo y el hierro, mediante ajustes en el pH intracelular. Asimismo, estos transportadores favorecen la acumulación de nitrato en las hojas y pueden reducir los tiempos de maduración a través de la regulación de genes relacionados con el metabolismo del N. De manera particularmente interesante, también participan en los mecanismos de defensa de las plantas frente a patógenos, promoviendo la síntesis de compuestos protectores conocidos como fitoalexinas (Aluko *et al.* 2023) (Fig. 4).

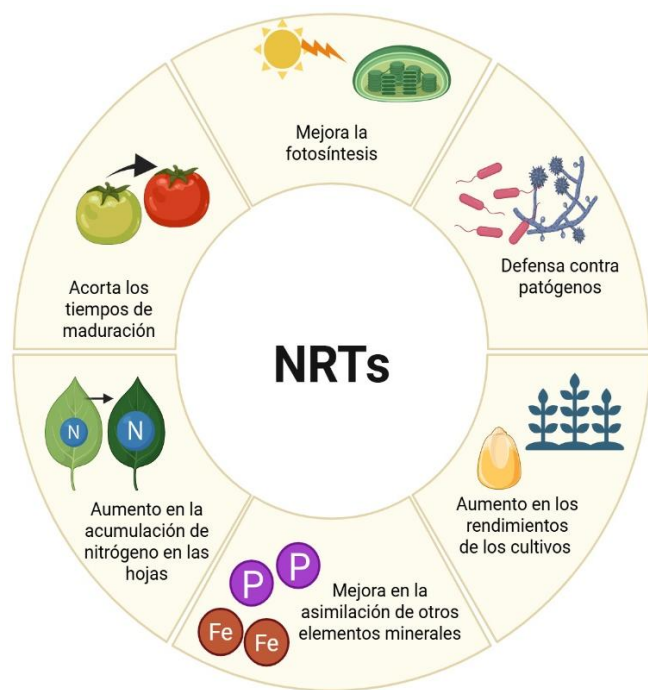


Figura 4. Funciones biológicas demostradas para los NRTs en plantas. (Elaborado por Federico García-Laynes en BioRender).

Estos beneficios en las plantas representan características agronómicas deseadas por los agricultores, ya que no solo favorecen la productividad de los cultivos, sino que también contribuyen positivamente a la calidad ambiental mediante un uso más eficiente del N. Cuando el N no es aprovechado adecuadamente, grandes cantidades pueden perderse hacia el suelo, los cuerpos de agua o la atmósfera, provocando importantes problemas ambientales. Por ejemplo, el exceso de N en ríos y lagos puede estimular un crecimiento descontrolado de algas y microorganismos, fenómeno conocido como eutrofización, que disminuye la concentración de oxígeno en el agua y puede ocasionar la muerte de peces y otros organismos acuáticos. Asimismo, parte del N liberado a la atmósfera puede transformarse en gases contaminantes, contribuyendo al deterioro de la calidad del aire, la formación de lluvia ácida y el aumento del efecto invernadero asociado al cambio climático.

Por otra parte, en plantas como *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. y cultivos agrícolas como el arroz y el tomate han sido posibles avances importantes con respecto al mejoramiento vegetal, gracias al

desarrollo de la ingeniería genética. Esta es una herramienta que permite estudiar y modificar de manera precisa el ADN, la molécula que contiene un código con la información genética necesaria para el desarrollo y funcionamiento de los seres vivos. Mediante esta tecnología, se han logrado estudiar específicamente a los genes que codifican para NRTs, logrando comprender mejor cómo las plantas absorben nitrógeno, y cómo distribuyen y utilizan este nutriente esencial. Este conocimiento ha abierto nuevas posibilidades para desarrollar cultivos más eficientes, productivos y mejor adaptados a las necesidades de la agricultura moderna (Aluko *et al.* 2023).

