



Desde el Herbario CICY

Revista de divulgación científica editada por la Unidad de Recursos Naturales

Tesoros botánicos de la
Reserva Komchén de los
Pájaros: plantas endémicas
de la PBPY

¿Quién vive en el agua?
Confusión entre *Dalbergia*
glabra y *D. tabascana* en
humedales de Mesoamérica

Aguas residuales porcícolas
tratadas en la producción de
hortalizas: una alternativa
ante la crisis hídrica

Un Mirlo Café fuera de
lo común: leucismo en
Turdus grayi en Mérida

¿Genes que
enferman plantas?

La segunda vida de tus
dientes: un desecho
biológico con potencial
para combatir la obesidad

Alfredo Dorantes Euan



ISSN: 2395-8790

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

Vol. 17, Núm. 9. Septiembre de 2026

Contenido

4 Instrucciones para los autores

5 Desde el comité editorial

6 Celebraciones del mes

6 27 de septiembre: Día Internacional de la Conciencia Ambiental

7 La especie del mes: El maíz: símbolo de identidad nacional

8 Ensayos del mes

8 Tesoros botánicos de la Reserva Komchén de los Pájaros: plantas endémicas de la PBPY

14 ¿Quién vive en el agua? Confusión entre *Dalbergia glabra* y *D. tabascana* en humedales de Mesoamérica

18 Aguas residuales porcícolas tratadas en la producción de hortalizas: una alternativa ante la crisis hídrica

22 Un Mirlo Café fuera de lo común: leucismo en *Turdus grayi* en Mérida

27 ¿Genes que enferman plantas?

32 La segunda vida de tus dientes: un desecho biológico con potencial para combatir la obesidad

36 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 refleje el contenido del manuscrito (máximo 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 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 –DHICY–

Los saludamos nuevamente, esperando hayan disfrutado de nuestro número de agosto. En septiembre les traemos seis ensayos que esperamos disfruten de su lectura.

Nuestro primer ensayo nos habla de los tesoros botánicos de la Reserva Komchén de los Pájaros, un área dedicada a la conservación de la flora y fauna local, ubicada cerca de la ciudad de Mérida. Allí, se han registrado 13 especies de plantas vasculares endémicas pertenecientes a la Provincia Biótica Península de Yucatán; las cuales están muy adaptadas a condiciones ambientales particulares, constituyendo indicadores del valor biológico regional de esta reserva.

En el segundo ensayo, los autores resaltan la importancia de generar acciones de conservación y restauración de los humedales. En particular, el ensayo nos habla del problema de delimitación de especies, tomando como ejemplo a *Dalbergia glabra* y *D. tabascana*, las cuales han sido confundidas en su determinación taxonómica, particularmente de la primera especie, afectando la generación de estrategias para su manejo en los humedales en los que se distribuye.

El tercer ensayo nos introduce en la importancia del uso de aguas residuales como alternativa para el riego de hortalizas. Los autores mencionan que estas aguas contienen nutrientes aprovechables, lo que ayudaría a reducir el uso de fertilizantes químicos en la producción agrícola; pero su aplicación debe ser controlada para evitar la degradación del suelo por acumulación de sales y eutrofización. Además, se debe prevenir la presencia de sustancias dañinas, como microorganismos patógenos o metales pesados que representan riesgos para la salud humana y ambiental.

Nuestro cuarto ensayo documenta un caso de leucismo parcial en un individuo de Mirlo Café (*Turdus grayi*) visto en el Jardín Botánico Regional “Roger Orellana”. Los autores describen sus características morfológicas y discuten las posibles causas de esta

anomalía de coloración; así como revisan otros casos reportados observados dentro de este Jardín y reflexionan sobre el papel de los ambientes urbanos en la aparición de estas variaciones. Por último, destacan la importancia de la documentación local y de acciones de manejo para ayudar en la conservación de las aves en ambientes urbanos.

Nuestro penúltimo ensayo nos habla de genes de susceptibilidad, los cuales se caracterizan porque facilitan el establecimiento y la progresión de enfermedades causadas por fitopatógenos, quienes aprovechan estos genes para evadir los sistemas de defensa en plantas. Los autores nos muestran como la modificación o inactivación de estos genes por medio de edición genética puede generar plantas resistentes a enfermedades, siendo una estrategia alternativa para obtener cultivos resistentes a fitopatógenos.

En nuestro último ensayo, las autoras nos platican como nuestros dientes podrían ayudar a combatir la obesidad al contener dentro de sí células madre, las cuales pueden transformarse en diferentes tipos de células del cuerpo, incluyendo las células grasas. Por ello, resultan un modelo interesante para entender cómo la epigenética puede transformar la grasa blanca (que almacena energía) a grasa parda (que la quema).

En nuestra sección “Celebraciones del mes” conmemoramos el Día Internacional de la Conciencia Ambiental, celebrado el 27 de septiembre, una fecha que nos invita a recordar el legado de Rachel Carson, considerada la madre del movimiento ecologista moderno. Por último, en “La Especie del Mes” hablamos sobre el maíz, cuyo día nacional se conmemora el 29 de septiembre.

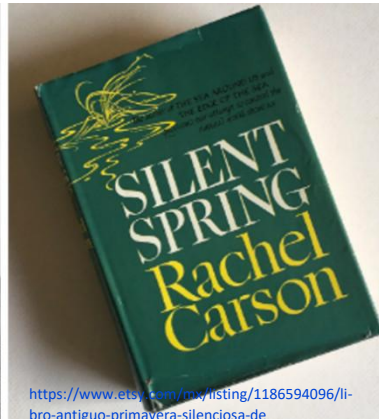
Esperamos disfruten de la lectura de este número de DHICY.

Editor General

Celebraciones del mes

Cada año, en septiembre, celebramos una fecha para reflexionar sobre el impacto de nuestras acciones en el ambiente y recordar que proteger la naturaleza es una responsabilidad compartida:

27 de septiembre: Día Internacional de la Conciencia Ambiental



El día internacional de la conciencia ambiental recuerda una tragedia ocurrida el 27 de septiembre de 1993, en Avellaneda, Argentina; donde siete personas murieron intoxicados por gas cianhídrico. Tragedias de estas abundan; pero también, han existido personas que han luchado en pro de una salud ambiental. Hoy, recordamos a Rachel Carson, bióloga marina, escritora y conservacionista estadounidense, considerada la madre del movimiento ecologista moderno por su libro “Primavera silenciosa” (1962), en donde alertó sobre el peligro del uso indiscriminado de pesticidas.

Rachel observó que los pájaros aparecían muertos, los peces flotando en los ríos, y que los agricultores rociaban toneladas de químicos sin que nadie se preguntara que impactos tenían estos en los agroecosistemas. Rachel encontró que los pesticidas que se vendían como la solución mágica para todo – como el famoso diclorodifeniltricloroetano o DDT- no se quedaban inertes en el pasto, sino que se metían en la tierra, contaminaban los ríos, se acumulaba en la grasa de los animales y terminaban en el cuerpo de los humanos.

Aunque la industria de los agroquímicos invirtió millones de dólares para negar los hallazgos de Rachel, tratando de destruir su reputación, ella



nunca retrocedió. Tal vez, su fortaleza para seguir la batalla estuvo en su gran debilidad... tenía cáncer de mama que ya le había hecho metástasis, estado de salud que escondió para no dar más armas a sus detractores.

En 1963, Rachel habló ante el Senado de los EEUU para decirles que los ciudadanos tenían derecho a saber con qué estaban envenenando su comida; señalando que el gobierno estaba mirando hacia otro lado y que quedarse callados era un crimen. Al final, el presidente John F. Kennedy ordenó una investigación que le dio la razón a Rachel en casi todo.

A sus 56 años, Rachel falleció. No llegó a ver la prohibición del DDT, ni el primer día de la Tierra; pero nos dejó un legado que ha salvado millones de vidas -humanas y no humanas-. Rachel murió de cáncer... ¿pero cuantos ecologistas, científicos y luchadores sociales no han muerto por razones económicas, políticas o de otra naturaleza poco digna? Va un minuto de silencio por esas personas que aportaron su grano de arena para darnos un mundo más sustentable.

Jaime Martínez Castillo

El maíz: símbolo de identidad nacional



En México, el maíz es tan importante que tiene su día de conmemoración (29 de septiembre) para reconocer su valor ancestral, cultural, económico y alimentario como pilar de nuestra identidad nacional. Nuestro país forma parte de Mesoamérica, una de las regiones de agrobiodiversidad más importantes del mundo, en especial de plantas cultivadas por el humano. En esta región, una especie emblemática es el maíz (*Zea mays* ssp. *mays* L.), la cual ha sido la base de la alimentación para las poblaciones humanas desde hace más de 10,000 años.

México es el centro de origen y domesticación del maíz, esto a partir de su pariente silvestre el teocintle (*Zea mays* ssp. *parviglumis*), el cual vive y se propaga de forma natural en el centro occidente del país; por ello, somos considerados la cuna del maíz. Hoy, en México se reconocen oficialmente 60 razas, todas ellas generadas por las comunidades campesinas y pueblos originarios. Esta actividad continúa en las zonas rurales de México, y es posible que existan otras razas aún sin registrar.

El maíz ha tenido una adaptación increíblemente diversa, variando según las condiciones medioambientales de la geografía de México; así, existen regiones en las que se puede observar una alta diversidad (como Oaxaca con 35 razas) y otras con menos diversidad (como Yucatán con 3 razas). Pero, en cada raza existe una alta diversidad genética que ha dado origen a muchas variedades locales

clasificadas por su color, ciclo de vida, y adaptaciones culinarias importantes para las múltiples formas de su uso en la alimentación.

Durante la época prehispánica, el maíz no fue solo alimento, fue el eje civilizatorio. El Popol Vuh relata que el hombre fue hecho de maíz. En el sistema milpa (policultivo que es una tecnología agroecológica), el maíz es un cultivo primario que se siembra junto con frijol, calabaza, chile y, dependiendo de la región geográfica, con otras especies que han alimentado a México durante miles de años.

En la Península de Yucatán, el maíz se conserva en pequeñas unidades campesinas de menos de 5 ha. Una familia consume cerca de 250 kg al año, en forma de tortilla a mano, atole, pib, tamales y pozole. En esta región, nuestro grupo de trabajo lleva investigando más de 20 años la diversidad genética e importancia del maíz en la milpa maya.

Así como en Mesoamérica, el maíz es pilar fundamental en la alimentación mundial, siendo el segundo cultivo más importante del planeta por su producción. Dada su adaptabilidad, este se ha propagado a más de 66 países, cultivándose en aproximadamente 140 millones de hectáreas.

Es así como el maíz es vida que se ha propagado por el mundo, el cual ha sido venerado incluso como origen del mismo hombre.

Javier O. Mijangos Cortés

Tesoros botánicos de la Reserva Komchén de los Pájaros: plantas endémicas de la PBPY

Alfredo Dorantes Euan¹, Rodrigo Duno de Stefano¹, Ariadna Ibarra Morales¹ y

Pilar Angélica Gómez-Ruiz^{1*}

¹Unidad de Recursos Naturales, Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C. (CICY), Calle 43 No. 130, x 32 y 34, Col. Chuburná de Hidalgo, 972025, Mérida, Yucatán, México.

*pilar.gomez@cicy.mx

Resumen

Komchén de los Pájaros es una reserva natural privada ubicada en el norte de Yucatán, que resguarda una importante representación de selva baja caducifolia sobre suelos kársticos. En este sitio se han registrado 13 especies de plantas vasculares endémicas pertenecientes a la Provincia Biótica Península de Yucatán (PBPY). Estas especies, adaptadas a condiciones ambientales particulares, constituyen indicadores del valor biológico regional de esta reserva. La presencia de endemismos, incluyendo especies con categoría de riesgo como *Platymiscium yucatanum*, resalta la relevancia de mantener los esfuerzos por la conservación voluntaria y del trabajo científico para el conocimiento de la flora peninsular.

Palabras clave: Conservación, coquinal, endemismo, reserva natural, selva baja caducifolia.

Komchén de los Pájaros es una reserva natural privada ubicada en el municipio de Dzemul, a unos 16 km al sur de la costa norte del estado de Yucatán

(Fig. 1). Su historia comienza a inicios de la década de 1990, cuando Ana María Palos de Foronda, de origen catalán pero avecindada muchos años en Yucatán, decidió proteger el terreno de lo que alguna vez fue una hacienda henequenera motivada por un profundo amor por la naturaleza. Lo que inició como un acto personal de cuidado se convirtió, con el paso de los años, en un proyecto de vida: durante más de tres décadas, Ana María resguardó este espacio con la convicción de que conservar la tierra era también resguardar su diversidad biológica (Komchén de los Pájaros 2026).

