

# Eco-Lógico

## Hecho en INECOL

Desde escarabajos  
y muérdagos  
hasta drones!

ESTA REVISTA ES UNA PUBLICACIÓN TRIMESTRAL

## CIENCIA HOY

Mascotas  
¿qué riesgos nos generan?

## TRIVIAS Y ARTE

No todo es lo que parece  
¿identificas a estos insectos?

## JÓVENES CIENTÍFICOS

Abejas, moscas y la importancia de identificar  
hongos en nuestra comida contaminada

Año 3  
Vol. 3 No. 2  
abril- junio  
Verano 2022

# Eco-Lógico

Año 3 / volumen 3/ número 2 / abril- junio  
(verano) 2022, Instituto de Ecología, A.C.

Dr. Armando Contreras Hernández (Director General),  
Dr. Gerardo Mata Montes de Oca (Secretario  
Académico), Dr. Oscar Luis Briones Villareal (Secretario  
de posgrado), Fis. Rosario Landgrave Ramírez  
(Secretaría Técnica) L.A. Rubey Baza Román (Director  
de Administración y Finanzas)

Responsables y Coordinadores Generales:  
María Luisa Martínez, Debora Lithgow, José G. García-  
Franco;

Coordinación de recepción de contribuciones:  
eco-logico\_MS@inecol.mx; Coordinación de diseño y  
formación: M. Luisa Martínez, Debora Lithgow, José G.  
García-Franco, Vinisa Romero;

Apoyo informático: Secretaría Técnica;  
Distribución general: Oficina de Enlace con la  
Sociedad; Consejo de Editores Asociados y  
Colaboradores: Carlos Fragoso, Janaina García,  
Armando Aguirre Jaimes, Carla Gutiérrez, Frédérique  
Reverchon, Ana Martínez, Juan B. Gallego Fernández,  
Francisca Vidal.

**Eco-Lógico**, año 3, volumen 3, No. 2, abril - junio  
(verano) 2022, es una publicación trimestral editada  
por el Instituto de Ecología, A.C., carretera antigua a  
Coatepec No. 351, Xalapa, Veracruz, C.P. 91073, Tel. (228)  
842-800, [https://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/ct-  
menu-item-25/eco-logico](https://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/ct-menu-item-25/eco-logico). Editor responsable: Ma. Luisa  
Martínez Vázquez. Reservas de Derechos al  
Uso Exclusivo No. 04-2021-090106574400-203, ISSN  
2954-3355, ambos otorgados por el Instituto Nacional  
del Derecho de Autor. Responsable de la última  
actualización de este Número: Debora Lithgow  
Serrano, carretera antigua a Coatepec No. 351, Xalapa,  
Veracruz, C.P.91073, fecha de última modificación, 21 de  
junio de 2022.

El contenido de los artículos es responsabilidad de las  
autoras y los autores. La adecuación de materiales,  
títulos y subtítulos le corresponde al equipo editorial y  
al consejo editorial.

Se permite la reproducción parcial o total de los textos  
e imágenes contenidos en esta publicación citando la  
fuente como "Eco-Lógico, revista de Divulgación del  
Instituto de Ecología, A.C." Cualquier comunicación  
dirigirla a [eco-logico\\_MS@inecol.mx](mailto:eco-logico_MS@inecol.mx).

En portada: Denise Johnson, Unsplash  
En prólogo: Escarabajo, Pixabay, Pexels

Navegador recomendado: Google Chrome





# PRÓLOGO

**Eco-Lógico** es la revista divulgación del INECOL. Su nombre alude a los objetivos de la institución: **Eco-** es indicativo del énfasis en el estudio y la conservación de la biodiversidad, así como de las relaciones de los seres vivos entre sí y con el medio donde viven (incluyendo al ser humano). **Lógico** se refiere a la generación del conocimiento para el uso sustentable de los recursos naturales. En **Eco-Lógico** estamos comprometidos a comunicar los resultados de la investigación y el trabajo que realizamos en el INECOL, con el objetivo de promover la apropiación social del conocimiento producido en ésta y otras instituciones afines.

Este número es tan diverso y entretenido como siempre. En particular, los trabajos aportan a la conmemoración de "Días Internacionales" propuestos por las Naciones Unidas y que están relacionados con el ambiente. Para conmemorar el "Día Internacional de la Diversidad Biológica" (22 de mayo) y el "Día Mundial del Medio Ambiente" (5 de junio), se presentan artículos que se enfocan en las interacciones entre plantas y animales (polinizadores), las interacciones de parasitismo entre plantas, helechos de matorrales secos y el mimetismo de los insectos. También contamos con artículos relacionados con la salud alimentaria, el impacto de las mascotas en la salud humana y el compostaje, esta última como una alternativa para mejorar el ambiente. Así mismo, se presentan los resultados que se obtienen con el uso de las nuevas tecnologías como los drones, los cuales se utilizan, por ejemplo, para el estudio del ambiente por medio de imágenes.

Otros temas de la agenda ambiental que también se abordan en este número son el "Día Mundial de las Aves Migratorias" (que se celebra dos veces al año, en mayo y octubre) y el "Día Mundial de los Océanos" (8 de junio), con dos artículos. En el primero se reta al lector a que responda qué tanto sabe sobre las aves migratorias, y en el segundo se describe a las bacterias degradadoras de petróleo que viven en las aguas del Golfo de México.

El número cierra con una divertida biotrivia, un entretenido cuento al estilo Sherlock Holmes, una bella muestra de obras hechas en acuarela sobre temas de la naturaleza y concluimos con una anécdota de botas intrigante.

## El Comité Editorial



### NAVEGADOR SUGERIDO: CHROME

DA CLICK SOBRE EL ARTÍCULO QUE QUIERAS VISITAR

#### HECHO EN EL INECOL

- P. 8 **LOS ESCARABAJOS: POLINIZADORES OLVIDADOS**  
Armando Aguirre-Jaimes, Karla Selene Andalco-Cid y Cuauhtémoc Deloya
- P. 16 **LOS MUÉRDAGOS PSITTACANTHUS... OH NO, ¡CIENCIA BÁSICA!**  
Juan Francisco Ornelas
- P. 24 **USO DE DRONES EN TAREAS DE GESTIÓN AMBIENTAL**  
Alexandro Medina Chena, Rafael Villegas Patraca y César Gallo Gómez



#### JÓVENES CIENTÍFICOS

- P. 34 **POR SI LAS MOSCAS O...¡POR LAS ABEJAS!**  
Daniela González-Carmona, Edmont Celis-López y Armando Jesús Martínez
- P. 42 **SEGURIDAD ALIMENTARIA: LA IMPORTANCIA DE IDENTIFICAR HONGOS CONTAMINANTES DE NUESTROS ALIMENTOS**  
Angélica Gutiérrez-Sánchez, Jean-Michel Savoie y colaboradores
- P. 50 **¿CÓMO SOBREVIVEN LOS HELECHOS EN AMBIENTES SECOS, CÁLIDOS Y ROCOSOS?**  
Rubén Agustín Camacho Ramírez, Irene Pisanty Baruch y colaboradores

#### CIENCIA HOY

- P. 60 **EL GOLFO DE MÉXICO Y LAS BACTERIAS DEGRADADORAS DE HIDROCARBUROS**  
Ma. Fernanda Sánchez-Soto Jiménez, Sonia S. Valencia-Agami y colaboradoras
- P. 70 **IMPACTOS DE LA FAUNA FERAL SOBRE SALUD, VIDA SILVESTRE Y ECONOMÍA**  
Luis M. García Fera, Miguel Rubio Godoy y Alberto Risquez Valdepeña
- P. 80 **HABLEMOS DEL COMPOSTAJE PARA EL MANEJO DE NUESTROS RESIDUOS**  
Daniel Alejandro García López



DA CLICK SOBRE EL ARTÍCULO QUE QUIERAS VISITAR



### TRIVIAS Y ARTE

- ¿QUÉ TANTO SABES SOBRE MIGRACIÓN DE AVES? P. 90  
Sergio A. Cabrera Cruz
- BIOTRIVIA: SE PIERDE, SALVA Y SE RENUEVA ¿QUÉ ES? P. 96  
Eduardo O. Pineda Arredondo
- ¿QUÉ TANTO SABES SOBRE MIMETISMO EN ARTRÓPODOS? P. 100  
Frida A. Bello Morales, Sergio Ibáñez Bernal y Ma. Teresa Suárez Landa
- UN CUENTO DETECTIVESCO P. 106  
Juan D. Vasquez-Restrepo
- OBSERVAR PARA PINTAR P. 112  
Patricia Moreno-Casasola

### DE BATAS Y BOTAS

- EL MISTERIO DE LAS BELLOTAS P. 118  
Victor Vásquez-Reyes y Angy García

### ECONOTICIAS

- GRADUADOS P. 122  
Periodo abril - junio 2022
- CURSO EN LÍNEA P. 124  
Restauración del paisaje costero-marino como estrategia de mitigación y adaptación al cambio climático
- CIFRAS DE LA REVISTA P. 126  
Estadísticas de Eco-Lógico en el mundo

# CONTENIDO



# Hecho en el INECOL

Fotografía: zhangliams, Pexels



# LOS ESCARABAJOS: POLINIZADORES OLVIDADOS

**Armando Aguirre-Jaimes\***

Red de Interacciones Multitróficas, INECOL

**Karla Selene Andalco-Cid**

Posgrado en Ciencias Biológicas,  
Universidad Autónoma de Tlaxcala

**Cuauhtémoc Deloya**

Red de Interacciones Multitróficas, INECOL

\*armando.aguirre@inecol.mx



Escarabajo curculiónido consumiendo polen de flores de una palmera (*Chamaedorea ernesti-augustii*) en la Reserva de la Biosfera de Los Tuxtlas, Veracruz. Fotografía: Armando Aguirre-Jaimes

**La reproducción sexual en las plantas ocurre mediante la polinización**, para la cual es necesario transportar el polen desde las anteras (órganos masculinos) hacia el estigma (órganos femeninos), ya sea de flores de la misma planta o de plantas vecinas de la misma especie. Para que este proceso se lleve a cabo es necesaria la participación de factores abióticos, como el agua o el viento, o factores bióticos, en los cuáles se involucran a una gran diversidad de animales. Este proceso resulta ser tan exitoso que cerca del 90% de las plantas con flores desarrollan características morfológicas, fisiológicas e inclusive cambios temporales en la producción de flores que les permiten interactuar con los animales que las polinizan.

**Entre los animales que desempeñan funciones como polinizadores se encuentran cuatro grupos principales:** las abejas (Hymenoptera), las moscas (Diptera), las mariposas, las polillas (Lepidoptera) y los escarabajos (Coleoptera). Algunos vertebrados también actúan como polinizadores, entre los que destacan los murciélagos y los colibríes. Estos pueden presentar relaciones altamente específicas con algunos grupos de plantas, como los agaves y los muérdagos. Las arañas, hormigas, y mamíferos pequeños también son polinizadores, sin embargo, éstos visitan de manera accidental u oportunista algunas especies de plantas.



Escarabajo cetonino (*Calomacraspis splendens*) visitando una flor de *Ruellia hirsutoglandulosa* (Acanthaceae) en la Reserva de la Biósfera de Tehuacán-Cuicatlán.  
Fotografía: Armando Aguirre-Jaimes

## La polinización por escarabajos

Los escarabajos comprenden aproximadamente 392,415 especies descritas a nivel mundial, con cerca de 40,000 especies para México. Se estima que en el mundo, aproximadamente 77,000 especies (15.6%) de los escarabajos son visitantes florales, siendo potenciales polinizadores. En algunos casos presentan relaciones exclusivas con varias especies de plantas, con las que además comparten una larga historia evolutiva.