Retos y oportunidades

A pesar de que el N cumple un papel crucial en la nutrición de todas las especies vegetales, el uso indiscriminado de fertilizantes químicos para tratar de aumentar los rendimientos de los cultivos también conlleva un riesgo debido a la contaminación ambiental que puede generar (Zayed *et al.* 2023). Las cifras actuales reflejan claramente la magnitud de esta problemática. El consumo mundial de fertilizantes nitrogenados pasó de 11.4 millones a 113 millones de toneladas entre 1961 y 2022, lo que representa un incremento superior al 860%. Además, se estima que esta demanda continuará aumentando debido a la necesidad de abastecer de alimentos a una población mundial en constante crecimiento. Por otra parte, del total de nitrógeno aplicado a los cultivos, únicamente entre el 30 y el 50% es aprovechado por las plantas. El resto se pierde principalmente por procesos de lixiviación (filtración de compuestos o elementos a través del suelo por efecto del agua) hacia los suelos y cuerpos de agua, contribuyendo de manera progresiva al aumento de la contaminación ambiental (García-Laynes *et al.* 2026). Debido a esto, surge la necesidad de realizar estudios encaminados a resolver esta problemática, y armonizar la productividad de los cultivos con el cuidado ambiental.

Por lo tanto, el estudio de los transportadores de nitrógeno desempeña un papel fundamental para

abordar esta problemática, ya que este conocimiento permitirá mejorar la eficiencia con la que las plantas absorben y utilizan este nutriente. Asimismo, es importante destacar que los NTRs no solo participan en la absorción y distribución del nitrógeno, sino que también intervienen en diversos procesos biológicos clave, como la respuesta a patógenos, el incremento del rendimiento y la regulación del tiempo de maduración, entre otros. Esta multifuncionalidad resalta su relevancia en la fisiología vegetal y su potencial aplicación en la mejora de cultivos.

Referencias

- Aluko O.O., Kant S., Adedire O.M., Li C., Yuan G., Liu H., Wang Q. 2023.** Unlocking the potentials of nitrate transporters at improving plant nitrogen use efficiency. *Frontiers in Plant Science* 14: 1074839. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1074839>
- Anas M., Liao F., Verma K.K., Sarwar M.A., Mahmood A., Chen Z.-L., Li Q., Zeng X.-P., Liu Y., Li Y.-R. 2020.** Fate of nitrogen in agriculture and environment: Agronomic, eco-physiological and molecular approaches to improve nitrogen use efficiency. *Biological Research* 53(1): 47. <https://doi.org/10.1186/s40659-020-00312-4>
- Bloom A.J. 2015.** The increasing importance of distinguishing among plant nitrogen sources. *Current Opinion in Plant Biology* 25: 10-16. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2015.03.002>
- Fan X., Naz M., Fan X., Xuan W., Miller A.J., Xu G. 2017.** Plant nitrate transporters: From gene function to application. *Journal of Experimental Botany* 68(10): 2463-2475. <https://doi.org/10.1093/jxb/erx011>
- García-Laynes F., León-García F.G., Martínez-Estévez M., Moreno-Valenzuela O.A., Echevarría-Machado I. 2026.** Actividad dual del nitrógeno: Nutriente mineral esencial y molécula señal en plantas. *Agraria* 23(1): 1-6. <https://doi.org/10.59741/agraria.v23i1.682>
- Masclaux-Daubresse C., Daniel-Vedele F., Dechorgnat J., Chardon F., Gaufichon L., Suzuki A. 2010.** Nitrogen uptake, assimilation and remobilization in plants: Challenges for sustainable and productive agriculture. *Annals of Botany* 105(7): 1141-1157. <https://doi.org/10.1093/aob/mcq028>
- O'Brien J.A., Vega A., Bouguyon E., Krouk G., Gojon A., Coruzzi G., Gutiérrez R.A. 2016.** Nitrate Transport, Sensing, and Responses in Plants. *Molecular Plant* 9(6): 837-856. <https://doi.org/10.1016/j.molp.2016.05.004>
- Pélissier P.-M., Parizot B., Jia L., De Knijf A., Goossens V., Gantet P., Champion A., Audenaert D., Xuan W., Beeckman T., Motte H. 2024.** Nitrate and ammonium, the yin and yang of nitrogen uptake: A time-course transcriptomic study in rice. *Frontiers in Plant Science* 15: 1343073. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1343073>
- Wang Q., Li S., Li J., Huang D. 2024.** The Utilization and Roles of Nitrogen in Plants. *Forests* 15(7): 1191. <https://doi.org/10.3390/f15071191>
- Yao X., Nie J., Bai R., Sui X. 2020.** Amino Acid Transporters in Plants: Identification and Function. *Plants* 9(8): 972. <https://doi.org/10.3390/plants9080972>
- Zayed O., Hewedy O.A., Abdelmoteleb A., Ali M., Youssef M.S., Roumia A.F., Seymour D., Yuan Z.-C. 2023.** Nitrogen Journey in Plants: From Uptake to Metabolism, Stress Response, and Microbe Interaction. *Biomolecules* 13(10): 1443. <https://doi.org/10.3390/biom13101443>