Gracias a la visión de Ana María, Komchén de los Pájaros se transformó en un auténtico laboratorio natural, donde la flora y la fauna yucatecas encontraron un refugio y donde varias generaciones de estudiantes, investigadores y visitantes han podido observar, aprender y documentar la biodiversidad local, en especial de aves. A lo largo del tiempo, el sitio ha sido escenario de múltiples proyectos de investigación y educación ambiental, con la colabora-

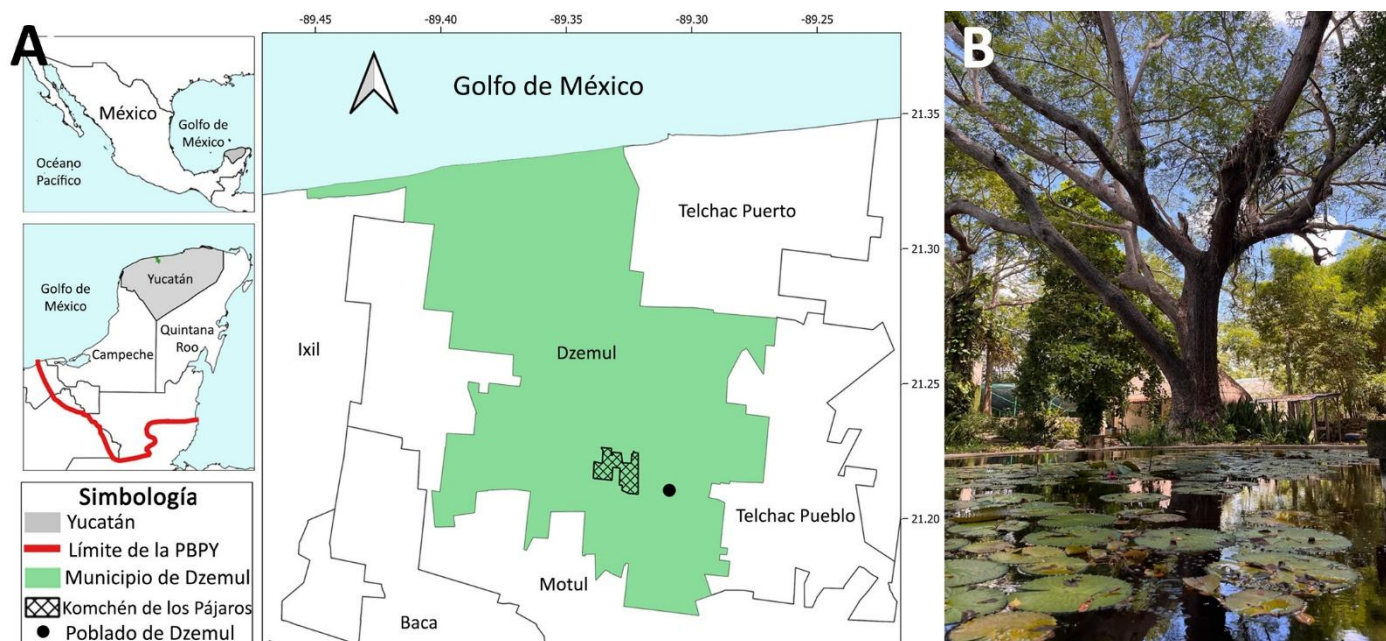


Figura 1. Komchén de los Pájaros. **A.** Ubicación de la Reserva Komchén de los Pájaros. **B.** Estanque en Komchén de los Pájaros. (Mapa: Ariadna Ibarra-Morales, Fotografía: Pilar A. Gómez-Ruiz).

ción de instituciones como el Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY), El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), la Universidad Autónoma de Yucatán (UADY), la Universidad Autónoma de Campeche (UAC), el Instituto Tecnológico de Chiná, el Parque Científico de Yucatán y universidades extranjeras como Western Colorado University. Desde noviembre de 2019, la reserva es administrada por la organización Caribbean Coast Conservancy A.C. (CCC), encargada de coordinar su manejo y fortalecer su vocación de conservación (Komchén de los Pájaros 2026).

Con una extensión aproximada de 340 hectáreas, Komchén de los Pájaros alberga principalmente vegetación secundaria en distintas etapas de regeneración, incluyendo zonas con más de cuatro décadas de recuperación (Komchén 2026). La reserva tiene una ubicación estratégica, ya que se encuentra inmersa en la franja de selva baja caducifolia espinosa con cactáceas candelabriformes (Miranda 1958), conocida localmente como coquinal (Duno de Stefano *et al.* 2024), antes llamada calichal, que es un tipo de vegetación que destaca por concentrar un alto número de especies endémicas (Flores & Espejel 1994). Esta combinación de historia, manejo y riqueza biológica convierte a la reserva en un sitio

clave para el estudio y la conservación de la flora endémica de la península de Yucatán.

La Provincia Biótica Península de Yucatán (PBPY) con cerca de 200 mil km², incluye los tres estados de la península del mismo nombre (Campeche, Quintana Roo y Yucatán), la parte norte de Guatemala (departamento del Petén) y Belice (departamentos de Belice, Corozal y Orange Walk), en esta región se han documentado alrededor de 2,329 taxones de plantas al nivel de especie o inferior: 65 helechos y licofitas, 2 gimnospermas y 2233 angiospermas (956 géneros y 161 familias), de los cuales 167 son especies endémicas, es decir, alrededor del 7.17 % (Carnevali *et al.* 2021). Pero ¿a qué hace referencia el endemismo?, en el contexto de la flora, se refiere a aquellas especies de plantas que crecen de manera natural únicamente en una zona o región geográfica determinada y no es posible encontrarlas en ningún otro lugar del mundo. Estas especies suelen estar estrechamente ligadas a condiciones ambientales específicas, como el tipo de suelo, el clima o la historia evolutiva del paisaje (Ramírez-Díaz *et al.* 2023), lo que las hace especialmente sensibles a los cambios de uso del suelo y a la pérdida de hábitat (Carnevali *et al.* 2021). En la península de Yucatán, muchas plantas endémicas están adaptadas a suelos kársticos, a periodos prolongados de sequía y a

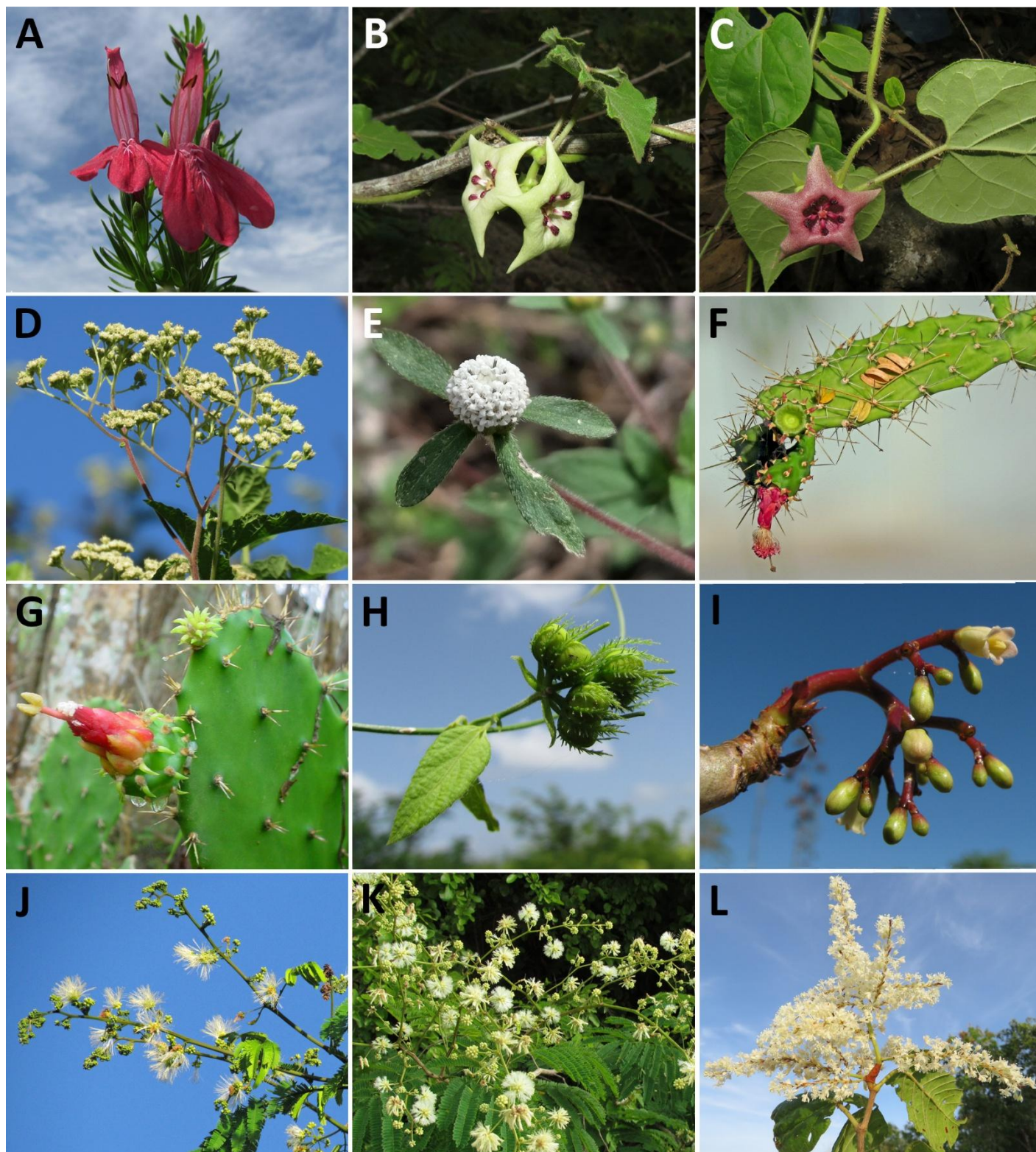


Figura 2. Plantas endémicas de la Provincia Biótica Península de Yucatán. **A.** *Justicia cardinalis* Carnevali & Duno. **B.** *Dictyanthus aeneus* Woodson. **C.** *Dictyanthus yucatanensis*. **D.** *Parthenium schottii* **E.** *Plagiolophus millspaughii* **F.** *Opuntia gaumeri*. **G.** *Opuntia inapertat*. **H.** *Dalechampia schottii*. **I.** *Jatropha gaumeri*. **J.** *Havardia albicans*. **K.** *Senegalia gaumeri*. **L.** *Neomillspaughia emarginata* (Fotografías: Roberto Hernández Cruz (E) y Alfredo Dorantes Euan).

la dinámica histórica de la región (Flores & Espejel 1994, Ramírez-Díaz *et al.* 2023). Por esta razón, los endemismos no solo representan una parte única e irremplazable del patrimonio natural de una región, sino que también son indicadores clave del valor biológico-ecológico de los sitios donde habitan y, por lo tanto, deben ser especies prioritarias para su conservación.

En la Reserva Komchén de los Pájaros se han realizado colectas botánicas y registros fotográficos de la vegetación del área por personal de la Unidad de Recursos Naturales del CICY, en el marco de distintos estudios y colaboraciones con la reserva, actualmente en el marco de un convenio de colaboración interinstitucional. Como resultado preliminar, se ha documentado que la reserva alberga 13 especies endémicas (Fig. 2, Anexo 1), número que podría incrementarse a 18 conforme se desarrollen investigaciones y muestreos adicionales. Esta cifra de especies endémicas comprende el 7.78 % del total de especies endémicas reportadas para la PBPY, un número importante si consideramos que Komchén de los Pájaros ocupa menos del 0.2 % del territorio de la PBPY. Los criterios de endemismo utilizados para elaborar esta lista se basaron en Carnevali *et al.* (2010, 2021, 2024), y la información complementaria de cada especie se integró a partir de los datos registrados en la Flora de la Península de Yucatán (Flora Digital 2010).

Las especies endémicas registradas en la reserva incluyen árboles, arbustos y hierbas, reflejando la diversidad estructural de la selva baja caducifolia. Dentro de estos endemismos, se documentaron cinco especies de hierbas, dos especies de cactus, mientras que los arbustos y árboles suman seis especies (Anexo 1). Aunque todas las especies endémicas poseen un alto valor biológico, la mayoría de las registradas en la Reserva Komchén de los Pájaros son relativamente comunes dentro de la PBPY y, por ello, se consideran actualmente como no amenazadas (Carnevali *et al.*, 2021). Una excepción notable es *Platymiscium yucatanum* Standl. (Fig. 3), especie catalogada como vulnerable debido a la alta demanda de su madera. Si bien en el pasado tuvo una

amplia distribución en la península, hoy en día sus poblaciones han disminuido drásticamente, en especial en el norte de la región. En este contexto, la población presente en la reserva adquiere un valor biológico y de conservación particularmente relevante.



Figura 3. *Platymiscium yucatanum*. A. Planta. B. Flores. C. Frutos (Fotografías: Alfredo Dorantes Euan).

La presencia de plantas endémicas en la Reserva Komchén de los Pájaros es un recordatorio del valor irremplazable de los esfuerzos de conservación a escala local. Cada una de estas especies representa una historia evolutiva única, ligada de manera profunda al paisaje yucateco y a las decisiones humanas que han permitido su permanencia. En un contexto de transformación acelerada del territorio, Komchén de los Pájaros se consolida como un refugio para la flora de la región, en especial para las plantas endémicas de la PBPY, y como un ejemplo de cómo la conservación voluntaria, la investigación científica y el compromiso a largo plazo pueden converger para salvaguardar la biodiversidad y con ella todos los servicios que nos proveen a la sociedad.

La información generada es de vital importancia para resaltar la importancia de este espacio en un contexto socio-ecológico complejo, donde la expansión urbana se ha convertido en una gran amenaza para la biodiversidad regional. Por lo cual, un mayor y mejor conocimiento del patrimonio natural puede

fomentar mayor interés de diversos sectores (gobierno, empresa privada, academia, comunidades locales) por seguir apoyando los esfuerzos de conservación que se realizan en Komchén de los Pájaros y que deberán integrarse a acciones a nivel regional que promuevan la conectividad ecológica, la restauración de los ecosistemas degradados y un ordenamiento territorial que priorice el cuidado y protección de la biodiversidad.

Agradecimientos

Los autores agradecen de manera muy especial a la Dra. Xiomara Galvez Aguilera, directora de la organización Caribbean Coast Conservancy A.C. por su permanente interés, disposición y apoyo para la realización de diversos estudios en la Reserva Komchén de los Pájaros.

Referencias

- Carnevali Fernández-Concha G., Tapia-Muñoz J.L., Duno de Stefano R., Ramírez I.M. (eds.). 2010. *Flora Ilustrada de la Península de Yucatán: Listado Florístico*. Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C. Mérida, Yucatán, México, 328 pp.
- Carnevali G., Ramírez-Morillo I.M., Pérez-Sarabia J.E., Tapia-Muñoz J.L., Estrada Medina H., Cetzal-Ix W., Hernández-Aguilar S., Can Itza L.L., Raigoza Flores N.E., Duno de Stefano R., Romero-González G.A. 2021. Assessing the risk of extinction of vascular plants endemic to the Yucatán Peninsula Biotic Province by means of distributional data. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 106: 424–457. <https://doi.org/10.3417/2021661>
- Carnevali Fernández-Concha G., Romero González G.A., Tapia-Muñoz J.L., Ramírez Morillo I., Ramírez-Díaz C.J., Cetzal-Ix W., Madrián S., Pinzón T., Contreras M.P., Duno de Stefano R. 2024. A New Species of *Justicia* (Acanthaceae) from the Mexican Yucatan Peninsula: 100 Years of Confusion with *J. carthagenensis*. *Systematic Botany* 49(1): 48–67. <https://doi.org/10.1600/036364424X17110456120686>
- Duno de Stefano R., Aguilar-Canché M., Carnevali Fernández-Concha G., Ramírez-Morillo I., Tapia-Muñoz J.L., Reyes-Palomeque G., Angulo D.F. 2024. Seasonally flooded Coquinal: typifying a particular plant association in the northern Yucatan peninsula. *Botanical Sciences* 102(2): 513–533. <https://doi.org/10.17129/botsci.3388>
- Flores J. S., Espejel Carvajal I. 1994. Tipos de vegetación de la Península de Yucatán. Pp. 1–35. En J. S. Flores (editor). *Etnoflora Yucatanense. Fascículo 3*. Universidad Autónoma de México, Mérida.
- Flora Digital 2010. *Flora de la Península de Yucatán*. Unidad de Recursos Naturales, Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C. <https://www.cicy.mx/sitios/flora%20digital/> (Consultado el 5 de febrero de 2026).
- Komchén. 2026. <https://komchen.com> (Consultado el 5 de febrero de 2026)
- Komchén de los Pájaros. 2026. (Consultado 4 de febrero de 2026). <https://komchen.org> (Consultado el 5 de febrero de 2026)
- Miranda F. 1958. Rasgos fisiográficos de interés para estudios botánicos. Pp. 215–271. En E. Beltrán (editor), *Los Recursos Naturales del Sureste y su Aprovechamiento II*. Instituto Mexicano Recursos Naturales Renovables, Ciudad de México.
- Ramírez-Díaz C.J., Ramírez-Morillo I.M., Cortés-Flores J., de-Nova J.A., Duno R., Carnevali G. 2023. Biogeographical history of the Yucatan Peninsula endemic flora (Spermatophyta) from a phylogenetic perspective. *Harvard Papers in Botany* 28(1): 99–120. <https://doi.org/10.3100/hpib.v28iss1.2023.n13>

Anexo 1. Lista de especies endémicas en la Reserva Komchén de los Pájaros. ***Hábito:** Hte=hierba terrestre, Htr=hierba trepadora, Ca=cactus arbustivo, Cp=cactus postrado, Ar=arbusto, Al=árbol. ****Distribución,** B= Belice, C=Campeche, G=Guatemala, Tb=Tabasco, QR=Quintana Roo, Y=Yucatán.