**Los mecanismos que utilizan las plantas para atraer a los escarabajos son diversos. Entre los más primitivos se encuentran una oferta muy alta de polen, emisión de aromas y el incremento de temperatura en las flores (termogénesis).** Estas características se mantienen vigentes en algunos grupos de plantas "modernas", ya que estas recompensas han demostrado ser eficientes a lo largo de su historia evolutiva. De hecho, hay evidencia fósil que comprueba estas interacciones y nos ayuda a entender cómo es que ocurrió esta especialización entre los escarabajos y las plantas.

El primer registro de plantas productoras de polen se remonta a 300 millones de años, con algunas especies de helechos primitivos que presentaban órganos productores de polen, el cuál era de gran tamaño y pesado, y no podía ser transportado por el viento. Asociado a estas plantas primitivas existían insectos que coincidieron en ese periodo, razón por la cual se consideran como potenciales removedores de polen, los cuales pueden haber desempeñado una función incipiente de polinización. Existe evidencia de un escarabajo (Familia Boganiidae) fosilizado en ámbar, que presentaba restos de polen en las patas y las mandíbulas, el cual se asoció a un grupo primitivo de plantas conocidas como cicadas. Dicha relación se estima ocurrió hace unos 200 a 163 millones de años (periodo Jurásico temprano-medio), y se mantiene hasta la fecha.

Los "bogánidos modernos" son una familia de escarabajos cuya alimentación se asocia al polen producido por las cicadas y otras especies de plantas con flores. Las estrategias que presentan las cicadas para atraer a este grupo de polinizadores son a través de termogénesis y la emisión de compuestos volátiles aromáticos (aromas). Estas características son importantes en plantas que carecen de flores, cuyas estructuras reproductivas (estróbilos) son parecidas a una "mazorca", dentro de la cual se encuentran los órganos sexuales. Otro aspecto interesante es que estas plantas tienen los sexos separados (dioicismo), es decir, presentan plantas "hembra" y plantas "macho", por lo tanto, la intervención de los polinizadores es fundamental para la fecundación.

## La polinización por insectos en la actualidad

La polinización por escarabajos continua vigente, sobre todo en grupos de plantas muy particulares, como las palmeras (Arecaceae), las aráceas como la "Cuna de Moisés" o la "Flor cadáver" (Araceae), las magnolias (Magnoliaceae), las guanábanas y las anonas (Anonaceae), las cuáles son polinizadas principalmente por escarabajos (Figura 1). Estas plantas ofrecen a los escarabajos atractivos, mediante la producción de olores dulces e intensos. **Estas flores también proporcionan protección dentro de las cámaras florales y, mediante termogénesis emiten calor, de manera que son sitios adecuados para el apareamiento y anidación de los escarabajos.** Los escarabajos también obtienen alimento a través de exudados o del consumo de los pétalos de las flores.



Figura 1. Sotobosque de la selva de Los Tuxtlas, hábitat de varias especies de aráceas, como *Dieffenbachia oerstedii* la cual es polinizada por escarabajos (*Cyclocephala* sp.) que visita sus inflorescencias a consumir polen y a reproducirse. Dibujo: Emmanuel Contreras-Varela

**Otra peculiaridad en esta interacción es que los escarabajos son atraídos por flores de color blanco o crema**, que generalmente se encuentran dispuestas en inflorescencias. En otros casos, esta interacción es condicionada desde los primeros estadios de desarrollo de los escarabajos, ya que las larvas se alimentan de raíces y tejidos de algunas plantas, y en estado adulto pueden consumir los tejidos florales (Figura 2).

Es común encontrar escarabajos que funcionan como polinizadores secundarios, llevando los granos de polen de una planta a otra pegados en sus patas, antenas o sedas. Esto ocurre en plantas con inflorescencias donde hay gran oferta de polen, como las bromelias terrestres (*Hechtia* sp.) (Figura 3 y 4), agaves y algunas especies de palmeras (Camedoras). En otros casos, los polinizadores son muy específicos, como los Nitidulidae, escarabajos pequeños que polinizan a la palma de chocho (*Astrocaryum mexicanum*) en la región de Los Tuxtlas, Veracruz.



Figura 2. Una de las características que son muy atractivas para los escarabajos son las flores con colores claros (blancos o amarillentos) y gran cantidad de polen, como es el caso de esta inflorescencia de una palmera que es visitada por escarabajos. Fotografía: Armando Aguirre-Jaimes



Figura 3. Escarabajo (*Hologymnetis cinerea*) visitando flores de una bromelia terrestre (*Hechtia podantha*) en la Reserva de la Biósfera de Tehuacán-Cuicatlán. Se puede apreciar que transporta gran cantidad de polen en sus patas y cabeza. Fotografía: Armando Aguirre-Jaimes



Figura 4. Escarabajo *Euphoria canescens* visitando una inflorescencia de la bromelia terrestre *Hechtia podantha* en la Reserva de la Biósfera de Tehuacán-Cuicatlán. Fotografía: Armando Aguirre-Jaimes

## Importancia económica de la polinización por escarabajos

La polinización realizada por escarabajos es importante para la reproducción y continuidad de muchas especies de plantas, que además tienen una gran importancia económica, agrícola y ornamental. Algunos ejemplos de plantas utilizadas por los humanos y que son polinizadas por escarabajos son: a) las palmeras, de las cuáles se obtienen múltiples materiales para uso de las comunidades humanas (follaje, tallo, inflorescencias); b) las guanábanas y las anonas son una fuente importante de frutos para el consumo humano; y c) las plantas ornamentales como magnolias, aráceas como alcatraces, "piñanona" (*Monstera deliciosa*), o la "hoja elegante" (*Xanthosoma robustum*). Sin embargo, debido al cambio de uso de suelo y la deforestación producto de las actividades humanas, estas interacciones están siendo negativamente afectadas, poniendo en riesgo la continuidad tanto de plantas como de polinizadores.

En resumen, los escarabajos destacan por su importancia y función en los ecosistemas, así como por el impacto económico que generan al polinizar plantas de importancia alimentaria y ornamental. De tal manera que los escarabajos y las plantas con las que interactúan contribuyen de forma muy importante en el mantenimiento y funcionamiento de la biodiversidad de las zonas tropicales del planeta.



Escarabajos (Familia Nitidulidae) visitando una flor de una cactácea (*Opuntia decumbens*) en la Reserva de la Biósfera de Tehuacán-Cuicatlán. Estos escarabajos no son polinizadores, sin embargo, llegan a las flores a consumir néctar y polen. Fotografía: Armando Aguirre-Jaimes

**Agradecimientos:**

A la Dra. Betsabé Ruiz Guerra (Red de Interacciones Multitróficas-INECOL) por la revisión y sugerencias en el manuscrito.

**Para saber más:**

- Bao T, Wang B, Li J, Dilcher D. (2019). Pollination of Cretaceous flowers. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 116(49), 24707-24711.
- Cai C, Escalona HE, Li L, Yin Z, Huan, D, Engel MS. (2018). Beetle pollination of cycads in the Mesozoic. *Current Biology* 28(17), 2806-2812.
- Jiménez PD, Hentrich H, Aguilar-Rodríguez PA, Krömer T, Chartier M, Gibernau M. (2019). A Review on the Pollination of Aroids with Bisexual Flowers. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 104(1), 83-104.

# LOS MUÉRDAGOS *PSITTACANTHUS*... OH NO, ¡CIENCIA BÁSICA!

Juan Francisco Ornelas

Red de Biología Evolutiva, INECOL

francisco.ornelas@inecol.mx

Fotografía: usuario ID 652234, Pixabay

## Introducción

Las plantas parásitas con flores dependen de otras plantas para obtener agua y nutrientes por medio de una estructura conocida como haustorio (Figura 1). El parasitismo evolucionó independientemente en 12 grupos de plantas de sus ancestros no parásitos, y representan el 1.2% de las plantas con flores. Se agrupan con base en sus características fisiológicas en hemiparásitas (aquellas que poseen clorofila y realizan fotosíntesis, pero obtienen agua y nutrientes de su hospedero) y holoparásitas (aquellas que carecen de clorofila, por lo que obtienen agua, minerales y productos de la fotosíntesis de sus hospederos). Los hospederos son las plantas donde crecen las plantas parásitas. Muchas plantas parásitas presentan estructuras vegetativas fuera del cuerpo del hospedero, pero otras son parásitas extremas y viven dentro del tejido de su hospedero (endoparásitas).

Los muérdagos (injertos) incluyen a todas las plantas hemiparásitas de ramas y troncos. Aunque algunos son considerados plagas, de consecuencias económicas significativas, pero juegan un papel importante ya que ofrecen recursos clave (polen, néctar, frutos, hojas, y sitios de anidación) para la sobrevivencia de muchas especies de animales. Por lo anterior, se sabe que aumentan la diversidad, e influyen en la estructura y funcionamiento de las comunidades.

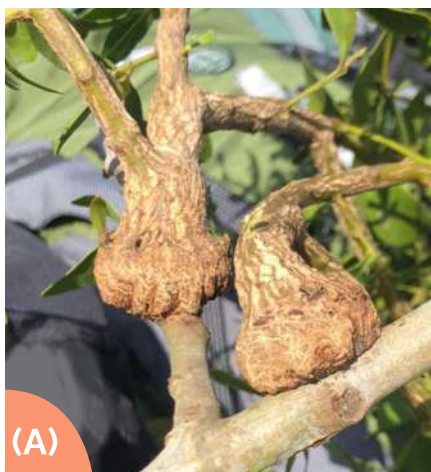


Figura 1. (A) Detalle de haustorio de *Psittacanthus mayanus*. Fotografía: Ernesto A. López-Huicochea. (B) Haustorio (flor de palo o rosa de palo) de *Psittacanthus schiedeana*. Fotografía: Juan Francisco Ornelas

## Los muérdagos *Psittacanthus* y sus hospederos

El hospedero representa el ambiente al que las plántulas se enfrentan, por lo que los muérdagos se establecen y sobreviven en aquellos con los que tienen mayor compatibilidad, es decir, que son más susceptibles al establecimiento de los muérdagos. El grado de dependencia y rango de hospederos (número de especies infectadas) varía geográficamente entre especies de muérdagos *Psittacanthus* (Familia Loranthaceae), donde algunas pueden asociarse a más de 20 especies de hospederos de varias familias de plantas, y otras se asocian a especies de un género o familia de plantas (Figura 2).

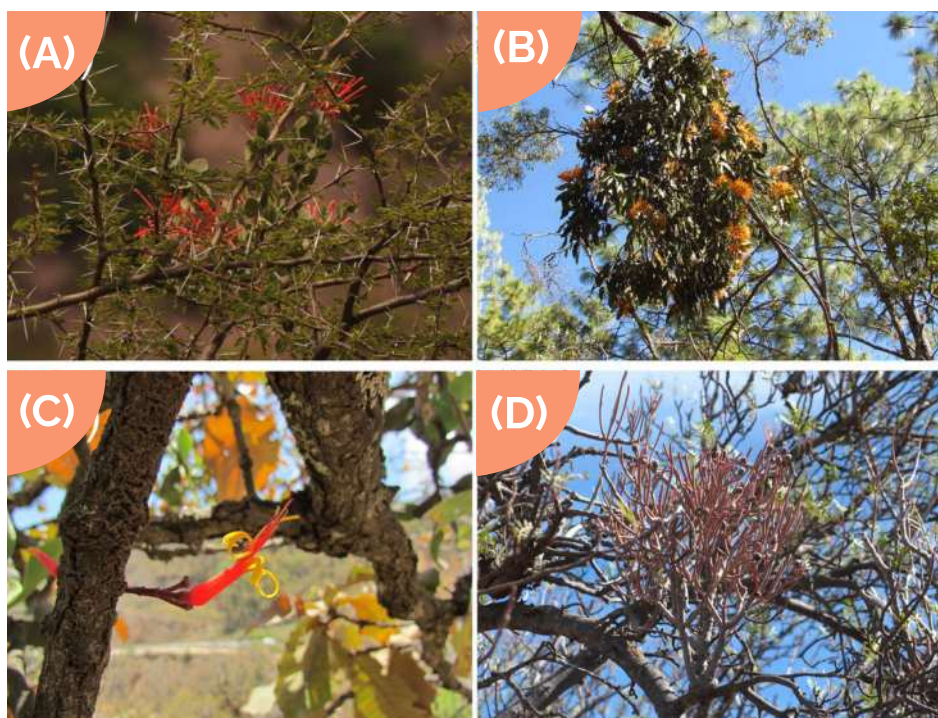


Figura 2. Especies de *Psittacanthus* en diferentes especies de hospederos. (A) *Psittacanthus auriculatus* sobre *Acacia schaffneri*. Fotografía: Juan Francisco Ornelas. (B) *Psittacanthus macrantherus* sobre *Pinus douglasiana*. Fotografía: Eduardo Ruiz-Sánchez. (C) *Psittacanthus ramiflorus* sobre *Quercus* sp. Fotografía: Eduardo Ruiz-Sánchez. (D) *Psittacanthus sonora* sobre *Bursera microphylla*. Fotografía: Francisco Molina-Freaner.