Agroecología: cultivar alimentos cuidando la vida

Mariana Chávez Pesqueira* y Luz María Calvo Irbien**

Unidad de Recursos Naturales, Centro de Investigación Científica de Yucatán
Calle 43 No. 130 x 32 y 34, Chuburná de Hidalgo; CP 97205, Mérida, Yucatán, México

*mariana.chavez@cicy.mx, **lumali@cicy.mx

Resumen

En un contexto de cambio climático y pérdida de biodiversidad, la agroecología propone transformar la manera en que producimos los alimentos. Este enfoque integra conocimientos ecológicos y sociales para diseñar sistemas agrícolas sostenibles, entendiendo los cultivos como sistemas vivos en interacción con su entorno. Aunque el término se difundió en los años 80 como respuesta a la agricultura industrial, sus raíces provienen de prácticas tradicionales de comunidades campesinas e indígenas, como la milpa. Hoy, la agroecología es ciencia, práctica y movimiento social, pues promueve la soberanía alimentaria, la equidad y el fortalecimiento de los sistemas alimentarios locales. La agroecología representa una alternativa para producir alimentos de manera ecológicamente sostenible y socialmente justa.

Palabras clave: Diversidad biocultural, saberes ancestrales, soberanía alimentaria, sostenibilidad.

En el escenario actual, marcado por el cambio climático, con el que hemos presenciado los nueve años más calurosos desde 2000, la pérdida de biodiversidad como resultado de la alteración del 50% de nuestros ecosistemas naturales y la creciente demanda de alimentos (Ortiz-García *et al.* 2022), la forma en que producimos nuestros alimentos está siendo cuestionada. En esta coyuntura, la agroeco-

logía surge como una alternativa que busca reconciliar la producción agrícola con el cuidado del ambiente y la justicia social. Esta alternativa cobra especial importancia dada la concentración actual en unas cuantas especies alimenticias. Más de la mitad de la alimentación mundial depende de tres especies: maíz, arroz y trigo. A pesar de que se han documentado más de 7,000 especies utilizadas a lo largo de la historia (FAO 2009), el monocultivo ha reducido drásticamente la diversidad biológica y los conocimientos ancestrales asociados al uso de la agrobiodiversidad. Además, aumenta la vulnerabilidad de la producción de alimentos frente a plagas, enfermedades y eventos climáticos extremos. Ante este escenario, la agroecología propone recuperar la diversidad y los procesos ecológicos en los agroecosistemas como base para sistemas alimentarios más sostenibles y resilientes.

Por otro lado, los impactos ambientales de la agricultura intensiva son cada vez más evidentes. Residuos de agroquímicos en la península de Yucatán han sido detectados en suelos, cuerpos de agua, frutas, miel e incluso en tejidos humanos, mientras que el exceso de fertilizantes contamina ríos y acuíferos (Magdaleno-Magniales *et al.* 2025, Vargas-Valero *et al.* 2025). A ello se suman la degradación de los suelos y las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a los sistemas agrícolas intensivos (Ortiz-García *et al.* 2022). Ante este panorama, avanzar en la transición agroecológica para

lograr formas de producción más sostenibles, es una necesidad urgente.