Familia	Especie	Nombre(s) común(es)	*Hábito	**Distribución
Acanthaceae	<i>Justicia cardinalis</i> Carnevali & Duno	Ak'a xiu, akabxiu, akachiu, ak'al xiw, k'ak'macho, nahuante, vruz kax, zulub	Hte	C, QR, Y
Apocynaceae	<i>Dictyanthus aeneus</i> Woodson		Htr	C, Y
	<i>Dictyanthus yucata-</i> <i>nensis</i> Standl.	Mejen k'ek'en, xikin soots'	Htr	C, QR, Y
Asteraceae	<i>Parthenium schottii</i> Greenm.	Desconocido	Ar	Y
	<i>Plagiolophus mi-</i> <i>llspaughii</i> Greenm.	Virginia k'aax; sak tojoso, sajum, mejen	Hte	C, Y
Cactaceae	<i>Opuntia gaumeri</i> (Britton & Rose) R. Puente & Majure	Pak' am, tsakam	Ca, Cp	C, QR, Y
	<i>Opuntia inaperta</i> (A. Schott) D.R. Hunt	Tsakam soots'	Ca	C, QR, Y
Euphorbiaceae	<i>Dalechampia schottii</i> Greenm.	Sak p'opox, mo'ol koj	Htr	C, QR, Y
	<i>Jatropha gaumeri</i> Greenm.	Xu'ul, pomol che'	Ar, Al	C, QR, Y
Fabaceae	<i>Havardia albicans</i> (Kunth) Britton & Rose	Chukum	Al	C, QR, Y, Tb, B, G.
	<i>Platymiscium yuca-</i> <i>tanum</i> Standl.	Granadillo, subin che'	Al	C, QR, Y B, G
	<i>Senegalia gaumeri</i> (S.F. Blake) Britton & Rose	Box kaatsim, box kassim, box catzin, catzim, kaatsim, katsim, ya'ax kassim, yaxcatzim	Al	C, QR, Y
Polygonaceae	<i>Neomillspaughia</i> <i>emarginata</i> (H. Gross) S.F. Blake	Sak iitsa'	Ar, Al	C, QR, Y, G

¿Quién vive en el agua? Confusión entre *Dalbergia* *glabra* y *D. tabascana* en humedales de Mesoamérica

Candelario Peralta Carreta¹ y Lucía Sanaphre Villanueva^{2,3*}

¹ Centro del Cambio Global y la Sustentabilidad, A. C. Calle Centenario del Instituto Juárez S/N Col. Reforma, C.P. 86080, Villahermosa, Tabasco.

² Secretaría de Ciencia, Tecnología, Humanidades e Innovación. Av. Insurgentes Sur 1582, Col. Crédito Constructor, Alcaldía Benito Juárez, C.P. 03940, Ciudad de México

³ Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma de Querétaro Campus Camargo. Carretera San Juan del Río - Jalpan km 119, Peñamiller, Querétaro.

*lucia.sanaphre@secihti.mx

Resumen

En los humedales de Mesoamérica, y en particular en el sur de México, las acciones de conservación y restauración ecológica enfrentan múltiples retos. Sin embargo, a ellos se añade el problema de la determinación biológica de las especies. Un ejemplo es la confusión entre *Dalbergia glabra* y *D. tabascana*. Estudios recientes revelan errores de identificación dentro del género, que distorsionan inventarios y mapas de distribución. La precisión taxonómica de *D. tabascana* resulta esencial para garantizar estrategias efectivas para su manejo en los humedales en los que se distribuye, que son ecosistemas altamente vulnerables

Palabras clave: Ecosistemas inundables, Fabaceae, Leguminosae, taxonomía, tintales.

Imagine que usted es el gestor de un área protegida en el estado de Tabasco, México, y su misión es restaurar la vegetación acuática que estabiliza las orillas de los cuerpos de agua. Los inventarios históricos señalan a *Dalbergia glabra* (Mill.) Standl. como la especie dominante en la región (Lot & Novelo 1988, Novelo-Retana 2006, Lot 2015). Usted, confiando en esta información científica, siembra sus semillas en la zona inundable. Sin embargo, cuando el nivel del agua sube, las plantas presentan un desarrollo pobre o mueren. Al realizar un análisis del fracaso, descubre que el error no estuvo en la fertilidad del suelo ni en la calidad de la semilla, sino en la etiqueta taxonómica: la verdadera ingeniera de ese ecosistema no era la generalista *D. glabra*, sino su “hermana”, especialista en agua, *Dalbergia tabascana* Pittier (Linares & Sousa 2007, Cervantes et al. 2019).

Para comprender la magnitud de este error, es necesario mirar más allá del caso local y entender la complejidad del género: *Dalbergia* L.f. comprende aproximadamente 250 especies de árboles, arbustos y lianas; destaca por su amplia diversidad ecológica, habitando entornos que van desde bosques secos hasta dunas costeras (Rahaingoson *et al.* 2022). Su madera es valorada globalmente por su variación de color (desde el palo de rosa hasta tonalidades púrpuras), su fragancia y su dureza, cualidades que la hacen muy apreciada para muebles finos e instrumentos musicales (CITES Secretariat 2024). En las últimas décadas, el aumento de la demanda — particularmente de los mercados internacionales — ha ejercido una presión creciente sobre sus poblaciones, lo que ha provocado su sobreexplotación y pérdida del hábitat (Cervantes *et al.* 2019).

En México, *Dalbergia* comprende 20 especies, cinco de ellas endémicas (Cervantes *et al.* 2019). Sin embargo, no existe una definición clara de su distribución basada en investigaciones de campo, sino únicamente inferida a partir de puntos de colecta de herbario, lo que ha suscitado confusiones. Por ejemplo, un análisis de Blanco Romero (2020) mostró que, aunque en publicaciones científicas se menciona que especies como *D. retusa* y *D. tilariana* están presentes en México, al revisar los ejemplares de los herbarios referidos no encontró ejemplares silvestres de la primera especie colectados en el país, mientras que el ejemplar de la segunda fue re-analizado por Linares y determinado como *D. glomerata*. El ejemplo que nos ocupa, sin embargo, es la confusión histórica entre *D. glabra*, un arbusto o liana de amplia distribución en América y *D. tabascana*, un arbusto presente en el sureste de México (Fig. 1). Este conflicto en particular se debe a que, en 1946, los botánicos Standley y Steyermark (1946) consideraron a *D. tabascana* como un sinónimo de *D. glabra*, lo que provocó que, durante décadas, ejemplares con características similares recolectados en el sureste de México fueran etiquetados como *D. glabra*. Sin embargo, Linares y Sousa (2007) y Cervantes *et al.* (2019) confirmaron la validez de *D. tabascana*, y establecieron que, mientras que *D. glabra* es una liana

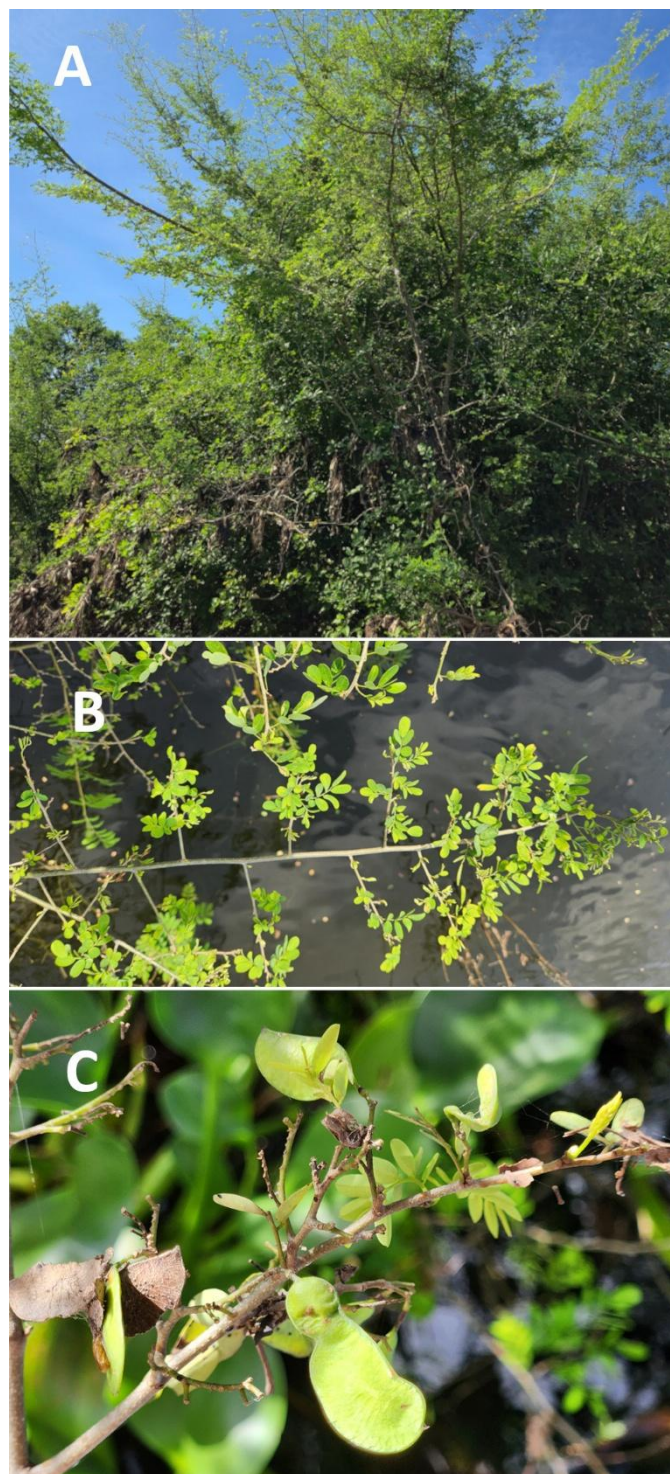


Figura 1. *Dalbergia tabascana* en la laguna Chaschoc, municipio Emiliano Zapata, Tabasco, México. **A.** Planta completa. **B.** Rama. **C.** Acercamiento del fruto. (Fotos: Lucía Sanaphre V.)

o arbusto "todoterreno" adaptada a suelos bien drenados, pero con acceso a humedad, *D. tabascana* es una especialista restringida a los bosques inundables del sureste de México, Guatemala y Belice, que pros-

pera en suelos que pueden pasar meses bajo el agua. Esta historia taxonómica ha originado que inventarios clave (Lot & Novelo 1988, Novelo-Retana 2006, Lot 2015, López-Jiménez *et al.* 2020) hayan reportado a *D. glabra* en zonas inundadas, un hábitat que en realidad no tolera (Linares & Sousa 2007, Cervantes *et al.* 2019). Tal contradicción se hace evidente al cartografiar los datos de distribución. Al analizar los registros globales del GBIF, observamos que *D. tabascana* se agrupa consistentemente en las tierras bajas inundables. En contraste, *D. glabra* muestra un patrón terrestre más amplio (Figura 2). Sin embargo,

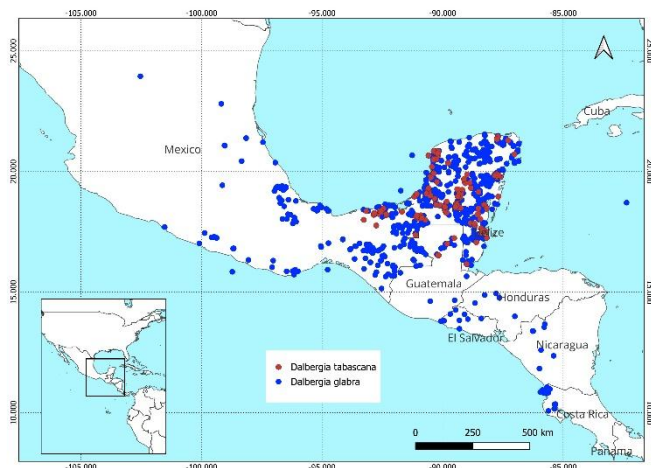


Figura 2. Distribución de los registros de GBIF de las especies de *Dalbergia tabascana* y *Dalbergia glabra*. (Mapa: Lucía Sanaphre V.)

aparecen "banderas rojas": múltiples registros de *D. glabra* situados en zonas de inundación entre Tabasco y Campeche (Figura 3). Estos registros, derivados de la confusión taxonómica histórica, distorsionan la cartografía real y subrayan la necesidad urgente de revisar tales especímenes de herbario para depurar esas bases de datos (Blanco Romero 2020). Aunque muy similares entre sí, la morfología aporta pruebas contundentes para distinguirlas: *D. tabascana* posee flores un poco más grandes (8 a 9 mm de largo) con pedicelos más largos (3 a 5 mm), situadas predominantemente en la punta de las ramas, formando inflorescencias poco densas y frutos curvos de punta truncada, con el foliolo terminal generalmente obovado (base angosta y ápice ancho como huevo invertido), mientras que *D. glabra* muestra

flores axilares más pequeñas (de 5 a 6 mm), pedicelos cortos (1 a 2 mm) formando inflorescencias densas, y frutos rectos con el foliolo terminal oblongo, es decir, con forma rectangular con esquinas redondeadas (Cervantes *et al.* 2019).