Sin embargo, localmente, la prevalencia (número de árboles infectados) e intensidad de la infección (número de muérdagos por árbol) puede ser mayor en una o dos especies de hospederos, dependiendo de factores como su densidad, frecuencia y ubicación en el bosque. **Hemos documentado que los hospederos que más se infectan son los cultivados y los que están en los bordes de los bosques fragmentados**, donde hay mayor cantidad de luz y en donde las aves que consumen sus frutos dispersan más semillas desde los árboles parasitados por muérdagos hacia los no parasitados. Sin embargo, los resultados de experimentos de polinización y siembra de semillas de muérdagos creciendo en distintas especies de hospedero (Figura 3) mostraron que el éxito reproductivo es mayor en una de las especies de hospedero, sugiriendo que hay adaptación local.

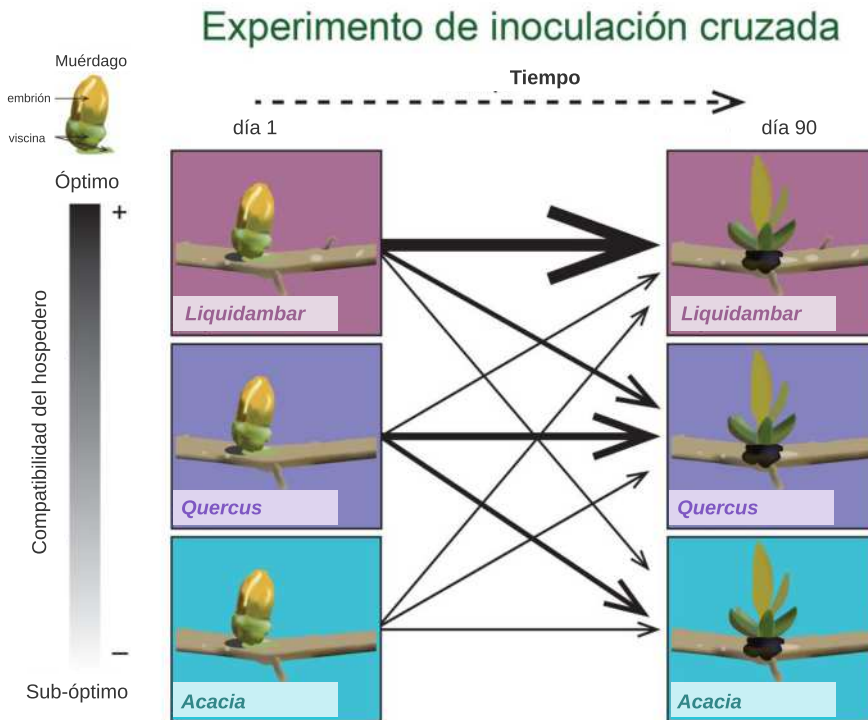


Figura 3. Diagrama de un experimento de siembra cruzada de semillas provenientes de plantas de muérdago creciendo en distintas especies de hospedero. Las flechas indican la dirección de las siembras cruzadas, y el grosor el grado de susceptibilidad de acuerdo con el origen y el destino de las semillas. Diseño e ilustraciones: Julieta Ornelas Peresbarbosa & Juan Francisco Ornelas.

## Los muérdagos *Psittacanthus* y sus polinizadores

**Poco se sabe sobre la polinización y sistemas reproductivos de los muérdagos.** En la mayoría de las especies las flores son actinomórficas (simetría radial), en otras son ligeramente zigomórficas (simetría bilateral) (Figura 4).

En *Psittacanthus calyculatus* y *P. schiedeanus*, las flores son de color naranja, cambian de amarillo a naranja o rojo brillante, y los pétalos se curvan hacia la izquierda a lo largo de su vida. Las flores viven 5–6 días y producen abundante néctar típico de flores polinizadas por colibríes pero pueden ser visitadas por otras aves, mariposas, avispas, abejas y abejorros (Figura 5).

Mientras que en *P. robustus* las flores son amarillas, viven 3 días, producen néctar de manera copiosa, y son polinizadas por colibríes y aves passerinas. En *P. auricularis*, las flores rojas viven dos días, producen mucho néctar y son polinizadas por colibríes.

En esta especie, las flores separan las funciones masculinas y femeninas en el tiempo (protándricas) y forman un tubo floral ya que solo abren de la mitad hacia la punta enrollando los pétalos hacia adentro (Figura 5). En todos estos casos, **la producción de frutos es mayor cuando las cruza son entre flores de distintas plantas (xenogamia) pero, debido a la territorialidad de los colibríes, las cruza entre flores de la misma planta también producen frutos (geitonogamia).**



Figura 4. (A) Inflorescencia de *Psittacanthus calyculatus*, con flores actinomórficas (simetría radial). Fotografía: Sergio Díaz Infante. (B) Inflorescencia de *Psittacanthus auriculatus*, con flores ligeramente zigomórficas (simetría bilateral) con los pétalos enrollados. Fotografía: Sergio Díaz Infante. (C) Inflorescencia de *Psittacanthus rhynchanthus*, con botones curvados hacia la punta y flores con los pétalos enrollados (simetría bilateral). Fotografía: María Teresa Mejía Saules.

Por último, en un estudio reciente en Brasil, descubrimos que las flores de *P. acinarius* son polinizadas por murciélagos y las de *P. eucalyptifolius* por abejas. Las flores de *P. acinarius* emiten un olor desagradable, son de color verde, abren al atardecer, y producen poco néctar no muy concentrado. Las flores de *P. eucalyptifolius* son de color amarillo brillante, con un aroma dulce, están curvadas hacia arriba, producen poco néctar y concentrado, y los estambres y el estilo forman una plataforma de aterrizaje para abejas.

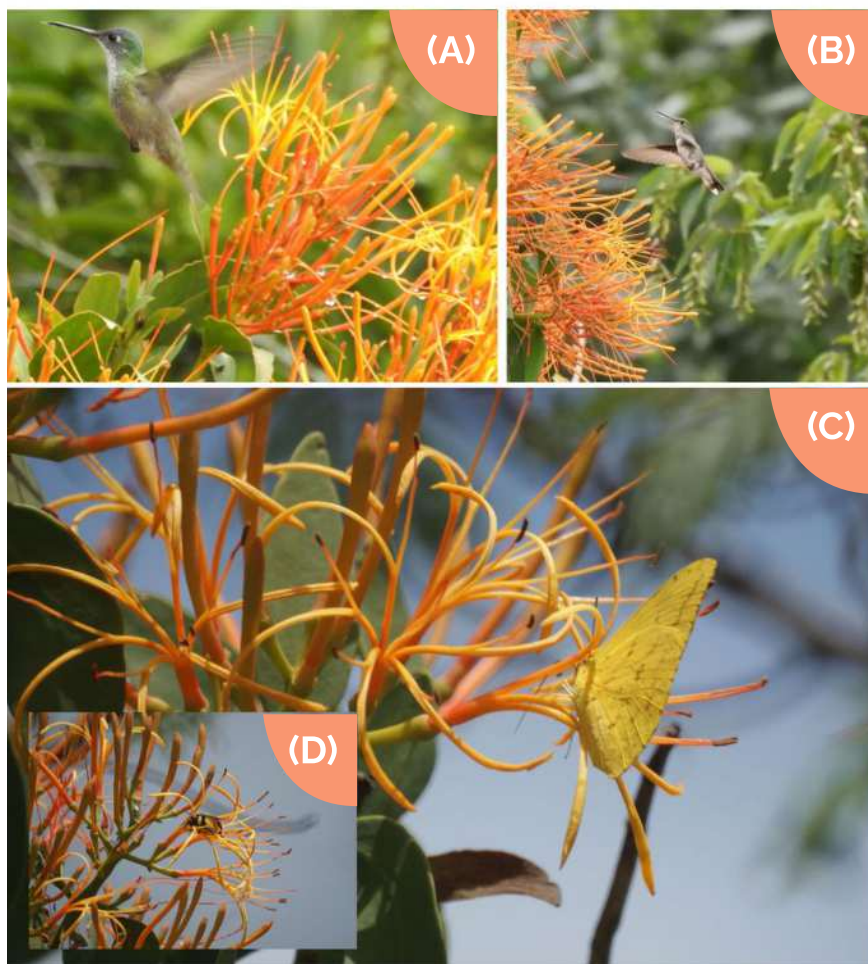


Figura 5. Visitantes florales de *Psittacanthus schiedeana*, incluyendo a los colibríes *Saucerottia cyanocephala* (A) y *Chlorestes candida* (B). Fotografías: Ernesto A. López-Huicochea. (C-D) Visitantes florales de *Psittacanthus calyculatus*, incluyendo mariposas (C) y abejorros (D). Fotografías: Sergio Díaz Infante.

### Los muérdagos *Psittacanthus* y sus dispersores

Los frutos de *Psittacanthus* son grandes, ricos en grasas, y con una sola semilla rodeada por una sustancia pegajosa (la viscina). **La dispersión de semillas depende de las aves que comen frutos y sus patrones de distribución agregada se deben al comportamiento de las aves.** Las aves tragan el fruto entero o lo pelan antes de tragarlo, posteriormente lo regurgita en una rama, o pasa por el tracto digestivo. La semilla sobrevive al proceso digestivo con parte de la viscina lo que le permite adherirse y germinar en los hospederos potenciales (Figura 6). Las condiciones en las que crecen los muérdagos pueden promover diferencias en la exhibición de rasgos reproductivos asociados con la atracción de sus dispersores de semillas y el procesamiento intestinal de los frutos.