Aunque el término agroecología comenzó a popularizarse en la década de 1980 como respuesta a los impactos de la agricultura industrial, caracterizada por monocultivos y uso intensivo de agroquímicos, sus raíces son mucho más antiguas (Fig. 1). Durante milenios, comunidades campesinas e indígenas han desarrollado sistemas agrícolas basados en la diversidad, en el conocimiento profundo de su entorno y en una cosmovisión que concibe a los seres humanos como parte integral de la naturaleza, y no como entidades separadas de ella (Toledo & Barrera-Bassols 2009). Ejemplos como las terrazas andinas o la milpa en Mesoamérica, en las que pueden coexistir más de 18 especies distintas

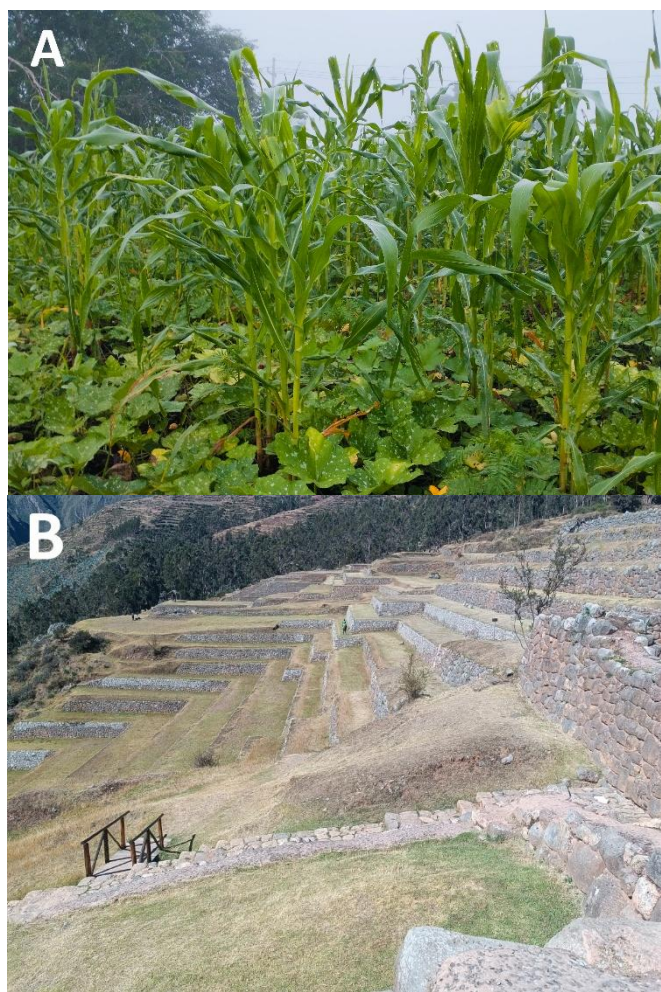


Figura 1. Ejemplos de sistemas de cultivo agroecológicos milenarios. **A.** Milpa maya. **B.** Terrazas andinas. (Fotografías: **A.** Celene Espadas, **B.** Demetria Mondragón).

de plantas comestibles y hasta 95 variantes (Terán & Rasmussen 2009), muestran que es posible producir alimentos de manera eficiente sin romper el equilibrio ecológico, integrando conocimientos ecológicos, tradiciones culturales y respeto por la naturaleza (Fig. 2) (Altieri & Toledo 2011). La agroecología parte de la idea de que los campos de cultivo no son espacios aislados, sino sistemas vivos en los que interactúan plantas, animales, microorganismos y personas. Desde esta perspectiva, se propone aprovechar estas relaciones para producir alimentos de manera sostenible, reduciendo la dependencia de insumos externos como fertilizantes sintéticos y pesticidas y, en su lugar, fortaleciendo los procesos naturales del suelo y la biodiversidad. Es una disciplina híbrida que integra conocimientos de la ecología, la agronomía y las ciencias sociales para diseñar sistemas agroalimentarios sostenibles, justos y resilientes, es decir, sistemas que se adaptan a los cambios (Altieri 1995, Gliessman 2015).