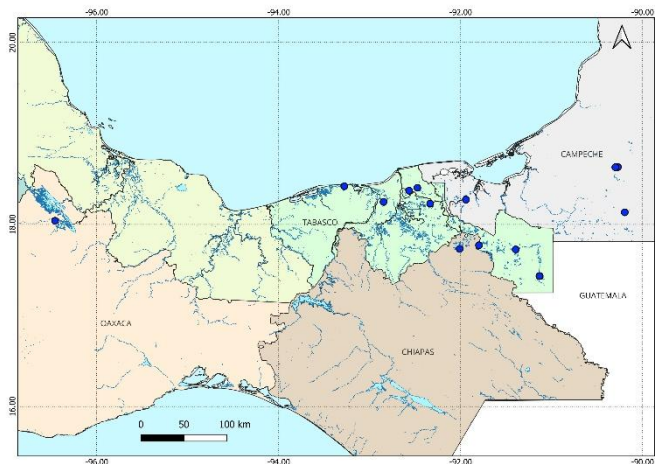


Figura 3. Registros de *Dalbergia glabra* (GBIF) localizados en cuerpos de agua en México (delimitados a escala 1:50,000 Serie III 2013-2018, INEGI). (Mapa: Lucía Sanaphre V.)

Confundir una especie generalista con otra especialista no solo distorsiona los inventarios, sino que tiene profundas implicaciones en la gestión ambiental, al poner en riesgo acciones de manejo y en particular proyectos de restauración, como en nuestro escenario hipotético inicial. Aunque la UICN clasifica hoy a *D. tabascana* como de "Preocupación Menor" (Barker 2022), la precisión taxonómica es la base indispensable para cualquier acción, ya sea de investigación, de conservación o de manejo. En los humedales mesoamericanos, el valor de *D. tabascana* no es maderable sino funcional: actúa como ingeniera ecológica, pues sus intrincadas raíces en la frontera entre la tierra y el agua fijan los taludes. Además, es probable que al igual que otras muchas especies de *Dalbergia*, tenga la capacidad de convertir el nitrógeno atmosférico en formas asimilables, produciendo tejidos ricos en este nutriente. Cuando la planta muere o tira parte de sus hojas y ramas, estos tejidos se descomponen fertilizando el suelo, enriqueciendo el ecosistema (Sprent 2009). Su importancia nos muestra que revisar los herbarios y corregir los mapas es un acto de justicia ecológica: nos permite devolverle la identidad a una guardiana clave de

los ecosistemas acuáticos y nos recuerda que, en restauración, el primer paso no es sembrar, sino saber con certeza a quién estamos invitando a crecer.

Referencias

- Barker A. 2022.** *Dalbergia tabascana*. La Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN 2022. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2022-1.RLTS.T208122037A208122086.en>
- Blanco Romero I. 2020.** El género *Dalbergia* en México: Evaluación poblacional y estudio de campo en la región Costa de Oaxaca. Tesis de licenciatura. Universidad Politécnica de Madrid (UPM). https://oa.upm.es/58078/1.haslightboxThumbnailVersion/TFG_Isabel_Blanco_Romero.pdf
- Cervantes A., Linares J.L., Quintero E. 2019.** An updated checklist of the mexican species of *Dalbergia* (Leguminosae) to aid in its conservation efforts. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 90 (1): 1-11. <https://doi.org/10.22201/IB.20078706E.2019.90.2528>
- CITES Secretariat. 2024.** Report on the conservation and trade of CITES-listed rosewood tree species [Leguminosae (Fabaceae)]. <https://cites.org/eng/topics/flora/cites-and-forests>
- Linares J.L., Sousa M. 2007.** Nuevas especies de *Dalbergia* (Leguminosae: Papilionoideae: Dalbergieae) en México y centroamérica. *Ceiba: A Scientific and Technical Journal* 48 (1): 61-82. <https://doi.org/10.5377/CEIBA.V48I1-2.439>
- López-Jiménez L.N., Jiménez López D.A., Castillo Acosta O., Gallardo Cruz J.A., Fernández-Montes de Oca A.I. 2020.** Plantas vasculares de la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla, México. *Botanical Sciences* 98(1): 159–204. <https://doi.org/10.17129/botsci.2279>
- Lot A. 2015.** Catálogo de la flora y vegetación de los humedales mexicanos. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México y Comisión Nacional del Agua. México. 172 pp.
- Lot A., Novelo A. 1988.** El pantano de Tabasco y Campeche: la reserva más grande de plantas acuáticas de Mesoamérica. Conservación del Delta de los Ríos Usumacinta y Grijalva (Memorias). INIREB, División Regional Tabasco. Tabasco. 714 pp.
- Novelo-Retana A. 2006.** Plantas acuáticas de la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) y Espacios Naturales y Desarrollo Sustentable A.C. México. 262 pp.
- Rahaingoson F.R., Oyebanji O., Stull G.W., Zhang R., Yi T.-S. 2022.** A Dated Phylogeny of the Pantropical Genus *Dalbergia* L.f. (Leguminosae: Papilionoideae) and Its Implications for Historical Biogeography. *Agronomy* 12(7): 1612. <https://doi.org/10.3390/agronomy12071612>
- Sprent J.L. 2009.** Legume Nodulation: A Global Perspective. Wiley-Blackwell. Oxford, UK. 208 pp.
- Standley P.C., Steyermark J.A. 1946.** Flora of Guatemala. Leguminosae. *Fieldiana, Botany* 24: 1-368. <https://archive.org/details/floraofguatemala245stan>

Aguas residuales porcícolas tratadas en la producción de hortalizas: una alternativa ante la crisis hídrica

María Jimena Pazos Escalante, Carlos David Hernández-Pinto*, Germán Giácoman-Vallejos** y Marisela Vega-De-Lille

Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Yucatán. Avenida Industrias No Contaminantes, s/n por Anillo Periférico Norte, Apdo. Postal 150 Cordemex, 97203, Mérida, Yucatán, México.

*davi_gt500@hotmail.com, **giacoman@correo.uady.mx

Resumen

Ante la crisis hídrica que enfrenta el país, el uso de aguas residuales surge como alternativa para el riego de hortalizas. Estas aguas contienen nutrientes aprovechables, lo que reduce el uso de fertilizantes químicos en la producción agrícola. No obstante, deben provenir de plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR), es decir, aptas para uso agrícola. Su aplicación debe ser controlada para evitar la degradación del suelo por acumulación de sales, acidificación y eutrofización. Asimismo, prevenir la presencia de sustancias dañinas, como microorganismos patógenos, metales pesados y compuestos orgánicos, que representan riesgos para la salud humana y ambiental.

Palabras clave: Agricultura, tratamiento de aguas, sostenibilidad agrícola.

La crisis hídrica asociada a la disponibilidad de agua de buena calidad representa uno de los principales retos ambientales y sociales en México. Esta problemática se ha intensificado por el manejo inadecuado del recurso y el aumento de la temperatura asociado al cambio climático. En regiones como la península de Yucatán, el problema no es la disponibilidad, sino la calidad del agua, ya que la alta vulnerabilidad del acuífero en suelos kársticos favorece la infiltración de contaminantes hacia el subsuelo, además de los costos de extracción y distribución. Asimismo, el crecimiento poblacional y el hecho de que la agricultura utiliza aproximadamente el 70 % del agua dulce disponible incrementan la presión sobre este recurso (Pacheco-Treviño & Manzano-Camarillo 2024). Ante este panorama, se buscan alternativas sostenibles que permitan mantener la

producción de alimentos sin comprometer el abastecimiento de agua de calidad.

Producción de hortalizas y reutilización de recursos

La producción de hortalizas es fundamental para la alimentación, ya que estos cultivos forman parte de la dieta diaria y tienen alta demanda en mercados locales y nacionales. Además, representan una fuente importante de ingresos para los productores. Sin embargo, los costos de producción han aumentado, en parte por el incremento en el precio de fertilizantes inorgánicos y otros insumos. Esto ha impulsado la búsqueda de alternativas como el aprovechamiento de residuos porcícolas, que contienen nutrientes esenciales como fósforo, potasio y calcio (Mergen *et al.* 2019), y pueden reducir el uso de fertilizantes comerciales y los costos de producción. En este contexto, el uso de aguas residuales tratadas, es decir, agua sometida a procesos para reducir contaminantes y hacerla apta para su reutilización, y de excretas compostadas, residuos orgánicos transformados en fertilizante natural, se considera una estrategia viable. Estudios como el de Hernández-Pinto *et al.* (2025) reportan resultados favorables en el crecimiento de plántulas de *Capsicum* al utilizar diluciones líquidas porcinas. Estos residuos aportan nutrientes al suelo y favorecen el desarrollo de las hortalizas (Fig. 1). No obstante, su aplicación requiere control de dosis, monitoreo de la calidad del suelo y del agua, y cumplimiento de la normativa ambiental vigente en México (NOM-001-SEMARNAT-2021 y NOM-003-SEMARNAT-1997), para garantizar una producción segura y sostenible.

¿Qué son las aguas residuales porcícolas?

La producción en granjas porcícolas genera grandes volúmenes de excretas, compuestas por orina y heces con altas concentraciones de materia orgánica y nutrientes como nitrógeno y fósforo, así como otros compuestos derivados del manejo animal, entre ellos restos de fármacos veterinarios, metales y hormonas. A esto se suman residuos de alimento y el



Figura 1. Cultivo de hortalizas con reutilización de residuos (agua residual y excretas compostadas). **A.** Rábano. **B.** Lechuga (Fotografías: C.D. Hernández Pinto).

agua utilizada en las instalaciones, generando un efluente rico en materia orgánica, nutrientes y sólidos suspendidos, cuya composición depende del sistema de producción y manejo de las excretas. Cuando estas aguas se someten a tratamiento, se busca reducir la carga orgánica, disminuir microorganismos patógenos y estabilizar compuestos potencialmente dañinos, para hacerlas más seguras para su reutilización. Entre las principales estrategias se encuentran los biodigestores, lagunas de estabilización y sistemas de filtración, que permiten disminuir su carga contaminante antes de su uso agrícola. Aunque suelen considerarse un desecho, estas aguas pueden convertirse en un recurso útil si se manejan adecuadamente.

Reutilizar el agua para producir alimentos

Una alternativa que ha cobrado interés es el uso de aguas residuales en el riego agrícola, ya que permite reutilizar un recurso que de otro modo sería desechado y reducir el impacto ambiental de la porcicultura y la agricultura. En particular, las aguas residuales porcícolas tratadas han sido estudiadas por su potencial en la producción de hortalizas. Cuando reciben un tratamiento adecuado o se aplican de forma diluida y controlada, pueden aportar nutrientes como nitrógeno y fósforo, favoreciendo el crecimiento de las plantas (Fig. 2).

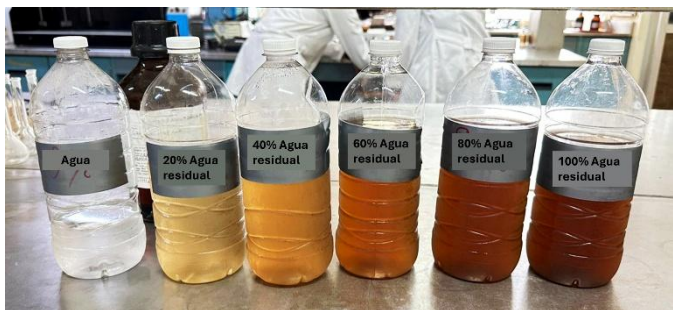


Figura 2. Reutilización de residuos porcícolas. Diluciones de agua residual porcícola para riego de cultivos (Fotografía: M.J. Pazos Escalante y C.D. Hernández Pinto)

Beneficios y riesgos en el uso agrícola

El uso de aguas residuales porcícolas en el riego de hortalizas ofrece beneficios, como el aporte de nutrientes y la reducción del uso de fertilizantes químicos, pero también implica riesgos que deben atenderse (Mendoza *et al.* 2021). Su aplicación sin tratamiento o en concentraciones elevadas puede afectar el ambiente y a los consumidores. Altas concentraciones de nutrientes pueden degradar el suelo, mientras que la presencia de metales pesados genera toxicidad en las plantas y procesos como eutrofización y degradación ambiental (Fig. 3). Además, estas aguas pueden contener materia orgánica, sales, microorganismos patógenos, fármacos veterinarios y hormonas (Garzón-Zúñiga & Buelna 2014).

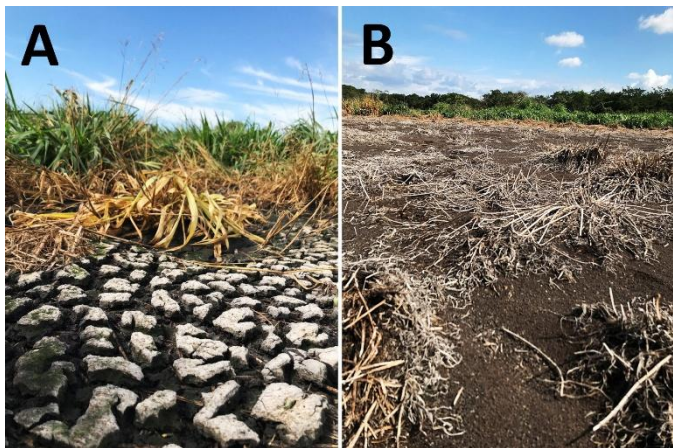


Figura 3. Impactos ambientales por mal manejo de aguas residuales porcícolas. **A.** Excedente de descargas residuales en suelos agrietados y saturados. **B.** Suelo compacto y sin vegetación por salinización (Fotografías: C.D. Hernández Pinto).

La acumulación de estos compuestos por encima de los límites permisibles altera las propiedades del suelo y la absorción de nutrientes, favoreciendo la acumulación de metales como hierro, níquel, cromo, cobre, cadmio, plomo y zinc (Bautista *et al.* 2022, Verma *et al.* 2023). Desde el punto de vista de la salud, su uso inadecuado representa un riesgo para agricultores y consumidores, ya que la presencia de microorganismos patógenos, como bacterias coliformes, puede causar enfermedades gastrointestinales, mientras que la exposición a metales pesados y residuos de fármacos puede generar efectos tóxicos.

¿Qué se debe evaluar antes de usar aguas residuales tratadas?