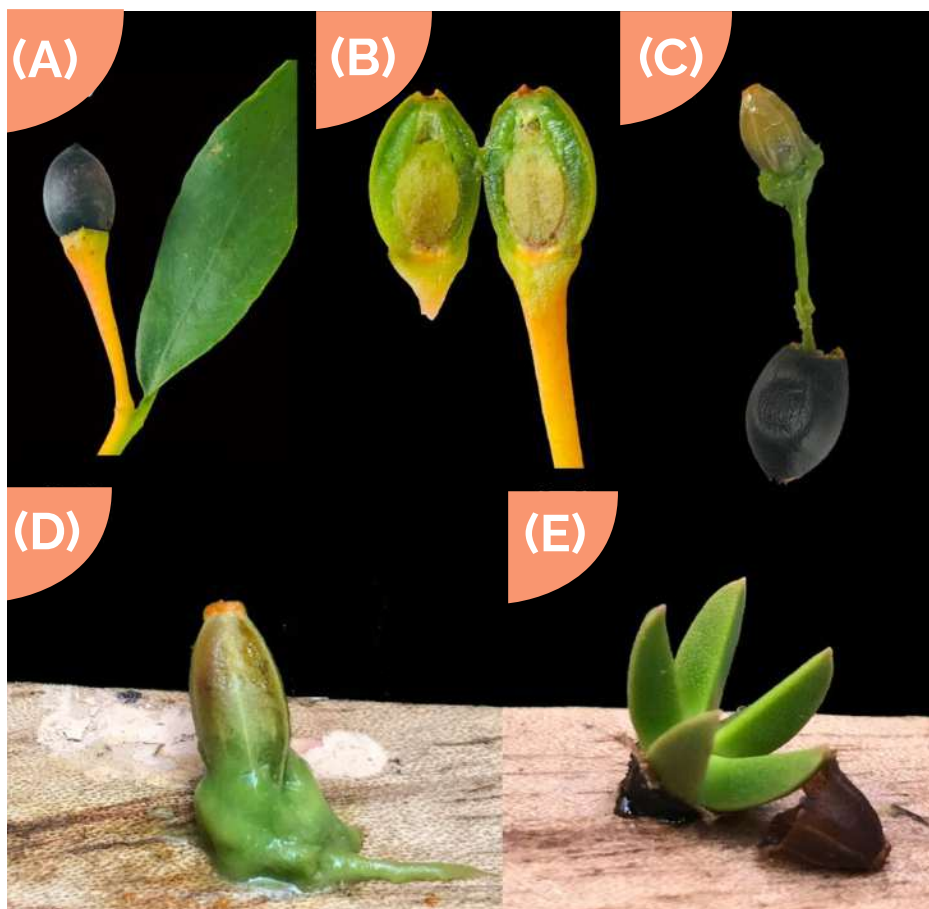


Figura 6. Frutos y germinación de *Psittacanthus schiedeana*. (A) frutos, (B) fruto abierto mostrando la semilla, (C) semilla descubierta, (D) semilla con la viscina que le permite adherirse a la corteza del hospedero, y (E) semilla germinando. Fotografías: Juan Francisco Ornelas



Por ejemplo, el tamaño del fruto de *P. schiedeana* varía en función de la especie de hospedero y del sitio de ocurrencia, y el tamaño del fruto influye en el tiempo para ser regurgitadas o defecadas, lo que a su vez influye en la germinación. **Aunque la intrincada interacción entre muérdagos, hospederos y dispersores de semillas es fascinante, la información generada se limita a un par de especies. Información básica sobre la morfología externa, anatomía y germinación de varias especies con un marco histórico, será crucial para interpretar la conducta de las aves al consumir sus frutos, y las consecuencias de ello en la germinación y establecimiento en los hospederos.**

### Agradecimientos:

Agradezco a mis estudiantes, técnico académico e investigadores colaboradores por su apoyo y contribuciones durante los más de 20 años en esta aventura. A Antonio Acini Vásquez-Aguilar, José Guadalupe García-Franco y Marisa Martínez por la revisión del texto. Agradezco también al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el financiamiento a los proyectos de Ciencia Básica "Evolución de *Psittacanthus* en Mesoamérica: sistemática, filogeografía, ecología y manejo, y especiación" (155686) y "Genómica de *Psittacanthus*: especiación, haustorio, y hemiparasitismo" (A1-S-26134).

### Para saber más:

- Ornelas JF. 2018. Los muérdagos *Psittacanthus* en México: ecología, evolución, manejo y conservación. *Biodiversitas* 146: 12–16. [Click aquí.](#)
- Ornelas JF. 2021. Los muérdagos y el "misterio de misterios" de Darwin. *Elementos* 124: 57–64. [Click aquí.](#)
- Pérez-Crespo MJ, Ornelas JF, Martén-Rodríguez S, González-Rodríguez A, Lara C. 2016. Reproductive biology and nectar production of the Mexican endemic *Psittacanthus auriculatus* (Loranthaceae), a hummingbird-pollinated mistletoe. *Plant Biology* 18: 73–83. [Click aquí.](#)
- Ramírez MM, Ornelas JF. 2012. Cross-infection experiments of *Psittacanthus schiedeana* (Loranthaceae): effects of host provenance, gut passage and host fate on mistletoe seedling survival. *Plant Disease* 96: 780–787. [Click aquí.](#)
- Rodríguez-Mendieta S, Lara C, Ornelas JF. 2018. Unravelling host-mediated effects on hemiparasitic Mexican mistletoe *Psittacanthus calyculatus* (DC.) G. Don traits linked to mutualisms with pollinators and seed dispersers. *Journal of Plant Ecology* 11: 827–842. [Click aquí.](#)

# USO DE DRONES EN TAREAS DE GESTIÓN AMBIENTAL

**Alexandro Medina Chena\***, **Rafael  
Villegas Patraca**, **César Gallo Gómez**

Unidad de Servicios Profesionales Altamente Especializados  
(USPAE), INECOL

\*alex.medina@inecol.mx



Fotografía: Jason Blackeye, Pexels

## Introducción

Actualmente existe una gran diversidad de satélites de percepción remota para la obtención de imágenes de la superficie terrestre, aunque implican altos costos por la construcción y puesta en órbita de los mismos, y por la transmisión de datos a las estaciones receptoras especializadas. Además, los satélites tienen un periodo de captura de imágenes que va desde los 2 a los 18 días, y en ocasiones se necesita contar una imagen de un sitio puntual en menos tiempo, lo que se ha resuelto con la llegada al mercado comercial de los vehículos aéreos no tripulados, conocidos popularmente como Drones, que son de utilidad en muchos sectores, incluyendo la gestión ambiental.

Los grandes pasos en el desarrollo de tecnologías militares suelen dar como resultado aplicaciones de gran utilidad en otras áreas, como en la investigación en temas de ecología y recursos naturales, como ocurrió en su momento con los Sistemas de Posicionamiento Global (GPS) y ahora con los drones. Así, los primeros vehículos aéreos no tripulados se desarrollaron en 1917, inicialmente para reconocimiento y como armas teledirigidas en la industria militar. Y no fue hasta 2010 cuando se tuvieron los primeros drones civiles con motores eléctricos controlados por teléfonos inteligentes, accesibles a todo el público.

**Los drones se dirigen de forma remota, a través de contacto visual con el dron o por medio de sistemas que permiten georreferenciar o ubicar su posición y trayectoria; están provistos con sistemas de almacenamiento y transmisión de imagen y video.** Además, para dar aún mayor estabilidad a la imagen o video obtenido, las cámaras suelen estar montadas sobre sistemas de estabilización.



Drones sobre sembradíos de algodón. Fotografía: DJI-Agras, Pixabay

## Los usos

**Las imágenes obtenidas por un dron pueden compararse con otras de fechas anteriores y determinar una ventana de tiempo en la que sucedió un determinado fenómeno.** Temas de contaminación y degradación o erosión del suelo o cuerpos de agua, la deforestación y pérdida de biodiversidad, y diversos desastres naturales o de origen antrópico, son algunos ejemplos de los usos de estas herramientas.

**En la Unidad de Servicios Profesionales Altamente Especializados (USPAE) del Instituto de Ecología, A.C. (INECOL) hemos usado esta herramienta durante los últimos años, para producir información en tiempo real y con ello generar un diagnóstico que permita identificar posibles soluciones a diversas problemáticas ambientales.** El manejo de residuos sólidos urbanos en un relleno sanitario fue el primer caso en el que se brindó información a autoridades municipales sobre el cumplimiento de la normatividad y las actividades realizadas en sus instalaciones. Entre otros aspectos, se evaluó que la operación no excediera las superficies autorizadas y que se estuviera realizando la cobertura o sepultamiento periódico de los residuos.

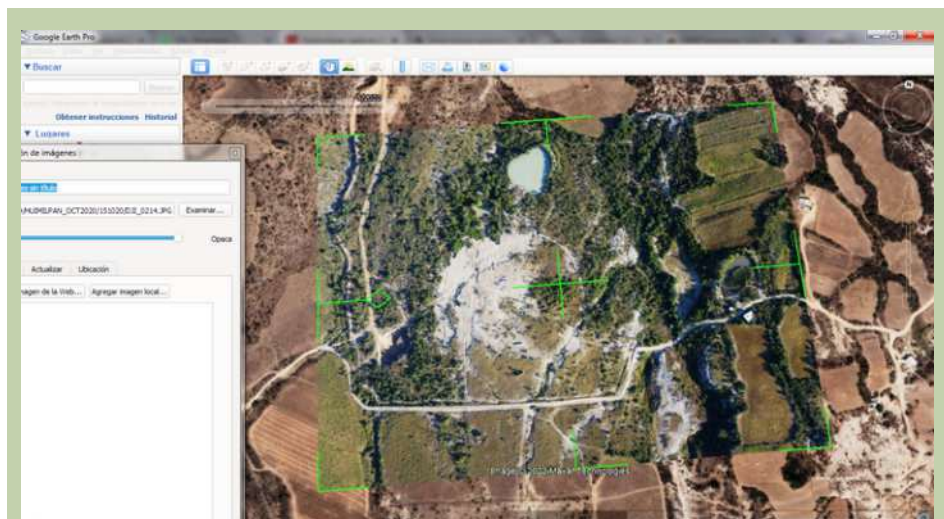


Imagen obtenida por medio de dron (marco verde), georeferenciada y sobrepuesta a una imagen satelital de Google Earth (al fondo), para reconocimiento de procesos de erosión del suelo (Google Earth, 2020). Imagen 230318, 20°20'26' N, 100°, 23'. 23'W. 2240 msnm. (Consultado 080622).

Otro ejemplo de atención a un daño ambiental evaluado por la USPAE-INECOL fue el caso, en 2018, en que se registró un brote de un mineral llamado bentonita en un sitio de la cuenca del río Papaloapan en Veracruz. Este material es empleado en la perforación y colocación de tuberías para el transporte de hidrocarburos. Se trata de un tipo particular de arcilla, y como tal no es una sustancia peligrosa. Sin embargo, se emplea en combinación con agregados base agua o base aceite, y eso es lo que puede requerir un manejo especializado.

En cuestión de horas fue posible evaluar la superficie que abarcó dicha contingencia, y al cuantificar en terreno el espesor del material, se pudo calcular un volumen aproximado del mismo y, a su vez, estimar la cantidad de personal, maquinaria y vehículos necesarios para remover el contaminante y disponerlo de manera adecuada en un sitio para su confinamiento. En otro río de la entidad veracruzana se monitoreó la acumulación de materia orgánica derivada de la proliferación del lirio acuático. Esta planta acuática creció a un grado tal que formó isletas sobre las cuales creció de manera abundante el pasto paral y el zacate alemán, afectando la cantidad de oxígeno del cuerpo de agua sobre el que se desarrollaron. El nivel de oxígeno en el agua es importante para que su calidad sea buena y para que los demás organismos acuáticos puedan sobrevivir y crecer adecuadamente.



Acumulación de materia orgánica vegetal sobre un río en Veracruz, mosaico de imágenes de dron (línea verde) sobrepuesta a la imagen satelital.

En proyectos extractivos como bancos de materiales y actividades de minería a cielo abierto, **los drones no solamente permiten identificar y dar seguimiento a las áreas de trabajo, sino que pueden ayudar a realizar evaluaciones muy precisas de los volúmenes de materiales a extraer y los avances de trabajo en plazos de tiempo determinados, como parte de las acciones de supervisión ambiental.**

Existen muchos modelos de drones que pueden alcanzar distancias operativas de 5 km o más, volando a un par de cientos de metros sobre el nivel del terreno, por lo que permiten monitorear basureros y sitios no autorizados para disposición de residuos a cielo abierto, o detectar actividades como procesos ilegales de desmonte y deforestación, así como actividades de caza furtiva en regiones remotas, todo con la mayor seguridad para los operadores.