La agroecología ha ampliado su alcance. Hoy no solo se entiende como un campo científico que estudia los agroecosistemas, sino también como una práctica que guía formas de cultivo más sostenibles y como un movimiento social que promueve sistemas alimentarios más justos. En este sentido, impulsa la soberanía alimentaria, entendida como el derecho de los pueblos a decidir cómo producir, distribuir y consumir sus alimentos de acuerdo con sus necesidades, culturas y contextos específicos; fortalece los mercados locales y reconoce el valor del conocimiento campesino e indígena (Gliessman 2018, Toledo & Argueta 2024). Su expansión ha sido impulsada en gran medida por movimientos sociales rurales. Un ejemplo destacado es La Vía Campesina, una articulación internacional de organizaciones campesinas que, desde la década de 1990, ha promovido la soberanía alimentaria como alternativa al modelo agroindustrial y ha impulsado la transición agroecológica como herramienta para fortalecer la autonomía de las comunidades rurales, conservar la biodiversidad y ga-



Figura 2. Diferentes sistemas de cultivo de agave. **A.** Monocultivo. **B.** Un sistema agroecológico con diversas especies. (Fotografías: L. M. Calvo-Irabien).

rantizar el acceso equitativo a alimentos saludables (<https://viacampesina.org>).

En la práctica, la agroecología se traduce en estrategias como la diversificación de cultivos, el reciclaje de nutrientes, el uso de abonos orgánicos, el control biológico de plagas y la conservación de semillas nativas. Estas acciones no solo mejoran la fertilidad del suelo y la biodiversidad, sino que también hacen que los sistemas agrícolas sean más resistentes frente a sequías, plagas o eventos climáticos extremos (FAO 2018). Una de sus principales fortalezas es que no propone soluciones universales. Por el contrario, se adapta a las condiciones ecológicas, culturales y sociales de cada región. Esto implica un proceso constante de aprendizaje

e intercambio de conocimientos entre productores, comunidades y científicos, el cual es clave para enfrentar desafíos como la incertidumbre de los eventos meteorológicos, tales como las lluvias torrenciales, las sequías prolongadas y los huracanes. En países como México, donde existe una gran diversidad biocultural y una fuerte tradición campesina, la agroecología cobra especial relevancia. Aquí no solo representa una alternativa productiva, sino también una propuesta que vincula la conservación de la biodiversidad con los saberes locales, la justicia social y el derecho a una alimentación adecuada (Toledo & Argueta 2024).

Así, la agroecología es una alternativa para transformar los sistemas alimentarios desde su conceptualización y producción hasta su distribución y comercialización. No se trata únicamente de producir alimentos, sino de repensar cómo, para quién y en qué condiciones se producen, con el objetivo de construir un futuro más sostenible y equitativo. El avance de la transición agroecológica requiere la participación de toda la sociedad. Desde la academia, es posible contribuir generando conocimiento sobre biodiversidad agrícola, manejo integral de plagas, manejo sostenible de cultivos, mercados locales y adaptación al cambio climático, entre muchos otros temas relevantes. Los consumidores, por su parte, pueden fortalecer la transición agroecológica al apoyar mercados campesinos, cooperativas y productores locales que emplean prácticas ecológicas y socialmente pertinentes para producir alimentos. Asimismo, participar en ferias de semillas, huertos comunitarios, talleres de agricultura urbana y otras iniciativas ciudadanas que permitan acercarse a formas de producción y consumo más responsables. Cada elección, desde lo que investigamos hasta lo que compramos y compartimos, contribuye a construir sistemas alimentarios más resilientes, diversos y justos.

Referencias

Altieri M.A. 1995. *Agroecology: The science of sustainable agriculture*. Westview Press, Boulder, Colorado. 433 pp.