Para garantizar un uso seguro en la agricultura, es indispensable evaluar la calidad de las aguas residuales mediante distintos parámetros, ya que pueden contener compuestos orgánicos e inorgánicos. Entre los más importantes se encuentran la salinidad, el pH, la concentración de macro y micronutrientes, la presencia de metales pesados, así como sólidos en suspensión y cloro residual (Guzmán 2011). En México, su uso y descarga están regulados por normativas como la NOM-001-SEMARNAT-2021 y la NOM-003-SEMARNAT-1997, que establecen límites permisibles de contaminantes y criterios de calidad para su reutilización (Bautista *et al.* 2022).

Manejo responsable para un uso seguro

El uso agrícola de aguas residuales porcícolas puede ser viable si se realiza de forma responsable, en cantidades controladas y conforme a la normativa, como una fuente alternativa de agua y nutrientes. No obstante, el riego continuo puede provocar la acumulación de metales pesados en el suelo, derivados principalmente de la alimentación animal, como suplementos minerales y medicamentos veterinarios. Esta acumulación puede contaminar el suelo y aumentar su absorción por los cultivos, afectando la calidad e inocuidad de los alimentos (Men-

doza *et al.* 2021). Por ello, su uso no debe considerarse una solución inmediata a la crisis hídrica, sino una estrategia que requiere monitoreo constante, conocimiento técnico y responsabilidad ambiental.

Conclusión

La reutilización de aguas residuales porcícolas en la agricultura representa una alternativa con potencial para optimizar el uso del agua y avanzar hacia sistemas de producción más sostenibles. No obstante, su implementación requiere manejo adecuado, cumplimiento de normas de calidad como la NOM-001-SEMARNAT-2021 y la NOM-003-SEMARNAT-1997, así como una evaluación continua de sus efectos en el suelo, los cultivos y la salud humana.

En regiones como la península de Yucatán, donde predominan suelos kársticos altamente permeables, es fundamental fortalecer la investigación local para comprender los efectos a mediano y largo plazo. Bajo un enfoque basado en evidencia científica y responsabilidad ambiental, esta práctica puede consolidarse como una estrategia viable para producir alimentos sin comprometer la calidad de los recursos hídricos.

Referencias

- Bautista F., Aguilar Y., Gijón-Yescas N. 2022.** Las granjas porcinas en zonas de karst: ¿Cómo pasamos de la contaminación a la sustentabilidad? *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 25: 93. <https://doi.org/10.56369/tsaes.4154>
- Garzón-Zúñiga M. A., Buelna G. 2014.** Caracterización de aguas residuales porcinas y tratamiento por diferentes procesos en México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 30(1): 65-79.
- Guzmán J.M. 2011.** Reutilización de aguas residuales para riego en agricultura. En: Flórez R., V.J. Ed. *Sustratos, manejo del clima, automatización y control en sistemas de cultivo sin suelo*. pp. 127-151. Bogotá: Editorial Universidad Nacional de Colombia.
- Hernández-Pinto C.D., Vega-De-Lille M.I., Giacomán-Vallejos G., Ponce-Caballero C.; Quintal-Franco C.A., Méndez-Novelo R.I., Alvarado-López C.J., Hernández-Núñez E. 2025.** Impact of Treated Swine Wastewater on Elemental Distribution in the Growth of Habanero Pepper Seedlings. *Agronomy* 15: 1473. <https://doi.org/10.3390/agronomy15061473>
- Mendoza Retana S.S., Cervantes Vázquez M.G., Valenzuela García A.A., Guzmán Silos T.L., Orona Castillo I., Cervantes Vázquez T.J. 2021.** Uso potencial de las aguas residuales en la agricultura. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 12(1): 115–126. <https://doi.org/10.29312/remexca.v12i1.2789>
- Mergen Junior C.A., Loss A., Dos Santos Junior E., Dupont Giumbelli L., De Pinho D., De Abreu L., Rogério Lourenzini C., Comín J.J., Brunetto G. 2019.** Caracterización física de agregados de suelo sometido a 10 años de aplicación de efluentes porcinos. *Revista de Ciencias Agrícolas* 36 (1); 79-92.
- NOM-001-SEMARNAT-2021.** Que establece los límites permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos receptores propiedad de la nación. México. Diario Oficial de la Federación.
- NOM-003-SEMARNAT-1997.** Que establece los límites permisibles de contaminantes para aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público. Diario Oficial de la Federación.
- Pacheco Treviño S., Manzano Camarillo M. 2024.** Review of water scarcity assessments: Highlights of Mexico's water situation. *WIREs Water* 11(4): e1721. <https://doi.org/10.1002/wat2.1721>
- Verma A., Gupta A., Rajamani P. 2023.** Application of wastewater in agriculture: benefits and detriments. En: Kumar Rai P. (ed.). *River conservation and water resource management..* Singapore: Springer Nature Singapore. Pp. 53–75. https://doi.org/10.1007/978-981-99-2605-3_4

Un Mirlo Café fuera de lo común: leucismo en *Turdus grayi* en Mérida

Ariadna Ibarra-Morales¹, Alfredo Dorantes-Euan¹, Isaí Olalde-Estrada² y

Alexander Peña-Peniche^{1*}

¹Unidad de Recursos Naturales. ²Jardín Botánico Regional “Roger Orellana”. Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C. Calle 43 No. 130 x 32 y 34, Colonia Chuburná de Hidalgo, 97205, Mérida, Yucatán, México.

*luis.penap@cicy.edu.mx

Resumen

Se documenta un caso de leucismo parcial en un individuo de Mirlo Café (*Turdus grayi*) observado en el Jardín Botánico Regional “Roger Orellana”, en Mérida, Yucatán. Se describen sus características morfológicas y se discuten las posibles causas de esta anomalía de coloración. Asimismo, se revisan antecedentes de leucismo en la especie dentro del mismo sitio y se reflexiona sobre el papel de los ambientes urbanos en la aparición de estas variaciones. Finalmente, se destaca la importancia de la documentación local y de acciones de manejo, como la promoción de vegetación nativa, para favorecer la conservación de las aves urbanas.

Palabras clave: Encanecimiento progresivo, jardín botánico, melanina, plumaje blanco, variación cromática.

A finales de octubre de 2025 observamos un ave con una enigmática coloración blanca que cubría más de la mitad de las plumas de su cuerpo en el Jardín Botánico Regional “Roger Orellana” (JBR-RO) (Fig. 1). A primera vista, su apariencia contrastaba notablemente con otras aves comunes del jardín, ya

que pocas especies presentan un plumaje predominantemente blanco. Tras una observación más detallada, determinamos que se trataba de un individuo de Mirlo Café (*Turdus grayi* Bonaparte, 1838), especie conocida localmente en Yucatán como X'kokita y una de las aves más abundantes en el JBR-RO (Dorantes *et al.* 2024).

El Mirlo Café es una especie ampliamente distribuida desde el sureste de Estados Unidos de América hasta el norte de Colombia (Panwar *et al.* 2023). En la península de Yucatán es común y bien conocida por su canto característico, asociado en la cultura local con la invocación de la lluvia (Dorantes *et al.* 2024). La especie usualmente presenta un plumaje predominantemente marrón, vientre amarillento, rayas oscuras en la garganta, pico amarillo y ojos café claro (Fig. 2). Sin embargo, el individuo observado mostraba una combinación inusual de rasgos: aunque conservaba el pico amarillo, los ojos cafés claro y algunas rayas en la garganta, presentaba parches irregulares de plumas blancas y cafés en la cabeza y el dorso, además de un vientre completamente blanco.



Figura 1. Individuo de Mirlo Café con leucismo observado en el JBR-RO a finales de octubre de 2025. (Fotografías: Ariadna Ibarra Morales).

En las aves se han documentado diversas variaciones o anomalías en la coloración del plumaje, conocidas como variaciones cromáticas, las cuales pueden estar asociadas a mutaciones genéticas o factores ambientales, hormonales o nutricionales (van Grouw 2013, Guay *et al.* 2012, Camacho *et al.* 2022). Para comprender estas variaciones, es importante considerar que la melanina es el pigmento más abundante en las aves y responsable de las coloraciones negras, grises y cafés. El segundo grupo de pigmentos más común en las aves corresponde a los carotenoides, que producen tonalidades que van desde el amarillo pálido hasta el rojo escarlata (van Grouw 2013, Guay *et al.* 2012).

El albinismo, ampliamente conocido entre los seres humanos, se refiere a una condición que afecta la pigmentación de los ojos, la piel y el cabello. En aves, el albinismo se define como la ausencia total de melanina en ojos, piel y plumas, como resultado de una mutación genética (van Grouw 2013, Guay *et al.* 2012). Las aves albinas suelen presentar una coloración casi completamente blanca; sus ojos rojizos y piel rosada se deben a la transparencia de los vasos sanguíneos por la ausencia de pigmento (van Grouw 2013). No obstante, la mutación responsable del albinismo no afecta la producción de carotenoides, por lo que las especies cuya coloración depende de estos pigmentos pueden conservar dichos

tonos amarillos o rojizos (van Grouw 2013). Dado que el individuo observado presentaba parches de plumas cafés, color que depende de la melanina, ojos de color café y no rojos, es posible descartar que se trate de un caso de albinismo.



Figura 2. Mirlo Café con color de plumaje normal. Fotografía: Ariadna Ibarra Morales.

Otra variación cromática documentada en aves es el leucismo, término derivado del griego *leukos*, que significa “blanco”. El leucismo se define como la ausencia parcial o total de melanina en las plumas y, en algunos casos, en la piel, pero no en otros tejidos blandos (Camacho *et al.* 2022, van Grouw 2013). El leucismo es la anomalía cromática más común en aves silvestres, registrándose con mayor frecuencia en algunas especies o familias y siendo más raro en

otras (Guay *et al.* 2012). Gross (1965) documentó a la familia de los mirlos (Turdidae) como la segunda con mayor número de reportes de leucismo.

En un sentido amplio, el leucismo puede originarse por diversas causas, como mutaciones que impiden que las células productoras de melanina migren hacia ciertas regiones del cuerpo durante el desarrollo embrionario (van Grouw 2013), así como por procesos asociados al envejecimiento, la alimentación o el medio ambiente. Como resultado, algunos individuos presentan un plumaje completamente blanco (leucismo total), mientras que otros muestran patrones irregulares de plumas blancas mezcladas con el plumaje de color normal, lo que se conoce como leucismo parcial, como en el caso del individuo de *T. grayi* aquí descrito (Fig. 1). Por otro lado, los seres humanos han favorecido directamente individuos leucísticos durante la domesticación, ya que muchas aves domésticas, como gallinas, patos, palomas, gansos y pavos, presentan razas con este tipo de coloración (Guay *et al.* 2012).

Como hemos mencionado, el leucismo no siempre se debe a problemas congénitos. Existe un fenómeno conocido como “encanecimiento progresivo”, que implica una pérdida gradual de melanina a lo largo del tiempo. Dicho fenómeno ha sido evidenciado por el estudio del Tapacaminos Cuellirojo (*Caprimulgus ruficollis* Temminck, 1820) en el sur de España y del Mirlo Común (*T. merula* Linnaeus, 1758) en Europa, a través de los que se descubrió que el leucismo de las aves es un proceso ligado al envejecimiento de los individuos (Izquierdo *et al.* 2018, Camacho *et al.* 2022). Una vez que comienza este encanecimiento, el individuo se vuelve cada vez más blanco con cada muda de plumas (van Grouw 2013). En estos estudios se marcaron a las aves y se recapturaron en temporadas posteriores; de esta forma, se conoció su edad. Además, factores externos como heridas, enfermedades o deficiencias nutricionales pueden desencadenar la pérdida de melanina (van Grouw 2013, Camacho *et al.* 2022). Por ejemplo, un desbalance alimenticio puede afectar la función de hormonas involucradas

en la síntesis de melanina, como aquellas relacionadas con la tirosina; en estos casos, la falta de pigmentación puede revertirse una vez que la causa externa desaparece (van Grouw 2013).

Debido a que existen diversas causas del leucismo, la frecuencia de individuos leucísticos puede variar entre poblaciones de una misma especie y parece ser mayor en poblaciones urbanas que en rurales (Izquierdo *et al.* 2018), así como en poblaciones pequeñas y aisladas con altos niveles de endogamia (Rodríguez-Pinilla & Gómez-Martínez 2011, Guay *et al.* 2012). Este podría ser el caso de las ciudades, donde debido a la fragmentación y pérdida del hábitat, las poblaciones de las especies se vuelven pequeñas y aisladas (Mora *et al.* 2019). Esto significa que las aves en zonas urbanas pueden presentar leucismo por varias razones, tales como el encanecimiento progresivo, endogamia, contaminantes que provocan mutaciones, deficiencias nutricionales, entre otras. Esto es grave, pues el leucismo puede tener implicaciones ecológicas importantes, ya que los individuos con plumajes atípicos pueden ser más visibles para los depredadores o menos atractivos para parejas potenciales, lo que podría reducir sus probabilidades de supervivencia o reproducción (Guay *et al.* 2012). En México, el primer registro publicado para *T. grayi* corresponde a un individuo capturado en un bosque tropical caducifolio perturbado en una zona urbana del centro de Veracruz (Reséndiz-Cruz & Caballero-Jiménez 2016).

Las causas del leucismo en el individuo de Mirlo Café observado en el JBR-RO aún no son claras, ya que en campo y sin manipular al individuo, es difícil determinarlas. Creemos que puede ser un caso de encanecimiento progresivo, ya que es frecuente en ambientes urbanos (Izquierdo *et al.* 2018) y el patrón del plumaje blanco que presenta es aleatorio y no simétrico bilateral como en los individuos en los cuales presentan del leucismo (van Grouw 2021, Rodríguez-Ruiz *et al.* 2017). Sin embargo, durante las últimas tres temporadas reproductivas se han registrado numerosos nidos de esta especie en el sitio (Fig. 3), por lo que no puede descartarse un posible

efecto de endogamia. De hecho, este no es el primer registro de leucismo en *T. grayi* en el JBR-RO, ya que se han documentado casos de leucismo parcial en 2016 y 2017 (Dorantes *et al.* 2024, iNaturalist 2026, eBird 2026).