### Fotogrametría

En la USPAE-INECOL los drones se han incorporado a tareas de fotogrametría, y permiten recrear modelos tridimensionales del terreno a partir de mosaicos de imágenes aéreas, brindando la posibilidad de estimar superficies, calcular distancias y pendientes del terreno y, en general, contar con modelos del terreno bajo demanda y a costos muy accesibles.

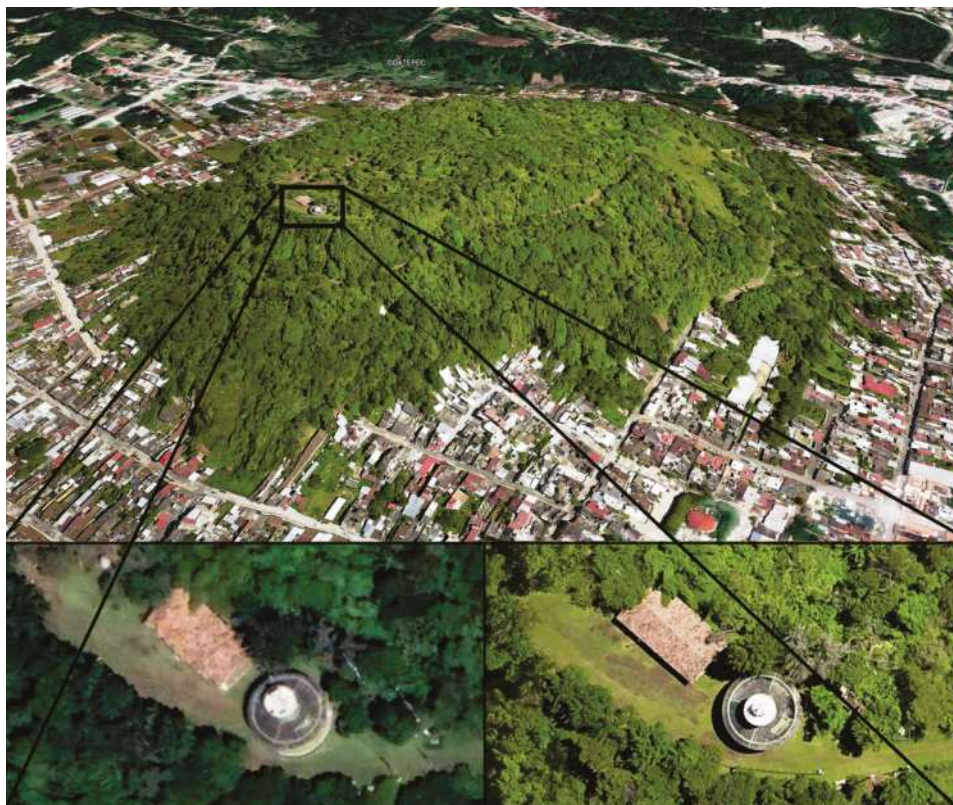
El principio general de la fotogrametría es el sobreponer parcialmente conjuntos de imágenes con alguna separación en los puntos focales, para generar la estereoscopia (percepción de profundidad o tercera dimensión de las imágenes). **Al combinar modelos digitales de elevación con los mosaicos de imágenes de alta resolución tomadas con los drones, se puede obtener información para realizar una evaluación ambiental de los recursos naturales, de forma relativamente asequible, y que, en conjunto con los otros métodos que implementamos en la USPAE-INECOL, permiten brindar soluciones prácticas y de respuesta inmediata.**

### El futuro

La USPAE-INECOL seguirá utilizando drones con mayor autonomía, radio de alcance y equipados con cámaras y sensores multiespectrales de mayor resolución. Por medio del uso de este equipo se podrá capturar imágenes con diferentes rangos del espectro visual e incluso en longitudes de onda de infrarrojo o de ultravioleta. Esta herramienta especializada es de utilidad para realizar proyectos de monitoreos biológicos, evaluaciones ambientales, cambios de uso de suelo. Así mismo, se puede emplear para proponer políticas públicas como ordenamientos ecológicos territoriales, planes de desarrollo urbano y planes de manejo de áreas naturales protegidas, entre otros instrumentos.



Alrededores de las instalaciones del INECOL y parte del santuario del Bosque de Niebla en Xalapa.



Mosaico de fotografías georreferenciadas y sobrepuestas a un modelo digital de elevación en 3D para realizar fotogrametría del terreno. Cerro de las Culebras, Coatepec, Ver. Arriba, vista en perspectiva. Abajo izquierda, resolución en Google Earth. Abajo derecha, resolución Dron.

### Para saber más

- Adobe. 2022. Consejos para principiantes sobre fotografía con drones. [Click aquí.](#) (Consultado 130622).
- Computer Hoy. 2022. Comprar un dron en 2022: guía, consejos, legislación y mejores modelos para empezar. [Click aquí.](#) (Consultado 130622).
- DJI. 2022. Topografía con drones: ¿cuál es la diferencia entre la fotografía aérea y la fotogrametría? [Click aquí.](#) (Consultado 130622).
- Jiménez, S. 2020. Fotogrametría con drones: conceptos y análisis. Serie de seminarios virtuales 2020. Colegio Mexicano de Ingenieros en Irrigación (COMEI). México. 32 pp. [Click aquí.](#) (Consultado 130622).



Fotografía: DJI-Agras, Pixabay



# Jovenes Científicos

Fotografía: RODNAE Productions, Pexels



# POR SI LAS MOSCAS, O...¡POR LAS ABEJAS!

**Daniela González-Carmona**

Facultad de Enfermería, Región Veracruz,  
Universidad Veracruzana

**Edmont Celis-López**

Instituto de Neuroetología, Universidad Veracruzana

**Armando Jesús Martínez\***

Instituto de Neuroetología, Universidad Veracruzana

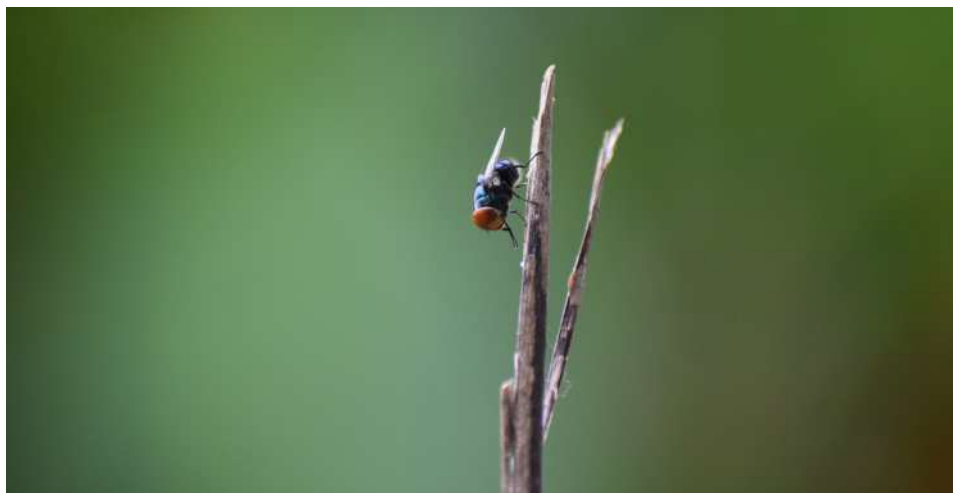
\*armartinez@uv.mx

Fotografía: Ray Bilcliff, Pexels

No todas las moscas son iguales, pero comúnmente suelen ser muy desagradables porque en ocasiones nos visitan mientras comemos. Sin embargo, algunas especies de estos insectos tienen una función ecológica muy importante, aunque son las menos conocidas.

**Las moscas de las flores** (conocidas como sírfidos), se ubican en la familia Syrphidae y tienen una diversidad de especies con formas variadas que a simple vista **suelen confundirse con abejas o avispa debido a sus vistosas coloraciones. Se han descubierto cerca de 5,400 especies de moscas de las flores**, las cuales se caracterizan por su peculiar vuelo asociado a sus dos pares de alas -un par está desarrollado y el otro es muy pequeño-. Esta forma de las alas les permite un equilibrio sostenido durante el vuelo y movimientos rápidos en línea recta y hacia atrás. Además, cuando son larvas, las moscas de las flores pueden alimentarse de hongos, de otros insectos o de materia orgánica en descomposición. Esta condición alimentaria cambia durante la adultez, puesto que hay diversas especies que visitan las flores para consumir polen o néctar.

Es por este tipo de características que **se considera a las moscas de las flores como el segundo grupo de polinizadores (miofilia) más importante, solo después de las abejas**. No obstante, se requieren estudios que describan sus interacciones ecológicas con otros visitantes florales y la biología del comportamiento alimentario cuando visitan las flores.



Fotografía: T VEERABABU, Pexels



Fotografía: Jplenio, Pixabay

## De colores

**Es inmensa la biodiversidad de plantas con flores de distintos tamaños, formas y patrones de coloración, dichas características permiten a los visitantes “ubicarlas”.** Además, algunas flores tienen marcas de otro color (guías florales) que destacan sobre la coloración general de la flor. Estas “señales” suelen indicar la posible presencia de polen y néctar, características que influyen sobre el comportamiento alimentario de los insectos y en consecuencia en las visitas que pueden promover la polinización.

**Es importante destacar que los insectos perciben la naturaleza y las flores de forma peculiar debido a sus ojos compuestos por múltiples celdillas hexagonales denominadas omatidios (unidades sensoriales).** Cada omatidio está integrado por una córnea, un cono cristalino y una retícula sensitiva, estructuras que en conjunto permiten delimitar el área que abarca la visión, ya que los omatidios están orientados hacia múltiples direcciones. Además, tienen células fotorreceptoras pigmentadas que permiten distinguir longitudes de onda específicas dentro del espectro visible de luz que se mide en nanómetros (nm). Esto significa que las moscas perciben los colores de manera diferente a los humanos.

Debido a ello, los insectos visualizan con más intensidad la longitud de onda de luz ultravioleta (UV) entre 300 a 400 (nm), aunque pueden percibir hasta los 600 nm, mientras que los humanos percibimos una ligera porción de este tipo de luz pues percibimos entre 400 a 700 nm. Estas diferencias en el funcionamiento de los ojos permiten que las moscas y las abejas distingan principalmente la luz ultravioleta, amarillo y azul, combinación estimulante para estos insectos. Sin embargo, casi no perciben el color rojo. Así que, la combinación de patrones del color de las flores aunado a la visión de las abejas y moscas de las flores permite que suceda el proceso de polinización en muchas especies de plantas.

Diversos estudios han demostrado que los colores florales preferidos por las moscas coinciden (convergencia) con el tipo de coloración de las flores, aunque los investigadores resaltan la posibilidad de que las plantas pueden desarrollar conjuntos de colores en condiciones de ausencia y presencia de distintos polinizadores. Por lo que, se podría sugerir que las moscas influyen en la evolución del color de las flores. De tal forma que es clara la importancia de la polinización (miofilia) como interacción ecológica entre moscas y flores. Sin embargo, debido a la disminución de otros polinizadores como las abejas, es que se requieren más investigaciones que describan el papel de las moscas como polinizadores.

### Planta-mosca y abeja

Es evidente que co-habítamos con una amplia diversidad de plantas y visitantes florales en distintos ecosistemas que integran una red compleja con distintas funciones ecológicas. A continuación, brevemente y a menor escala, se ejemplifica la interacción entre una especie de planta, mosca y abeja que viven en la vegetación costera.