- 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: 587–612.
<https://doi.org/10.1080/03066150.2011.582947>
- FAO. 2009.** FAO and Traditional Knowledge: The Linkages with Sustainability, Food Security and Climate Change Impacts. (Consultado: 4 Junio 2026).
<https://www.fao.org/4/i0841e/i0841e00.pdf>
- FAO. 2018.** The 10 Elements of Agroecology: Guiding the Transition to Sustainable Food and Agricultural Systems. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/3d7778b3-8fba-4a32-8d13-f21dd5ef31cf/content> (consultado: 24 de abril de 2026).
- Gliessman S.R. 2015.** *Agroecology: The ecology of sustainable food systems*. CRC Press, Boca Raton, Florida. 384 pp.
- Gliessman S.R. 2018.** Defining Agroecology. *Agroecology and Sustainable Food Systems* 42 (6): 599-600.
<https://doi.org/10.1080/21683565.2018.1432329>
- Magdaleno-Magniales U., Salas-Espinoza E.A., Saldaña-Villanueva K., Núñez-Mojica G., García-Díaz J.M., Gaspar-Ramírez O. 2025.** Determination of highly hazardous pesticides in fruits and vegetables in the Maya region of southeast of Mexico. *Journal of Environmental Science and Health B* 60(3): 103-110.
<https://doi.org/10.1080/03601234.2025.2457262>
- Ortiz-García S., Saynes-Santillan I., Bunge-Vivier V., Anglés-Hernández M., Pérez M., Prado B. 2022.** Soil governance and sustainable agriculture in Mexico. *Soil Security* 7: 100059.
<https://doi.org/10.1016/j.soisec.2022.100059>.
- Terán S., Rasmussen Ch. 2009.** *La milpa de los mayas*. 2ª. Edición. UNAM, UNO. Mérida, Yucatán, México. 396 pp.
- Toledo V.M., Barrera-Bassols N. 2009.** La memoria biocultural. La importancia ecológica de las sabidurías tradicionales. *Ciencias* 96: 76.
- Toledo V.M., Argueta Q. 2024.** The evolution of agroecology in Mexico, 1920–2023. *Elementa: Science of the Anthropocene* 12: 00092.
<https://doi.org/10.1525/elementa.2023.00092>
- Vargas-Valero A., Vivas-Rodríguez J.A., Dzúl-Uuh D., Espinoza-Hernández J.C., Gaspar-Ramírez O. 2025.** Residuos de plaguicidas en miel y cera de abejas *Apis mellifera* de municipios de la Península de Yucatán. *Revista Mexicana De Ciencias Pecuarias* 16: 714–729.
<https://doi.org/10.22319/rmcp.v16i3.6767>

Próximo número

Aquí les damos un adelanto de los ensayos que aparecerán en nuestro número de diciembre.

Interacciones tras el ocaso: develando el enigma de la polinización nocturna

Yeni Celeste Barrios y José Soto

Resumen. La polinización nocturna constituye un mutualismo clave, pero muchas veces subestimado en estudios de biodiversidad. Una gran variedad de animales antófilos, desde insectos hasta murciélagos, garantizan la polinización durante este nicho temporal. A continuación, se describen las características variopintas de esta interacción, tomando como ejemplo a varias especies neotropicales. Se hace énfasis en las adaptaciones, algunas veces inverosímiles, que presentan las especies de plantas. Finalmente, se discute la predictibilidad de los síndromes florales que incluyen anthesis nocturna, y se comenta la importancia de los recursos disponibles en las flores, para visitantes oportunistas e inesperados, que eventualmente pueden fungir como polinizadores.