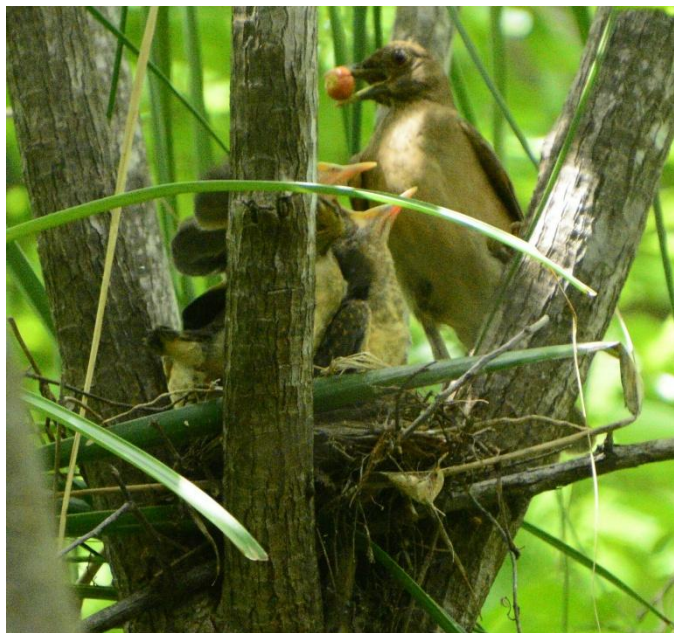


Figura 3. Nido de Mirlo Café con polluelos en el JBR-RO. (Fotografía: Ariadna Ibarra Morales).

Estos registros podrían indicar que las aves en la ciudad de Mérida están sometidas a algún tipo de estrés, lo que resalta la necesidad de implementar acciones de manejo y conservación. Entre ellas, destaca la siembra y protección de especies de plantas nativas que produzcan frutos, semillas o flores, las cuales, además de proporcionar alimento directo, favorecen la presencia de insectos que forman parte de la dieta de muchas aves. Asimismo, la vegetación ofrece refugio frente a condiciones climáticas adversas, protección contra depredadores y sitios adecuados para la anidación. Finalmente, la planeación estratégica de múltiples áreas verdes conectadas dentro de la ciudad promueve la formación de corredores ecológicos, reduciendo el aislamiento de las poblaciones.

Aunque el leucismo se considera un fenómeno poco común, en años recientes se ha observado un aumento en los reportes de aves con anomalías de coloración, particularmente en zonas urbanas (Izquierdo *et al.* 2018). Este incremento podría estar

relacionado con una mayor actividad de observadores de aves, el uso generalizado de cámaras digitales y el auge de plataformas de ciencia ciudadana, más que con un aumento real en la frecuencia del fenómeno. Para poder tener claro si en realidad existe un aumento en este tipo de casos en aves urbanas, es necesario documentar y publicar observaciones locales de leucismo, como la aquí presentada, que contribuyan a ampliar el conocimiento sobre la frecuencia y distribución de estas anomalías en la avifauna mexicana.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la M. en C. Margarita Clarisa Jiménez Bañuelos, responsable operativa del Jardín Botánico Regional “Roger Orellana”, por su disposición, apoyo y facilidades para el desarrollo de actividades de monitoreo y documentación de la avifauna del Jardín. Asimismo, agradecen al personal del Jardín Botánico por su colaboración y por las acciones de manejo de la vegetación que contribuyen a mantener este espacio como un sitio favorable para la observación, el estudio y la conservación de las aves urbanas.

Referencias

- Camacho C., Sáez-Gómez P., Hidalgo-Rodríguez P., Rabadán-González J., Molina C., Negro J.J. 2022. Leucistic plumage as a result of progressive greying in a cryptic nocturnal bird. *Scientific Reports* 12: 3411.
<https://doi.org/10.1038/s41598-022-07360-8>
- Dorantes Euan A., Tello López I.A., Echeverría Caro A.I., Linares Hernández G.I., Ibarra Morales A., Palma Cancino D.Y., Sanmiguel Caamal D.R., Gay Escalante S., Feldman R.E. 2024. Guía de aves del Jardín Botánico Regional “Roger Orellana”. *Centro de Investigación Científica de Yucatán*, Mérida, Yucatán, México. 191 pp.
- eBird. 2026. eBird Hotspot Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, New York (Consultado: 20 febrero 2026): <https://ebird.org/hotspot/L3626918>
- Frazier, F.P. 1952. Depigmentation of a robin. *Bird-Banding* 23: 114.

- https://digitalcommons.usf.edu/bird_banding/vol23/iss3/7
- Gross, A. 1965.** The incidence of albinism in North American birds. *Bird Banding* 36:67-71.
https://digitalcommons.usf.edu/bird_banding/vol36/iss2/1
- Guay P.-J., Potvin D.A., Robinson R.W. 2012.** Aberrations in plumage coloration in birds. *Australian Field Ornithology* 29: 23-20.
<https://vuir.vu.edu.au/22213/>
- iNaturalist. 2026.** <https://www.inaturalist.org>. (Consultado: 20 febrero 2026).
- Izquierdo L., Thomson R.L., Aguirre J.I., Díez-Fernández A., Faivre B., Figuerola J., Ibáñez-Álamo J.D. 2018.** Factors associated with leucism in the common blackbird *Turdus merula*. *Journal of Avian Biology* 49(9): e01778. <https://doi.org/10.1111/jav.01778>
- Mora J.M., López L.I. 2019.** Leucismo parcial del yigüirro (*Turdus grayi*) en la Estación Biológica La Selva, Costa Rica. *Huitzil, Revista Mexicana de Ornitología* 20(1): e-510.
<https://doi.org/10.28947/hrmo.2019.20.1.391>
- Panwar P., Deshwal A., Kannan R., Collar N., Spencer A.J. 2023.** Clay-colored Thrush (*Turdus grayi*), ver-

- sion 2.1. En: *Birds of the World* (T. S. Schulenberg, B. K. Keeney, and S. M. Billerman, Editors). Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, NY, USA.
<https://doi.org/10.2173/bow.clcrob.02.1>
- Reséndiz-Cruz I., Caballero-Jiménez R. 2016.** Primer registro de leucismo parcial en el mirlo pardo (*Turdus grayi*) para México. *Huitzil, Revista Mexicana de Ornitología* 17(2): 225-228.
- Rodríguez-Pinilla Q., Gómez-Martínez M.J. 2011.** Leucismo incompleto en *Turdus fuscater* (Passeriformes: Turdidae) en los Andes colombianos. *Museo de Historia Natural* 15(1): 63-67.
- Rodríguez- Ruiz E., Poot-Poot W., Ruíz-Salazar R., Treviño-Carreón J. 2017.** Nuevos registros de aves con anomalía pigmentaria en México y propuesta de clave dicotómica para identificación de casos. *Huitzil, Revista Mexicana de Ornitología* 17 (1): 57-70.
- van Grouw H. 2013.** What colour is that bird? The causes and recognition of common colour aberrations in birds. *British Birds* 106: 17-29.
- van Grouw H. 2021.** What's in a name? Nomenclature for colour aberrations in bird reviewed. *Bulletin of the British Ornithologists' Club* 141 (13): 276-299.

¿Genes que enferman plantas?

Gilberto Muñoz-Pérez¹, Sergio García-Laynes² y Julio Vega-Arreguin¹

¹ UNAM: Escuela Nacional de Estudios Superiores Unidad León (ENES-LEÓN), Ciencias Agrogenómicas. Blv. UNAM # 2011, 37684, León, Guanajuato, México.

² Centro de Investigación Científica de Yucatán, A. C. Calle 43 No. 130 x 32 y 34, Chuburná de Hidalgo, 97205, Mérida, Yucatán, México.

* jvega@enes.unam.mx

Resumen

Aparentemente, casi todos los genes de las plantas cumplen una función para su sobrevivencia y reproducción, aunque algunos pueden causarles problemas. A estos últimos se les denomina genes de susceptibilidad, y se caracterizan porque facilitan el establecimiento y la progresión de enfermedades causadas por fitopatógenos, quienes aprovechan estos genes para evadir los sistemas de defensa de las plantas. No obstante, su modificación o inactivación mediada por técnicas de edición genética, puede generar plantas resistentes a enfermedades. En la búsqueda de enfoques de producción sostenibles, la inactivación de genes de susceptibilidad se suma a las estrategias para obtener cultivos con resistencia a fitopatógenos.

Palabras clave: Cultivos y resistencia, edición genética, fitopatógenos, susceptibilidad.

Las plantas, al igual que todos los seres vivos coexisten con una gran diversidad de organismos, incluidos los fitopatógenos. A lo largo de la evolución las plantas han desarrollado relaciones simbióticas beneficiosas, pero también algunas no tan buenas como las que experimentan con fitopatógenos como bacterias, hongos, virus, fitoplasmas, oomicetos, entre otros. Para defenderse, las plantas

cuentan con sistemas que les permiten prevenir, detectar y responder ante la presencia de dichos organismos. Estas características están codificadas en su ADN en unidades llamadas genes. Si bien muchos de estos genes contribuyen a la defensa, también existen algunos que los patógenos pueden aprovechar para facilitar su infección, a estos se les conoce como genes de susceptibilidad.

Pero... ¿Qué son los genes de susceptibilidad?, estos son genes cuyos productos facilitan el establecimiento de una interacción de susceptibilidad, es decir, facilitan el desarrollo de la enfermedad provocada por un fitopatógeno particular. Se han descrito tres clases de genes de susceptibilidad. La primera clase, son aquellos que participan facilitando la entrada del fitopatógeno a la planta. La segunda clase, se caracteriza por actuar como reguladores negativos de la defensa, es decir, activan o reprimen genes que directamente anulan la síntesis de moléculas particulares involucradas en la resistencia. Y finalmente, aquellos que permiten una compatibilidad permanente, aquí podemos encontrar, genes que participan en la adquisición de nutrientes y que ayudan en el metabolismo del fitopatógeno en la interacción con la planta (Koseoglou *et al.* 2022).

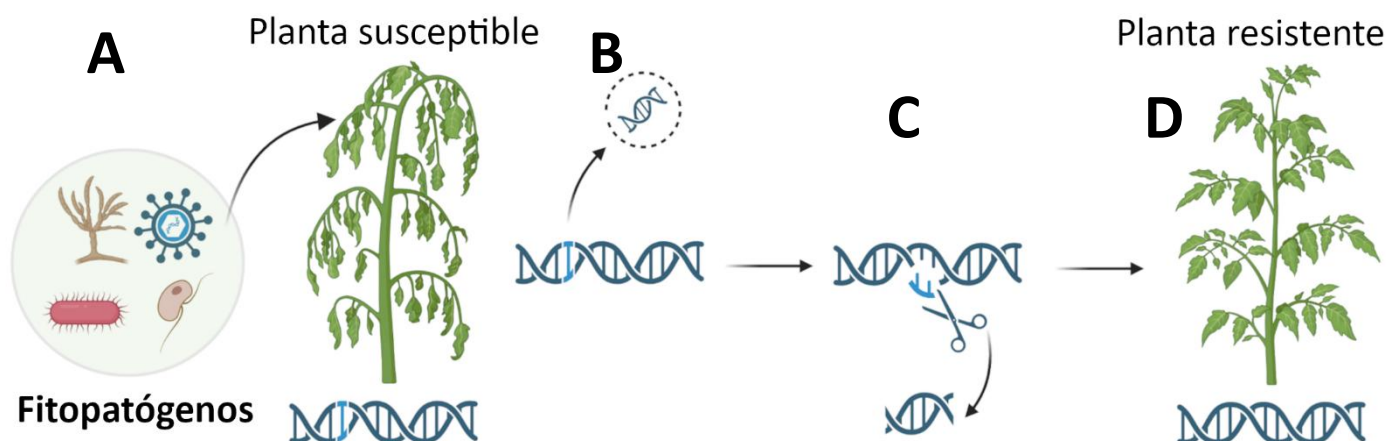


Figura 1. La edición de genes de susceptibilidad para generar plantas resistentes a fitopatógenos. **A.** Planta susceptible que posee algún gen de susceptibilidad que el patógeno utiliza para causar infección. **B.** Identificación del gen de susceptibilidad en el genoma de la planta. **C.** Inactivación del gen de susceptibilidad mediada por herramientas de edición genética (CRISPR, TALENs o ZFN). **D.** La inactivación del gen de susceptibilidad genera resistencia en la planta.

El conocimiento sobre los genes de susceptibilidad resulta fundamental en la implementación de diversos programas de fitomejoramiento. La identificación y modificación de la función de estos genes es una alternativa con gran potencial en el área de biotecnología vegetal, al ofrecer la posibilidad de que los hospederos desarrollen resistencia al fitopatógeno atacante, como consecuencia directa de la anulación de la interacción fitopatógeno-gen de susceptibilidad (Fig. 1). Diversos genes de susceptibilidad que al ser inactivados o modificados confieren resistencia a distintos fitopatógenos han sido identificados por medio de la generación de plantas mutantes o variantes naturales. Algunos ejemplos se resumen en la Tabla 1 y el resultado de la interacción se ilustra en la Figura 2, particularmente para los casos del trigo y el jitomate. En la Tabla 1, se incluye información sobre el gen de susceptibilidad, la planta hospedera, el fitopatógeno y la enfermedad que éste causa.

El ser humano ha practicado la agricultura desde hace varios milenios, y en el pasado han quedado registrados episodios catastróficos provocados por fitopatógenos que devastaron cultivos, colocando a poblaciones enteras en situaciones críticas. Un ejemplo emblemático es la llamada Gran Hambruna Irlandesa, ocasionada por el oomiceto *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, que arrasó los

cultivos de papa entre 1845 y 1852, causando la muerte por desnutrición y enfermedades de cientos de miles de personas y forzando la emigración de muchas más ante la escasez de alimento. Otra catástrofe fitosanitaria ocurrió entre 1950 y 1960, cuando la variedad comercial Gros Michel de plátano fue prácticamente eliminada de América Central y el Caribe a causa del hongo *Fusarium oxysporum* Schltdl en su forma especializada *cubense*, raza 1, lo que puso en riesgo la seguridad alimentaria y el sustento económico de millones de personas (Gradá 2004, Waraczewski & Solowiej 2022).

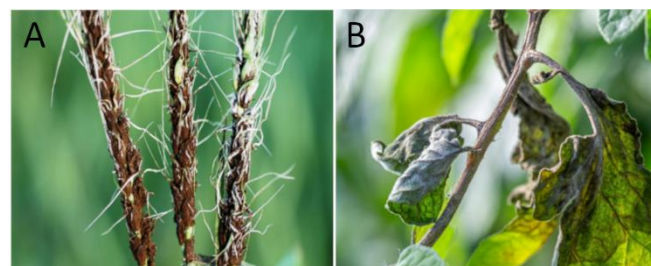


Figura 2. Ejemplos de cultivos monocotiledóneos y dicotiledóneos afectados por fitopatógenos. **A.** Trigo (*Triticum aestivum*). **B.** Jitomate (*Solanum lycopersicum*). La presencia de genes de susceptibilidad en ambos grupos vegetales permite el establecimiento de fitopatógenos y representa un blanco común para estrategias de mejoramiento genético. (Fotografías: Trigo tomado de <https://www.cropscience.bayer.ca/articles/2021/disease-management-and-id-in-wheat>. Jitomate tomado de <https://www.almanac.com/what-wrong-my-tomato-plant-visual-guide-leaf-problems>).