En varios humedales del Golfo de México crece el lirio de laguna (*Pontederia sagittata*), una hierba acuática que produce flores de color violeta claro con un pétalo que presenta una marca amarilla la cual se conoce como guía floral. Además, es una especie que ha sido estudiada ampliamente por ser una especie trístilica (con tres tipos de flores, Figura 1); es decir, **las plantas tienen flores con distinto tamaño del estilo (corto, mediano y largo). Esta característica afecta al comportamiento de los visitantes florales y, en consecuencia, a la polinización.**

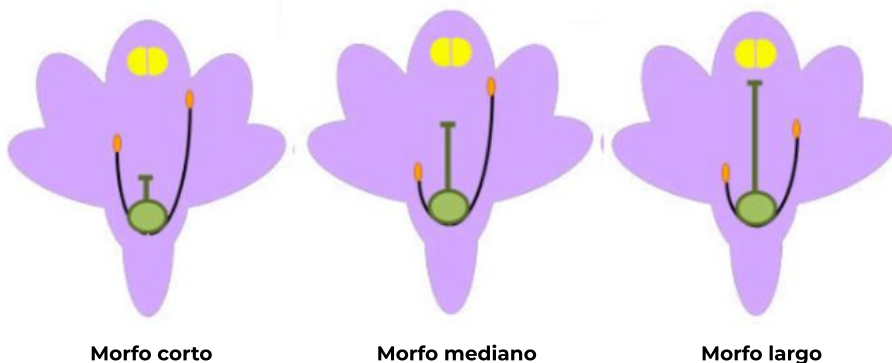


Figura 1. Esquemas de flores de *Pontederia sagittata* mostrando la trístilia floral definida por la longitud del estilo. Morfo con estilo corto (estambres medianos y largos), morfo con estilo mediano (estambres cortos y largos), y morfo con estilo largo (estambres cortos y medianos). Ilustración: Jaqueline Campos Jiménez

Bajo este contexto, se realizaron varias investigaciones en el humedal de Cansa Burros, Veracruz (ambiente perturbado), para documentar la interacción y ecología del comportamiento de la mosca de las flores, *Lycastirrhyncha nitens* (sírfido nativo), y de la abeja europea, *Apis mellifera*, al visitar las flores del lirio de laguna. Por medio de video filmaciones se observó que la mosca de las flores es un visitante recurrente del lirio y su comportamiento varía dependiendo de la disponibilidad de néctar en los tres tipos de flores. Además, cuando las moscas visitan las flores del lirio de laguna (Figura 2), también interaccionan y “comparten” el néctar con otras especies como la abeja europea (Figura 3). Por cierto, esta abeja fue introducida en México desde hace cientos de años, y tiene una historia también interesante de analizar.



Figura 2. Mosca de las flores, *Lycastirrhyncha nitens*, colectando néctar en flores del lirio de agua, *Pontederia sagittata*. Se aprecia la guía floral amarilla. Fotografía: Armando J. Martínez



Figura 3. Abeja europea, *Apis mellifera*, colectando néctar en flores del lirio de agua, *Pontederia sagittata*. Se aprecia el tépalo con la guía floral amarilla. Fotografía: Jaqueline Campos Jiménez

En otro estudio, cuando a las flores se les cortó experimentalmente el tépalo con la guía floral amarilla, el número promedio de visitas de las moscas y abejas en los tres morfos florales disminuyó de 2 a 0. Lo anterior confirma que la guía floral es clave para atraer a los posibles polinizadores (Figura 4). Por lo tanto, estos estudios hacen evidente que las moscas de las flores cumplen una función importante, la que también puede estar ocurriendo en otras especies de plantas. No obstante, se requiere de evaluar su contribución como “polinizadoras” en diversos ecosistemas, ambientes perturbados y sistemas agrícolas.

**Así que, ¡por si las moscas! cuando las observes, recuerda que hay especies polinizadoras y que varias de éstas se guían para obtener alimento por los patrones de coloración en las flores visibles dentro del espectro de luz UV. Señales de las flores que indican el acceso al polen y néctar, las cuales no son exclusivas para las abejas.**



Figura 4. Fotografía de las flores de *Pontederia sagittata* iluminadas con luz ultra violeta donde la guía floral amarilla resalta en negro. Fotografía: Jaqueline Campos Jiménez



Pastizal para pastoreo vacuno con plantas de *Pontederia sagittata* en el sitio denominado Cansa Burros. Fotografía: Jaqueline Campos Jiménez

### Agradecimientos:

Agradecemos las sugerencias y comentarios proporcionados por los revisores. El estudio fue apoyado por SEP-PROMEP UVER-PTC-223 proporcionado a AJM y a Estancias Intersemestrales de Investigación Verano 2021 DGI Universidad Veracruzana.

### Para saber más:

•Campos-Jiménez J. 2014. Comportamiento de los visitantes florales en *Pontederia sagittata* (Pontederiaceae). Tesis de Doctorado en Neuroetología, Universidad Veracruzana, México. [Click aquí.](#)

•Campos-Jiménez J, Golubov J, García-Franco J, Álvarez-Aquino C, Martínez AJ. 2015. Temporal variation in the behavior of *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) and *Lycastirrhyncha nitens* (Diptera: Syrphidae) on *Pontederia sagittata* (Commelinales: Pontederiaceae) inflorescences in relation to nectar availability. *Florida Entomologist* 98(1), 1–6. [Click aquí.](#)

•Garcia JE, Hannah L, Shrestha M, Burd M, Dyer AG. 2022. Fly pollination drives convergence of flower coloration. *New Phytologist* 233(1), 52–61. [Click aquí.](#)

•Larson BMH, Kevan PG, Inouye DW. 2001. Flies and flowers: taxonomic diversity of anthophiles and pollinators. *The Canadian Entomologist* 133(4), 439–465. [Click aquí.](#)

•Woodcock TS, Larson BM, Kevan PG, Inouye DW, Lunau K. 2014. Flies and flowers II: floral attractants and rewards. *Journal of Pollination Ecology* 12, 63–94. [Click aquí.](#)

# SEGURIDAD ALIMENTARIA: LA IMPORTANCIA DE IDENTIFICAR HONGOS CONTAMINANTES DE NUESTROS ALIMENTOS

**Angélica Gutiérrez-Sánchez**

Red de Estudios Moleculares Avanzados, INECOL

**Jean-Michel Savoie**

Unité de Mycologie et Sécurité des Aliments, INRAE

**Diana Sánchez-Rangel**

Red de Estudios Moleculares Avanzados, INECOL  
Cátedra CONACyT, INECOL

**Gerardo Mata**

Red de Manejo Biotecnológico de Recursos, INECOL

**Juan L. Monribot-Villanueva**

Red de Estudios Moleculares Avanzados, INECOL

**José Antonio Guerrero-Analco\***

Red de Estudios Moleculares Avanzados, INECOL

joseantonio.guerrero@inecol.mx

**La seguridad alimentaria es la disciplina encargada de garantizar que los alimentos sean suficientes, nutritivos y que no causen daño al ser humano,** permitiendo que tengamos una vida saludable. La inocuidad de los alimentos alude a las disposiciones (reglamentación y control de calidad) necesarios para garantizar la máxima seguridad posible en los alimentos y que no dañen la salud de los consumidores. La principal fuente de riesgo a la salud por consumo de alimentos, como cereales y hortalizas, es la contaminación con hongos filamentosos y los compuestos químicos que estos producen.

Los hongos filamentosos son microorganismos que pertenecen al reino Fungi y se caracterizan por generar micelio, la cual es una estructura que asemeja a finos hilos que crecen sobre y dentro de los alimentos. Dichos hongos son conocidos coloquialmente como mohos (Figura 1). **Algunos hongos se encuentran en todo el mundo, pero prevalecen en condiciones cálidas y húmedas, y se transmiten de los alimentos a los seres humanos durante su consumo, provocando desde alergias hasta enfermedades graves.**



Figura 1. Ejemplos de alimentos contaminados con hongos patógenos (mohos).  
Ilustración: Angélica Gutiérrez-Sánchez

Los hongos de mayor preocupación para la salud pertenecen al género *Fusarium*, que cuenta con más de 200 especies, todas ellas, con la capacidad de producir una gran diversidad de micotoxinas en diferentes concentraciones. Las micotoxinas son compuestos de origen natural producidos por los hongos, que generan una respuesta de intoxicación cuando son introducidos en concentraciones bajas en animales por una ruta natural (ingestión, contacto o inhalación).



Pan de caja con moho.  
Fotografía:  
Shutterbug75, Pixabay

Las micotoxinas de *Fusarium* incluyen más de 400 compuestos químicos, con gran complejidad y diversidad estructural (Figura 2), lo que se asocia con muchos de sus efectos adversos. La contaminación de alimentos por estos compuestos es un importante problema de salud pública. Además, los tratamientos y medidas para la disposición de los productos agrícolas infectados provocan pérdidas de millones de dólares anuales. **Los hongos de este género tienen la capacidad de enfermar y contaminar un gran número de cultivos como la papa, el plátano y el tomate, además de cultivos que son base de la alimentación mundial, tales como maíz, trigo y arroz.**

Tanto en el campo como durante el almacenamiento (condiciones de humedad y oscuridad), los cereales son susceptibles a la contaminación por estos patógenos, por ello es importante monitorear constantemente la presencia de hongos y sus micotoxinas en los productos alimenticios, desde su cultivo hasta antes de su consumo. La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, por sus siglas en inglés) estima que un cuarto de las cosechas a nivel mundial puede llegar a contaminarse con algunas de estas micotoxinas. Algunos de estos compuestos, **incluso se consideran carcinogénicos, es decir, se asocian con el desarrollo de diversos tipos de cáncer (hígado, colon, estómago, etc.), y otras tienen la capacidad de provocar enfermedades al sistema inmune, riñones y nervios.**

En México, el cultivo más importante es el maíz ya que forma parte del 70% de la formulación de los alimentos que consumimos diariamente. La Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos (FDA, por sus siglas en inglés) indica que el límite máximo de fumonisinas (micotoxinas de *Fusarium*) en maíz es de 2 a 4 mg/kg, mientras que para el deoxinivalenol (otra micotoxina de *Fusarium*) es de 1 mg/kg; en Europa, la Comisión de las Comunidades Europeas establece estos valores límite en 4 y 1.25 mg/kg, respectivamente.

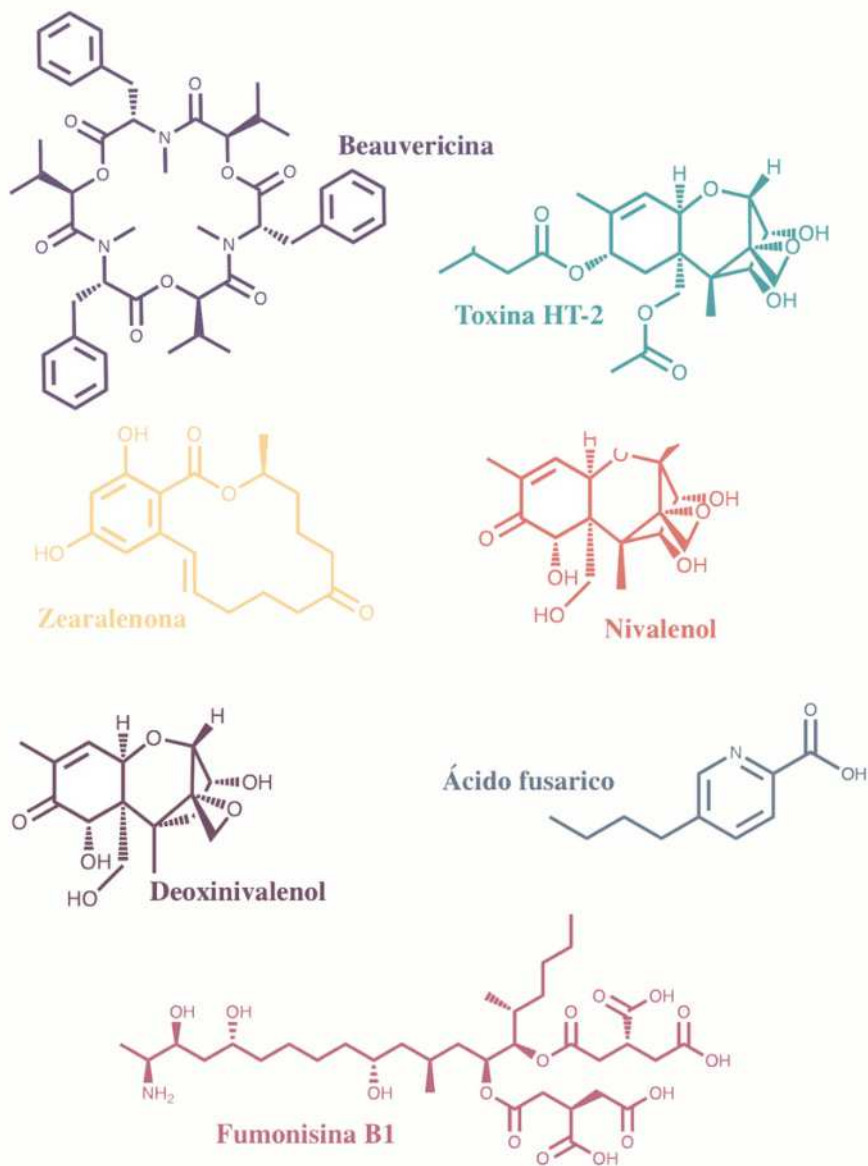


Figura 2. Estructuras de algunas micotoxinas producidas por hongos del género *Fusarium* contaminantes de cereales como el trigo, el maíz y el arroz, donde es posible observar la gran complejidad química de estos compuestos. Beauvericina, toxina HT-2, nivalenol, deoxinivalenol, fumonisina B1, ácido fusarico y zearalenona. Ilustración: Angélica Gutiérrez-Sánchez