El maíz, un aliado ancestral en la nutrición y salud del futuro

Iván Chan Zapata, Jorge Urdapilleta Carrasco, Erik Polanco Lugo y Maira Rubi Segura Campos

Resumen. El maíz ha sido un pilar cultural en México desde hace años. En esta revisión de divulgación científica se aborda su importancia para una alimentación saludable, la cual se relaciona con su contenido de carbohidratos, fibra, lípidos saludables, proteínas complementarias y micronutrientes. Sus compuestos bioactivos contribuyen a prevenir enfermedades metabólicas. La nixtamalización potencia su valor al mejorar su digestibilidad y aumentar nutrientes esenciales. Frente al avance de productos ultraprocesados, es importante resaltar que el consumo de maíz integral y el apoyo por parte de la sociedad a sistemas tradicionales son claves para una alimentación equilibrada, sostenible y acorde con nuestra identidad.

El anacate flamingo (*Cantharellus coccolobae*): una colorida seta comestible tropical del Caribe

Javier I. de la Fuente, Mayra C. Vieyra-Alberto, Ezequiel A. Cruz-Campuzano y Juan P. Pinzón

Resumen. El anacate flamingo (*Cantharellus coccolobae*) es una especie nativa del caribe y la península de Yucatán. Esta especie se caracteriza por su llamativo color rojizo o anaranjado y por su asociación con árboles y arbustos de la familia Polygonaceae. A pesar de ser una especie comestible, los registros sobre su aprovechamiento son escasos. En México, se conocen aproximadamente doce especies del género *Cantharellus*, distribuidas principalmente en bosques templados. Además de ser especies potencialmente comestibles, también tienen potencial biotecnológico. Esto demuestra que los hongos no solamente son excelentes alimentos, sino que también son una fuente de recursos biotecnológicos prometedora.

Una selva en la ciudad: el refugio urbano que vale conservar

Celene Espadas Manrique, Casandra Reyes García y Roger Orellana Lanza

Resumen. La colección botánica de la selva baja caducifolia en el Jardín Botánico del CICY en la ciudad de Mérida, Yucatán constituye un espacio de conservación ex situ que opera como refugio de fauna y que favorece procesos de regeneración en un contexto regional marcado por la degradación de este ecosistema debido al cambio de uso de suelo y la expansión urbana. Representa un valor ecológico, educativo y biocultural invaluable para la ciudad de Mérida. Además de preservar especies nativas, ofrece una oportunidad para fortalecer el conocimiento y la valoración social de la selva baja caducifolia.

¿Es el amaranto el alimento del futuro? Nutrición y salud frente al síndrome metabólico

Jesús Alfredo Araujo-León, Ángel Fabricio Aguirre-Mendoza e Ivonne Sánchez del-Pino

Resumen. El amaranto (*Amaranthus* spp.) destaca como un alimento de alto valor nutricional y accesible, clave en dietas basadas en plantas por su excepcional valor nutricional, rico en proteínas de alta calidad y antioxidantes que son componentes naturales con propiedades saludables como betalaínas, flavonoides y péptidos. Más allá de nutrir, su bioactividad contribuye a la prevención del síndrome metabólico (un grave problema de salud en México y Latinoamérica), al ayudar a regular la glucosa y la presión arterial. Este ensayo analiza cómo la integración de nutrición, ciencia y sostenibilidad posiciona al amaranto como un cultivo esencial para promover hábitos saludables y enfrentar enfermedades crónicas en nuestra sociedad.

Wood Pocket en limón persa: evidencia de una fisiopatía asociada al estrés ambiental

Humberto Estrella-Maldonado, Felipe R. Flores-de la Rosa y Ricardo Santillán-Mendoza

Resumen. El Wood Pocket (WP) es una alteración fisiológica que afecta severamente al limón persa, ocasionando daños en hojas, frutos, ramas y troncos, con pérdidas importantes en la productividad, y en casos severos, la muerte del árbol. Actualmente, el WP es considerado una fisiopatía cuya expresión está asociada a la interacción entre la variabilidad genética del hospedero y el estrés abiótico, particularmente altas temperaturas y déficit hídrico. En Martínez de la Torre, Veracruz, principal zona productora y exportadora de limón persa en México, su incidencia ha aumentado en los últimos años, posiblemente favorecida por las condiciones de sequía y las altas temperaturas.