Tabla 1. Ejemplos de genes de susceptibilidad cuya inactivación confiere resistencia a diversos fitopatógenos.

Gen de susceptibilidad que promueve la enfermedad	Planta/cultivo	Fitopatógeno al que muestra resistencia	Enfermedad	Referencia
BIK1	<i>Arabidopsis thaliana</i> (L.) Heynh (Arabidopsis)	<i>Xanthomonas oryzae</i> (Uyeda y Ishiyama) Dowson. Bacteria	Enfermedad del tizón foliar del arroz	Wang <i>et al.</i> 2016
HIPM	<i>Malus domestica</i> Borkh (Manzana)	<i>Erwinia amylovora</i> (Burril) Winslow. Bacteria	Tizón de fuego	Campa <i>et al.</i> 2019
mlo	<i>Triticum aestivum</i> L. (Trigo)	<i>Blumeria graminis</i> (DC.) Speer. Hongo	Mildiú polvoriento o oidio	Wang <i>et al.</i> 2014
XSP10 y SISAMT	<i>Solanum lycopersicum</i> L. (Jitomate)	<i>Fusarium oxysporum</i> Schltdl. Hongo	Marchitez por Fusarium	Debbarma <i>et al.</i> 2023
SIDMR6-1	<i>Solanum lycopersicum</i> L. (Jitomate)	<i>Phytophthora infestans</i> (Mont.) de Bary. Oomiceto	Tizón tardío del jitomate	Maioli <i>et al.</i> 2024
bHLH49	<i>Nicotiana tabacum</i> L. (Tabaco)	<i>Phytophthora nicotianae</i> Breda de Haan. Oomiceto	Canilla o pata negra del tabaco	Wang <i>et al.</i> 2022
elf4E	<i>Triticum aestivum</i> L. (Trigo)	Virus del mosaico amarillo del trigo. Bimovirus	Enfermedad del mosaico amarillo del trigo	Kan <i>et al.</i> 2023

De acuerdo con la FAO (por sus siglas en inglés, Food and Agriculture Organization), la producción mundial de cultivos sufre pérdidas del 20% al 40%, principalmente a causa de enfermedades y plagas. Para mitigar tal fenómeno en la producción, se ha recurrido en mayor medida al uso de pesticidas, el cual se estima en más de dos millones de toneladas al año, distribuidos entre insecticidas, fungicidas, herbicidas, nematocidas, entre otros agentes (Tran *et al.* 2024). No obstante, con el incremento en la producción y uso de pesticidas, también se ha observado un incremento en la genotoxicidad (la capacidad de una sustancia para dañar el material genético) de algunos pesticidas aprobados, lo que significa un riesgo latente a la salud en personas y animales de granja, sin dejar de mencionar el impacto ambiental en los ecosistemas, suelo y agua.

En la actualidad se conoce que el sistema inmune en plantas es dinámico y multifacético, características que les permiten mantenerse estables y productivas aún bajo condiciones de estrés. Durante el ataque de un fitopatógeno, este sistema de defensa dinámico-multifacético es activado en la

planta hospedera, encendiendo así distintos niveles de defensa muy específicos dependiendo del tipo o ciclo de vida del patógeno. Por ejemplo, la resistencia sistémica adquirida (SAR, por sus siglas en inglés), la cual es un sistema de defensa de amplio espectro dirigido contra microorganismos con un ciclo de vida principalmente biótrofo (que se alimentan de células vivas), mientras que la resistencia sistemática inducida (ISR, por sus siglas en inglés) es una respuesta de las plantas contra microorganismos con un ciclo de vida por lo general necrótrofo (que se alimentan de células muertas). Es importante mencionar que estos programas de defensa en las plantas conllevan a la activación de diversas familias de genes de defensa, como los genes PR, cuyos productos pueden tener distintas funciones como glucanasas, quitinasas, proteinasas, peroxidasas, péptidos con actividad antimicrobiana como las defensinas, tioninas y proteínas de transferencia de lípidos. Por otro lado, los genes R, codifican proteínas con la capacidad de detectar factores de virulencia y avirulencia secretados por los patógenos al interior de las células del hospede-

dero. El cúmulo de conocimientos del que disponemos sobre cómo se defienden las plantas, sumado a los avances en la biotecnología vegetal, proporcionan una base sólida para elaborar y ejecutar programas de fitomejoramiento.

Durante muchos años el uso de la biotecnología para la obtención de plantas resistentes a fitopatógenos se ha basado principalmente en la introducción y sobreexpresión de genes únicos de resistencia, cuyos orígenes pueden ser distintos al de la propia planta (organismos transgénicos), o bien de genes provenientes de la misma especie de planta o familia (cisgénesis/intragénesis). Sin embargo, con el advenimiento de tecnologías de edición génica como CRISPR/Cas9 (Repeticiones palindrómicas cortas agrupadas y regularmente interespaciadas), TALENs (Nucleasas efectoras tipo activador de la transcripción), y ZFN (Nucleasas de dedos de zinc), y el conocimiento que tenemos sobre los intrincados sistemas de defensa, específicamente sobre los genes de susceptibilidad, abren la posibilidad de inactivar o modificar la función de estos genes, lo que en consecuencia resultaría en plantas resistentes a enfermedades. Los beneficios para la agricultura se verían reflejados en un mayor impacto en la sustentabilidad de la producción de alimentos. Es decir, lograr seguridad alimentaria a la vez que se reduce el impacto sobre el medio ambiente.

El desarrollo y aplicación del enfoque de la interrupción de genes de susceptibilidad como alternativa a la sobreexpresión de genes de resistencia, dependerá en los siguientes años de las herramientas de edición genética en combinación con los estudios de expresión de genes durante la interacción planta-patógeno. Aun así, no deben descartarse las estrategias de sobreexpresión de genes en el desarrollo de biotecnologías contra enfermedades en plantas, y más bien podrían considerarse como una suma de recursos para explorar la combinación de ambos enfoques en la obtención de cultivos elite que ayuden en la reducción del uso de pesticidas, con el objetivo de alcanzar una mayor producción de alimentos.

Referencias

- Campa M., Piazza S., Righetti L., Oh C. S., Conterno L., Borejsza-Wysocka E., Chidananda Nagamangala K., Vincent Beer S., Sanders Aldwinckle H., Malnoy M. 2019.** HIPM is a susceptibility gene of *Malus* spp.: Reduced expression reduces susceptibility to *Erwinia amylovora*. *Molecular Plant-Microbe Interactions* 32(2): 167-175.
<https://doi.org/10.1094/MPMI-05-18-0120-R>
- Debbarma J., Saikia B., Singha D. L., Das D., Keot A. K., Maharana J., Velmurugan N., P. Arunkumar K., Sudhakar Reddy P., Chikkaputtaiah C. 2023.** CRISPR/Cas9-mediated mutation in *XSP10* and *SISAMT* genes impart genetic tolerance to Fusarium wilt disease of tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Genes* 14(2): 488.
<https://doi.org/10.3390/genes14020488>
- Gradá C. 2004.** Ireland's great famine: An overview. *Centre for Economic Research Working Paper Series, No. WP04/25, University College Dublin*, 1-26.
<https://hdl.handle.net/10197/475>
- Kan J., Cai Y., Cheng C., Chen S., Jiang C., He Z., Yang P. 2023.** CRISPR/Cas9-guided knockout of *elf4E* improves wheat yellow mosaic virus resistance without yield penalty. *Plant Biotechnology Journal* 21(5): 893-895.
<https://doi.org/10.1111/pbi.14002>
- Koseoglou E., van der Wolf J. M., Visser R. G. F., Bai Y. 2022.** Susceptibility reversed: modified plant susceptibility genes for resistance to bacteria. *Trends in Plant Science* 27(1): 69-79.
<https://doi.org/10.1016/j.tplants.2021.07.018>
- Maioli A., De Marchi F., Valentino D., Gianoglio S., Lucien-Patono D., Miloro F.... Moglia A. 2024.** Knock-out of *SIDMR6-1* in tomato promotes a drought-avoidance strategy and increases tolerance to Late Blight. *Plant Stress* 13: 100541.
<https://doi.org/10.1016/j.stress.2024.100541>
- Tran G. H., Tran T. H., Pham S. H., Xuan H. L., Dang T. T. 2024.** Cyclotides: The next generation in biopesticide development for eco-friendly agriculture. *Journal of Peptide Science* 30(6): e3570.
<https://doi.org/10.1002/psc.3570>

Wang Y., Cheng X., Shan Q., Zhang Y., Liu J., Gao C., Qiu J. L. 2014. Simultaneous editing of three homoeoalleles in hexaploid bread wheat confers heritable resistance to powdery mildew. *Nature* 32: 947-951.

<https://doi.org/10.1038/nbt.2969>

Wang S., Sun J., Fan F., Tan Z., Zou Y., Lu D. 2016. A *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* effector, XopR, associates with receptor-like cytoplasmic kinases and suppresses PAMP-triggered stomatal closure. *Science China Life Sciences* 59(9): 897-905.

<https://doi.org/10.1007/s11427-016-5106-6>

Wang W., Zhang J., Cao Y., Yang X., Wang F., Yang J., Wang X. 2022. NtbHLH49, a jasmonate-regulated transcription factor, negatively regulates tobacco responses to *Phytophthora nicotianae*. *Frontiers in Plant Science* 13: 1073856.

<https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1073856>

Waraczewski R., Solowiej B. G. 2022. May bananas go extinct? The epidemic of Panama disease. A review. *Agronomy Science* 77(3): 139-148.

<http://doi.org/10.24326/as.2022.3.10>

La segunda vida de tus dientes: un desecho biológico con potencial para combatir la obesidad

Angélica A. Serralta-Interian^{1,3}, Pamela Naomi Rodríguez Morales^{2,3} y Beatriz A. Rodas-Junco^{3,4*}

¹Facultad de Ingeniería Química, Universidad Autónoma de Yucatán. Periférico de Mérida Lic. Manuel Berzunza 13615, Chuburná de Hidalgo, 97203, Mérida, Yucatán, México.

²Escuela de Biotecnología, División de Ciencias de la Salud, Universidad Anáhuac Mayab. Carretera Mérida Progreso Km. 15.5 AP. 96 Cordemex, 97308, Mérida, Yucatán, México.

³Laboratorio de Células Troncales-Facultad de Odontología, Universidad Autónoma de Yucatán. Calle 61-AX Av. Itzaés costado sur “Parque de la Paz”, Col. Centro, 97000, Mérida, Yucatán, México.

⁴SECIHTI-Facultad de Ingeniería Química, Universidad Autónoma de Yucatán. Periférico Norte Km 33.5, Tablaje Catastral 13615, Chuburná de Hidalgo Inn, 97203, Mérida, Yucatán, México.

*beatriz.rodas@correo.uady.mx

Resumen

¿Sabías que tus dientes podrían ayudar a combatir la obesidad? Anualmente millones de dientes extraídos terminan en contenedores médicos, como desecho biológico, pero guardan un potencial valioso: células madre dentales. Estas tienen la capacidad de transformarse en diferentes tipos de células del cuerpo, incluyendo las células grasas. Por ello, resultan un modelo interesante para entender cómo la epigenética (modificaciones que activan o inactivan genes sin cambiar el ADN) puede transformar la grasa blanca—que almacena energía— a grasa parda —que la quema—. Así que acompáñanos a conocer cómo tus dientes pueden

ser una alternativa potencial en la lucha contra la obesidad.

Palabras clave: Células madre, células madre dentales, obesidad, terapias autólogas.

En algún cajón de tu casa podría estar guardado un tesoro biológico que ni siquiera sabías que tenías. Ese diente de leche que tu madre conservó con nostalgia, o la muela del juicio que te extrajeron, contienen algo extraordinario: células madre que podrían ayudar a combatir la obesidad. En un mundo donde 650 millones de adultos viven con obesidad (Miklosz *et al.* 2022), los científicos han puesto sus ojos en algo que siempre estuvo ahí, el

material biológico de nuestras extracciones dentales, transformando lo que antes era un desecho en una esperanza médica.

Para poder comprender cómo nuestros dientes pueden combatir la obesidad, es importante conocer ¿qué son las células madre? Estas células son los bloques básicos de nuestro cuerpo que pueden transformarse en estructuras diferentes según las instrucciones que reciban. Mientras una célula de tu piel solo puede ser piel, una célula madre puede convertirse en hueso, grasa, cartílago o incluso tejido nervioso; son las “todoterreno” del mundo celular. Y, nuestros dientes, más allá de masticar, esconden este recurso increíble. Estas riquezas biológicas están escondidas en tu boca en los dientes de leche, la pulpa dental, el ligamento periodontal, los senos maxilares y hasta en las glándulas salivales, cada uno de estos nichos de células tienen características únicas y ventajas específicas (Rodas-Junco *et al.* 2017, Fawzy *et al.* 2025) (Fig. 1). Además, son fáciles de obtener ya que cada día se extraen millones de dientes en consultorios dentales por razones ortodónticas, muelas del juicio o simplemente dientes de leche que se caen naturalmente. Sin embargo, para que estos dientes puedan ser utilizados como material biológico en investigación, es indispensable que la persona de su consentimiento para el uso de sus tejidos con pleno conocimiento de para qué serán empleados. Además, no plantean dilemas éticos a diferencia de las células madre embrionarias. Y al ser tuyas, hay menos riesgo de que tu sistema inmune las rechace en un futuro tratamiento.