Para desarrollar estrategias de control de la contaminación de alimentos por hongos micotoxigénicos, es necesario poder detectar y cuantificar estos hongos en los cultivos utilizados para la alimentación. **El método más preciso para determinar la presencia de estos contaminantes es la reacción en cadena de la polimerasa cuantitativa** (qPCR; Figura 3). El primer paso para el análisis es la molienda de las muestras. A partir de la harina obtenida se realiza la extracción del material genético (ADN) del hongo. Enseguida, una cantidad conocida de ADN se coloca en una mezcla de reacción que posteriormente se lleva a un equipo especializado llamado termociclador para qPCR, donde se generarán copias del ADN del microorganismo y así se puede obtener una mayor cantidad. Si el ADN del hongo contaminante está presente, cada copia emitirá una señal brillante (fluorescencia) que será detectada por el equipo y los resultados se representarán gráficamente (Figura 4). Para confirmar que la metodología se realizó correctamente, se emplea un control positivo (muestra con ADN del hongo), lo que permite asegurar que el equipo y los reactivos se encuentran en buen estado. Además, se requiere de un control negativo (harina con ausencia de ADN de hongo contaminante) para saber si los reactivos están libres de contaminantes. Así, las muestras de estudio se analizan determinándose al final si están contaminadas o no con hongos micotoxigénicos.

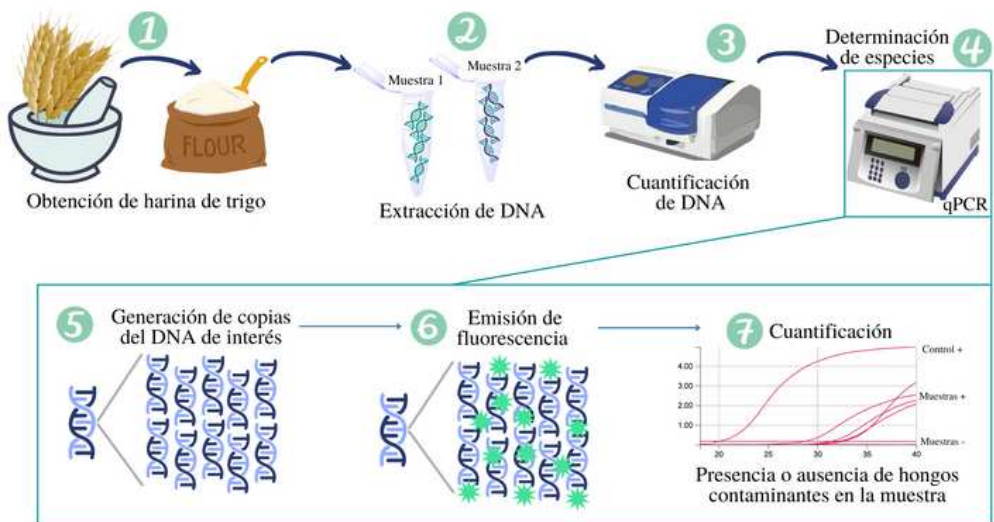


Figura 3. Procedimiento para la identificación de especies de hongos en cereales utilizando la reacción en cadena de la polimerasa cuantitativa (qPCR). Ilustración: Angélica Gutiérrez-Sánchez

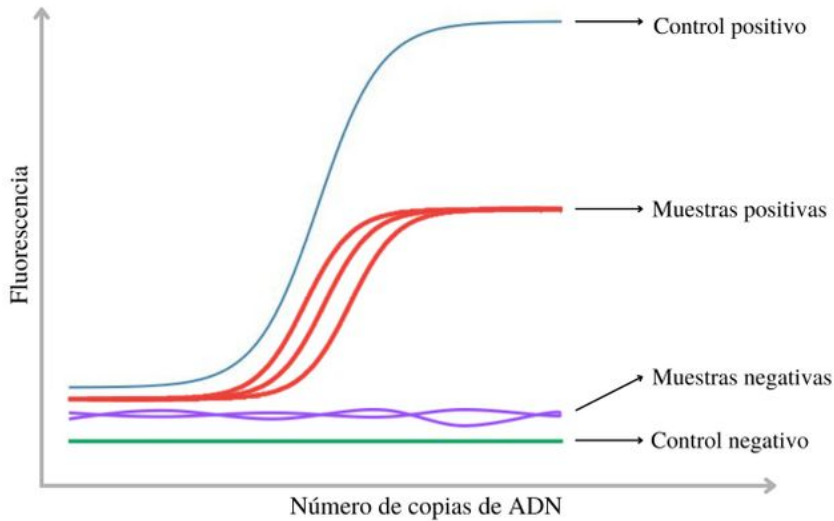


Figura 4. Representación gráfica de los resultados del método de qPCR. Se muestra que el número de copias de ADN es proporcional a la señal brillante (fluorescencia) detectada por el equipo. En color azul se presenta el control positivo (donde está confirmada la presencia de ADN del hongo), en color verde se muestra el control negativo (donde no hay ADN del hongo), en color rojo se presentan las muestras de alimentos positivas a la presencia de hongos micotoxigénicos contaminantes y en color morado las muestras de alimentos que no están contaminadas. Ilustración: Angélica Gutiérrez-Sánchez

Por otro lado, la presencia y contenido de micotoxinas en alimentos contaminados se realiza mediante el empleo de equipos analíticos sofisticados. Estos equipos buscan características fisicoquímicas particulares de los compuestos de interés, y los comparan con compuestos puros adquiridos comercialmente, los cuales también son conocidos como estándares o compuestos de referencia. De esta manera, se determina que la cantidad de micotoxinas presentes no rebase los valores establecidos por las normas sanitarias, lo cual implicaría un riesgo para la salud de los consumidores. **Hoy día, la mayoría de las estrategias para el control de estos hongos es el uso de fungicidas sintéticos. Sin embargo, un mal uso de estos productos puede ser igual de dañino para la salud y el ambiente.** Por ello, la comunidad científica busca alternativas más amigables con el ambiente y de menor riesgo para el ser humano. Actualmente, se están haciendo pruebas alternativas de origen natural, utilizando compuestos obtenidos a partir de plantas, bacterias benéficas o de hongos comestibles los cuales han mostrado en condiciones de laboratorio ser eficaces en inhibir el crecimiento de hongos micotoxigénicos y la producción de micotoxinas.



En este contexto, los laboratorios de Química de Productos Naturales, Fitopatología, Biología Molecular y la Unidad de Biotecnología de Hongos Comestibles y Medicinales del INECOL en México, en colaboración con la Unité de Mycologie et Sécurité des Aliments del Institut National de Recherche pour l'Agriculture, l'Alimentation et l'Environnement (INRAE-MycSA) de Francia, realizamos investigación sobre la caracterización de compuestos de hongos toxigénicos del género *Fusarium*, así como la búsqueda de compuestos de origen natural útiles para reducir los efectos adversos de estos contaminantes, contribuyendo a garantizar la inocuidad de los alimentos que forman parte de nuestra dieta.



Tomates con hongos patógenos. Fotografía: adonyig, Pixabay

### Agradecimientos:

·Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Fondo F003) por el proyecto ECOS-NORD-ANUIES-2020 (No. 315673): "Hongos comestibles cultivables como posibles alternativas para prevenir y reducir la contaminación por micotoxinas en el maíz"

### Para saber más:

·l'Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement (INRAE), Unité de Recherche MycSA. [Click aquí.](#)

·FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Programa Especial para la Seguridad Alimentaria (PESA) Centroamérica. [Click aquí.](#)

·Merel D, Mata G, Guerrero-Analco JA. 2020. Productos naturales de hongos comestibles para el control de micotoxinas en el maíz. Eco-Lógico. 1(2): 125-128. [Click aquí.](#)

# ¿CÓMO SOBREVIVEN LOS HELECHOS EN AMBIENTES SECOS, CÁLIDOS Y ROCOSOS?

**Rubén Agustín Camacho Ramírez\***

Posgrado en Ciencias Biológicas, Instituto de Ecología, UNAM

**Irene Pisanty Baruch**

Facultad de Ciencias, UNAM

**María C. Mandujano**

Instituto de Ecología, UNAM

**Klaus Mehltreter**

Red de Ecología Funcional, INECOL

\*rcamachobiol@gmail.com

*Myriopteris aurea* Fotografía: R. A. Camacho Ramírez

Los helechos son el segundo grupo de plantas vasculares más diverso de México donde cuentan con más de 940 especies. Se caracterizan por la producción de esporas en vez de semillas para su reproducción, y por el desarrollo de sus hojas jóvenes en forma de bastón (Figura 1A) o gancho que se desenrollan al crecer (Figura 1B), conocido como vernación circinada. **La mayoría de los helechos crecen en ambientes húmedos, como las selvas o el bosque de niebla. Pero México es el país con la mayor diversidad de helechos adaptados a climas secos** (xerófitos) en el mundo. Cuenta con más de 120 especies de helechos en zonas áridas, donde las condiciones ambientales destacan por alta radiación solar, temperaturas cálidas ( $>30^{\circ}\text{C}$ ), lluvias escasas y generalmente estacionales, mayor evaporación que precipitación, y suelos rocosos que pueden calentarse a más de  $60^{\circ}\text{C}$ . Las especies de helechos xerófitos pertenecen en su mayoría a la subfamilia Cheilanthesoideae de la familia Pteridaceae. En la misma familia también evolucionaron dos géneros de helechos de ambientes acuáticos, uno adaptado al agua dulce (*Ceratopteris*) y otro al agua salobre de manglar (*Acrostichum*), ambos presentes con dos especies cada uno en las zonas costeras de México.



Figura 1: Crecimiento en forma de bastón (A) y en forma de gancho (B) de hojas jóvenes de helechos (vernación circinada). Fotografías: R. A. Camacho Ramírez

Igual que las plantas con flor que crecen en ambientes secos, los helechos xerófitos poseen adaptaciones que les permiten protegerse contra la radiación intensa, las altas temperaturas y la estacionalidad de lluvias. Por ejemplo, muchas especies poseen hojas finamente divididas y con superficies más reducidas (Figura 2A), pero también pueden ser más gruesas que en las especies de zonas húmedas. Otras especies tienen la superficie de las hojas cubierta por ceras (Figura 2B), escamas (Figura 2C) o pelos (Figura 2D), que resultan en una mayor reflexión de luz, por lo que las hojas se calientan menos y se reduce la pérdida de agua.