Con este arsenal de células madre orales disponibles, podríamos pensar que combatir la obesidad sería sencillo. Pero primero necesitamos comprender contra qué estamos luchando realmente. La obesidad no es simplemente cuestión de fuerza de voluntad o comer menos y moverse más. La genética y la epigenética también juegan un papel importante en su desarrollo. La primera nos señala cómo los genes afectan el apetito, la quema de calorías o el almacenamiento de grasas. Y la epigené

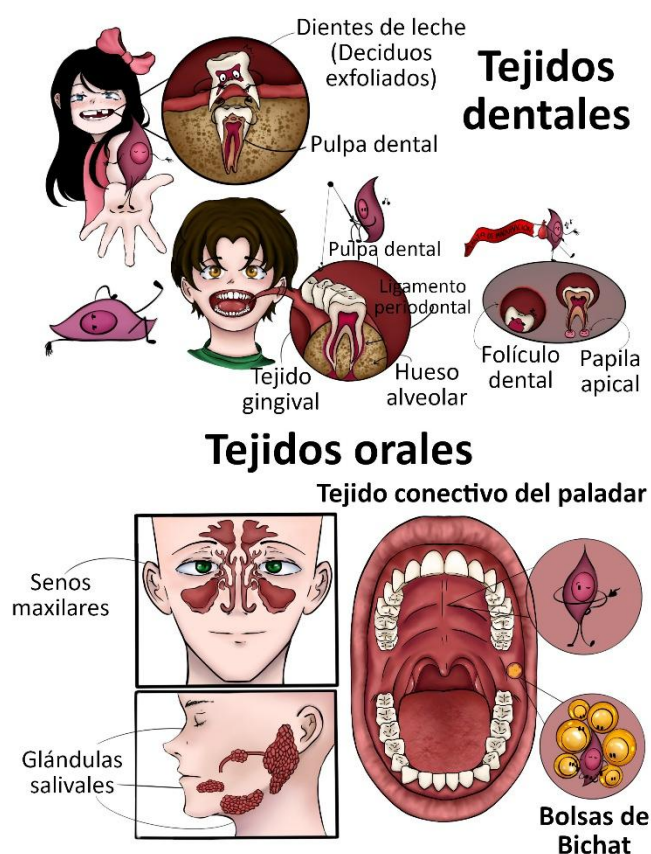


Figura 1. Representación de los nichos de células madre en la cavidad oral. En la imagen se presentan los diferentes tejidos dentales y orales de donde se pueden obtener células madre dentales. (Figura realizada por Pamela Naomi Rodríguez Morales con Procreate.com).

tica, una rama de la biología que estudia las modificaciones químicas del ADN, nos dice qué genes se activan y cuáles no dependiendo de nuestro entorno y estilo de vida (Fig. 2). Pero no toda la grasa es igual. Nuestro cuerpo tiene dos tipos principales de tejido adiposo o grasa con funciones completamente opuestas, la grasa blanca, que almacena energía y su acumulación excesiva caracteriza la obesidad, y la grasa parda o marrón, que quema calorías para generar calor y mantener la temperatura corporal. Mientras la primera se asocia con problemas metabólicos, la segunda es metabólicamente activa y beneficiosa (Peng *et al.* 2024). Aquí es donde las células madre dentales entran en escena. Estas células poseen la capacidad de diferenciarse en distintos tipos celulares, incluidos los adipocitos (células de grasa) (Mercado-Rubio *et al.* 2021), a través de un proceso guiado por señales

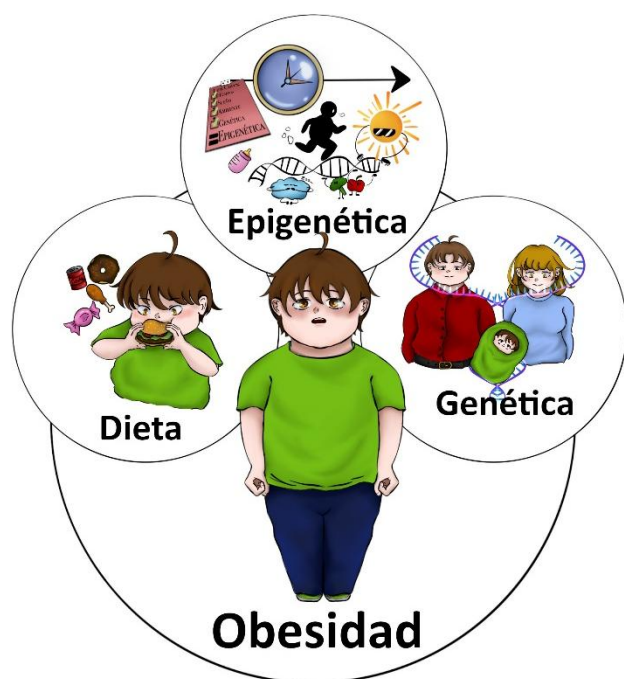


Figura 2. Elementos que influyen en el desarrollo de la obesidad. El esquema muestra cómo los factores ambientales, genéticos y epigenéticos interactúan entre sí para determinar la tendencia de una persona a desarrollar obesidad. (Figura realizada por Pamela Naomi Rodríguez Morales con Procreate.com).

moleculares específicas como factores de transcripción —proteínas que activan o silencian genes clave— y modificaciones epigenéticas que regulan su expresión sin alterar la secuencia del ADN. La manipulación de estas señales en el laboratorio podría orientar la especialización de estas células hacia adipocitos de grasa parda en lugar de grasa blanca, aprovechando así su flexibilidad biológica para desarrollar terapias regenerativas enfocadas en revertir los efectos de la obesidad.

La dieta, el estrés o incluso lo que tus padres comieron pueden dejar marcas químicas en el ADN que condicionan tu metabolismo, y lo más frustrante para quienes intentan mantener el peso ideal es que las células tienen memoria. Los adipocitos que alguna vez formaron parte de un organismo obeso conservan una firma epigenética que los lleva a recuperar su estado anterior. Por lo tanto, la clave podría estar en la epigenética. Comprender estos mecanismos es esencial para descifrar

la adipogénesis, es decir, cómo se forman las células de grasa. En este proceso, la acetilación de histonas juega un papel importante al activar genes que determinan el tipo de adipocito que se formará (Ong *et al.* 2020), si será un adipocito blanco que almacena energía o un adipocito pardo que la quema. Manipular estas marcas epigenéticas en células madre dentales durante su diferenciación adipogénica podría permitirnos inclinar la balanza hacia la formación de tejido adiposo pardo, transformando estas células de fácil acceso en una herramienta terapéutica para combatir la obesidad desde su origen celular.

De hecho, estudios *in vitro* han demostrado que fármacos epigenéticos pueden aplicarse a células madre dentales para promover su diferenciación adipogénica (Montero del Toro *et al.* 2025). Los experimentos en ratones de laboratorio (modelos murinos) han ido más allá, no solo se han utilizado estos fármacos epigenéticos para dirigir la diferenciación, sino que también se han realizado trasplantes de células madre modificadas que inducen la conversión de grasa blanca existente en grasa parda metabólicamente activa (Lee *et al.* 2017, Payab *et al.* 2018). Sin embargo, es importante mencionar que estas estrategias aún se encuentran en fase experimental y no han sido probadas en humanos, por lo que queda un largo camino antes de que puedan convertirse en tu propio kit de reparación biológica (terapia autóloga). Así que los dientes guardados en esa cajita no cambiarán el mundo mañana, pero con investigación continua y rigor científico, podrían ser parte de la solución al problema de la obesidad en un futuro cercano.

Agradecimientos

Al SECIHTI por el financiamiento del proyecto CBF2025-I-546 para BRJ y por el apoyo de la beca de Estancias Posdoctorales por México 474112 para ASI. Al Laboratorio de Células Troncales de la Facultad de Odontología y la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Autónoma de Yucatán.

Referencias

- Fawzy El-Sayed K.M., El Moshly S., Radwan I.A., Rady D., El-Rashidy A.A., Abbass M.M., Dörfer C.E. 2025. Stem Cells From Dental Pulp, Periodontal Tissues, and Other Oral Sources: Biological Concepts and Regenerative Potential. *Journal of Periodontal Research* 2025 (0): 1-53.
<https://doi.org/10.1111/jre.70015>
- Lee C.W., Hsiao W.T., Lee O.K.S. 2017. Mesenchymal stromal cell-based therapies reduce obesity and metabolic syndromes induced by a high-fat diet. *Translational Research* 182: 61-74.
<https://doi.org/10.1016/j.trsl.2016.11.003>
- Mercado-Rubio M.D., Pérez-Argueta E., Zepeda-Pedreguera A., Aguilar-Ayala F.J., Peñaloza-Cuevas R., Kú-González A., Rojas Herrera R.A., Rodas Junco B.A., Nic-Can G.I. 2021. Similar features, different behaviors: A comparative in vitro study of the adipogenic potential of stem cells from human follicle, dental pulp, and periodontal ligament. *Journal of Personalized Medicine* 11(8): 738.
<https://doi.org/10.3390/jpm11080738>
- Mikłosz A., Nikitiuk B.E., Chabowski A. 2022. Using adipose-derived mesenchymal stem cells to fight the metabolic complications of obesity: Where do we stand? *Obesity Reviews* 23(5): e13413.
<https://doi.org/10.1111/obr.13413>
- Montero-Del-Toro J.A., Serralta-Interian A.A., Nic-Can G.I., Lamas M., Rivera-Solís R.A., Rodas-Junco B.A. 2025. Histone H3 Lysine 9 Acetylation Plays a Role in Adipogenesis of Periodontal Ligament-Derived Stem Cells. *Epigenomes* 9(2):15.
<https://doi.org/10.3390/epigenomes9020015>
- Ong B.X., Brunmeir R., Zhang Q., Peng X., Idris M., Liu C., Xu F. 2020. Regulation of thermogenic adipocyte differentiation and adaptive thermogenesis through histone acetylation. *Frontiers in Endocrinology* 11: 95.
<https://doi.org/10.3389/fendo.2020.00095>
- Payab M., Goodarzi P., Foroughi Heravani N., Hada-vandkhani M., Zarei Z., Falahzadeh K., Larijani B., Rahim F., Arjmand, B. 2018. Stem cell and obesity: current state and future perspective. *En: Turksen, K. (eds) Cell Biology and Translational Medicine, Volume 2. Advances in Experimental Medicine and Biology*, vol 1089. Springer, Cham, pp 1-22.
https://doi.org/10.1007/5584_2018_227
- Peng Y., Zhao L., Li M., Liu Y., Shi Y., Zhang J. 2024. Plasticity of Adipose Tissues: Interconversion among White, Brown, and Beige Fat and Its Role in Energy Homeostasis. *Biomolecules* 14(4): 483.
<https://doi.org/10.3390/biom14040483>
- Rodas-Junco B.A., Canul-Chan M., Rojas-Herrera R.A., De-la-Peña C., Nic-Can G.I. 2017. Stem Cells from Dental Pulp: What epigenetics can do with your tooth. *Frontiers in Physiology* 8:1-20.
<https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00999>

Próximo número

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

Mieles de Colima: un caleidoscopio de sabores, flores y paisajes.

María I. Chávez López, Carlos L. Leopardi Verde, Marco T. Buenrostro-Nava y Gilberto Manzo-Sánchez

Resumen. Cada miel cuenta una historia sobre el paisaje y la biodiversidad de Colima. En sus tonos, desde el ámbar claro de los volcanes hasta el oscuro de la costa, se reflejan las flores que las abejas visitaron y las estaciones que marcaron su producción. A través de la melisopalinología, el estudio del polen contenido en la miel, podemos conocer su origen botánico y geográfico, descubriendo una sorprendente diversidad. Así, las mieles colimenses son mucho más que un producto apícola: son una ventana dulce hacia la naturaleza, la cultura y el conocimiento de los apicultores.

El banco de germoplasma de *Jatropha curcas* y *Moringa oleifera* del INIFAP

Elizabeth Herrera-Parra, Luis M. del Campo-López, Carolina I. Basto-Pool y Jorge R. Canul-Solis

Resumen. Los bancos de germoplasma son instalaciones que resguardan recursos genéticos para conservar la diversidad vegetal. El Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) mantiene colecciones ex situ de plantas vivas (colectas de campo) correspondientes a 16 accesiones y tres variedades clonales de *Jatropha curcas*, así como 20 materiales de *Moringa oleifera*, conservadas en el Sitio Experimental Uxmal, Yucatán. Estas colecciones preservan la diversidad genética regional, proveen material para investigación y facilitan la transferencia de tecnología a productores interesados en la producción de biocombustibles y alimentos.

La decisión de Sofie en la conservación de germoplasma y sus dilemas éticos y de priorización.

Manuel Martínez Estévez

Resumen. Recientemente, una colega muy querida,

experta en plantas y amante de la conservación me compartió una nota del periódico La Nación del 8 de diciembre de 2025 de la autoría de Jorge V. Crisci donde se trata el tema de la ciencia y la decisión de Sofie, el tema me pareció relevante y decidí investigar de manera más profunda esta dicotomía entre la ética y lo que sí o no debemos conservar. Este artículo muestra una breve descripción de la dicotomía/disyuntiva, y las posibles consecuencias para la conservación de recursos genéticos.

Más allá de lo verde: metabolitos secundarios en la vida real

Blanca C. Solis Arias, José A. Muñoz Sánchez y Felipe A. Vázquez Flota

Resumen. Desde el principio de la humanidad, las plantas han sido una fuente de recursos para nuestra supervivencia. Más allá del papel tan importante que tienen en sus ecosistemas, como fuente de alimentos para diversas especies o aportando gran parte del oxígeno de la tierra, también son un reservorio de ingredientes activos, en su mayoría metabolitos secundarios, que son aprovechados para el beneficio humano, mismos que después de años de investigación han sido ampliamente distribuidos y usados en diversos productos de uso común, siendo más que secundarios, protagonistas de la resolución de problemas de la vida real.

Compresión costera: una enemiga silenciosa que impide la migración de los manglares

Paola Sánchez Juárez, Arturo García-Romero, Rodolfo Rioja-Nieto y Francisco Guerra Martínez

Resumen: Este artículo analiza la compresión costera en la Península de Yucatán, un fenómeno donde el aumento del nivel del mar impulsa la migración de manglares tierra adentro, pero la infraestructura humana bloquea su avance. El estudio determina que 518 km de costa enfrentan este riesgo, afectando a un tercio de los manglares de la

Próximo número

región, siendo Quintana Roo el estado más vulnerable. Esta situación amenaza servicios ecosistémicos y el turismo. Se recomienda implementar programas de ordenamiento ecológico y medidas de adaptación para fortalecer la resiliencia de estos ecosistemas.

Dos pájaros de un tiro: el nitrógeno en la nutrición y en la defensa de las plantas

Adriana Chacón-López, Oscar A. Moreno-Valenzuela y Ileana Echevarría-Machado

Resumen. La fertilización (nutrición mineral o comida para las plantas) es importante para el desa-

rollo de los cultivos agrícolas, pero su uso exagerado ha generado problemas ambientales y de salud. La nutrición nitrogenada es importante para el crecimiento y desarrollo de las plantas y también en la defensa vegetal contra patógenos. La aplicación de fertilizantes nitrogenados interviene de manera variable en la respuesta de las plantas antes las infecciones por patógenos, por lo que es importante comprender las interacciones entre la fertilización, el cultivo y el patógeno para poder determinar una fertilización óptima que mejore el rendimiento agrícola sustentable y, a la vez, establezca inmunidad en las plantas.