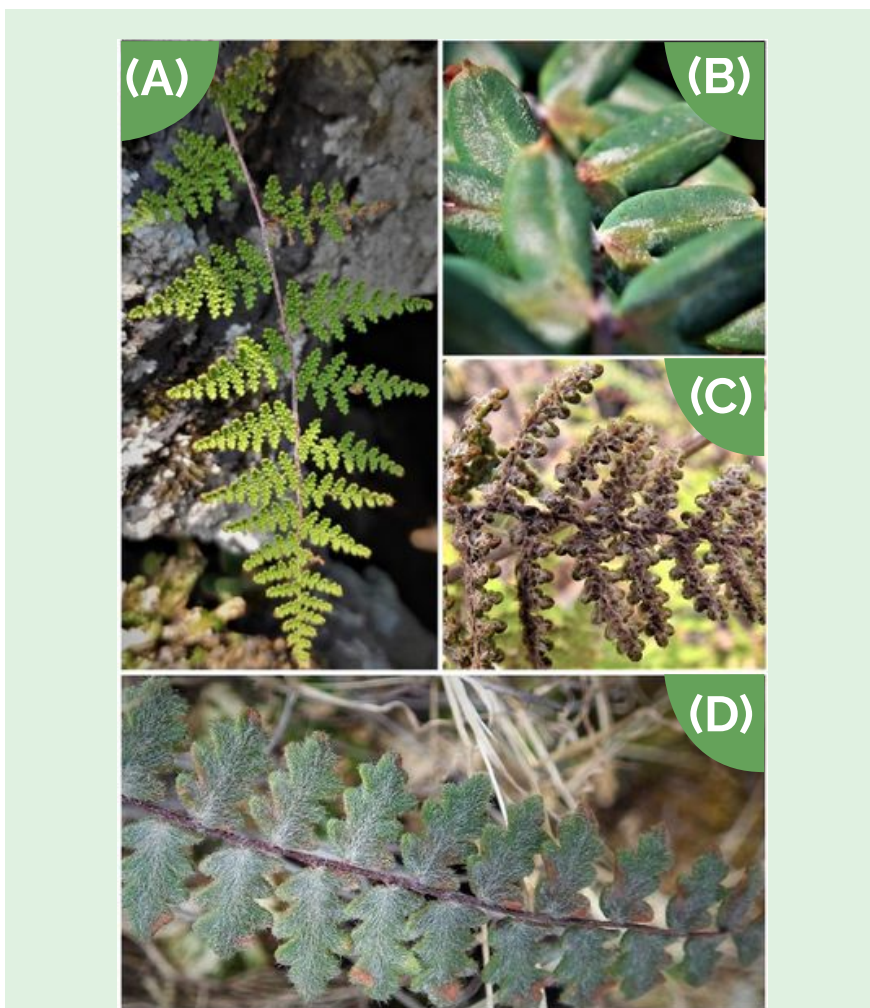


Figura 2: Ejemplos de adaptaciones de helechos xéricos. (A) División de hoja en el helecho cola de zorra (*Myriopteris myriophylla*). (B) Ceras en el helecho de tres hojas (*Pellaea ternifolia*). (C) Escamas en la superficie inferior de una hoja del helecho cola de zorra (*Myriopteris myriophylla*). (D) pelos plateados (conocidos como tricomas) en la superficie superior de la hoja del helecho dorado (*Myriopteris aurea*). Fotografías: R. A. Camacho Ramírez

**Otra adaptación consiste en la presencia de sustancias químicas que actúan como protectores solares.** Estos compuestos químicos se descomponen cuando absorben el exceso de luz, pero las plantas los reciclan y reutilizan en el próximo día soleado. Algunas de estas especies también pliegan o enrollan sus hojas para disminuir el área que está expuesta al sol (Figura 3C y D). Mientras que otras especies xerófitas extremas toleran la desecación casi completa de sus hojas por varios días o semanas, tal vez meses, perdiendo más del 90% de su agua, y cuando llueve, pueden absorber el agua, incluso a través de las hojas, y recuperarse por completo. Otras especies de helechos xerófitos perduran durante las sequías estacionales sin hojas vivas, pero una vez que inicia la temporada de lluvias, brotan nuevas hojas de sus tallos subterráneos.

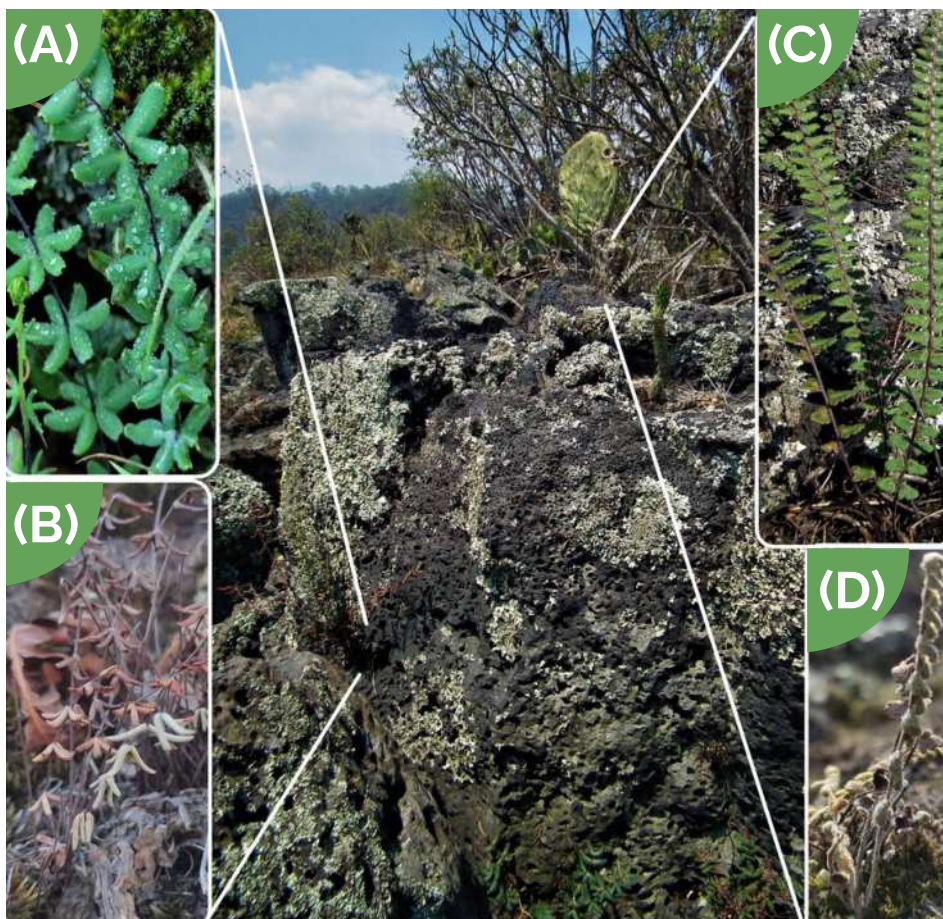


Figura 3: Preferencias de crecimiento de dos de las especies de helechos más comunes en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (REPSA). Helecho de tres hojas (*Pellaea ternifolia*) creciendo en pared rocosa (A) en la temporada de lluvias, y (B) en temporada de secas. Helecho dorado (*Myriopteris aurea*) creciendo en sitio plano (C) en la temporada de lluvias, y (D) en la temporada de secas (D). Fotografías: R. A. Camacho Ramírez

Para investigar el efecto de las adaptaciones contrastantes de dos helechos xerófitos sobre su capacidad de colonizar diferentes hábitats, realizamos un estudio considerando al helecho de tres hojas (*Pellaea ternifolia*) con hojas cubiertas por ceras, y al helecho dorado (*Myriopteris aurea*) con hojas protegidas por pelos (Figura 3). Ambas especies alcanzan hasta 45 cm de altura, perduran la temporada seca con pocas hojas vivas, y producen en la temporada de lluvias nuevas hojas que son fértiles en los meses de septiembre a diciembre. El trabajo se realizó en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (REPSA) situada al sur de la Ciudad de México, con una altitud entre los 2200 y 2300 m s.n.m. La REPSA es un malpaís; esto es una formación rocosa o pedregal, ocasionada por el derrame de lava del volcán Xitle ocurrido hace aproximadamente 1700 a 2000 años, con una precipitación anual de 870 mm, y un suelo escaso. La REPSA cuenta con una diversidad estimada de 377 especies de plantas, de las cuales 26 son helechos. Se ha considerado que la alta diversidad vegetal de la reserva es consecuencia de la gran variedad de microambientes como son las cuevas, hondonadas, oquedades, paredes, planos, grietas y promontorios (Figura 4).

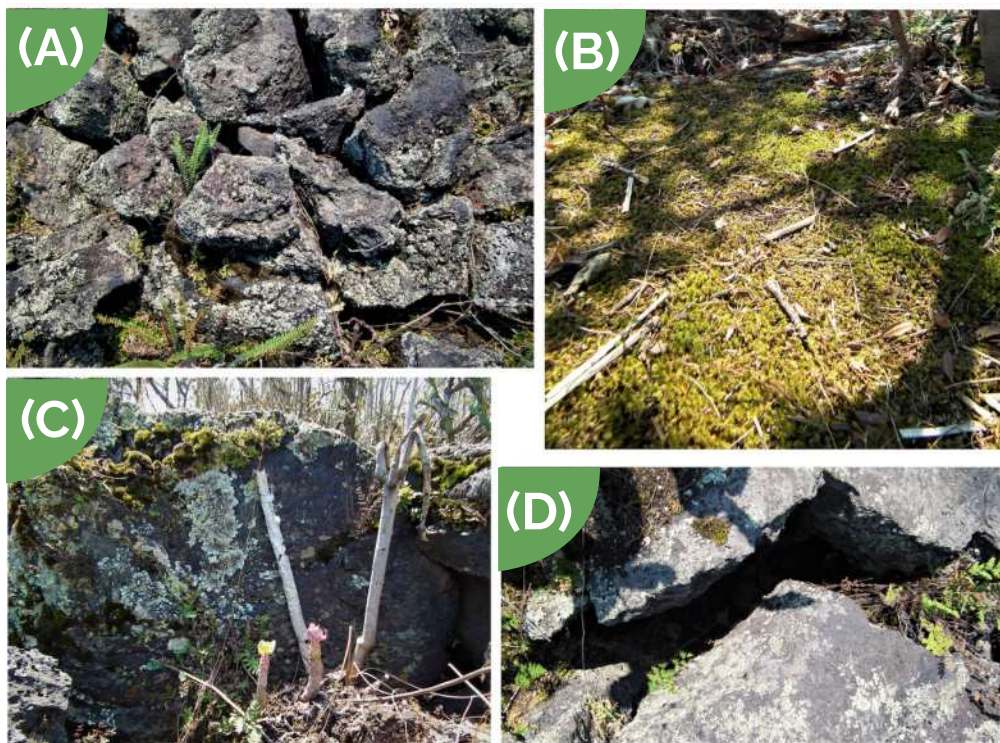


Figura 4: Microhábitats presentes en la REPSA. (A) promontorio rocoso, (B) sitio plano, (C) pared rocosa, y (D) grieta. Fotografías: R. A. Camacho Ramírez



Estacionalidad en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel. Durante la temporada de lluvias se aprecia una vegetación densa (A), mientras que en la temporada de secas la mayoría de las plantas se secan (B). Fotografías: R. A. Camacho Ramírez



**Las formaciones rocosas crean paredes con diferente orientación geográfica (direcciones cardinales) que reducen su exposición solar y las temperaturas máximas.** Además, se puede acumular suelo en las áreas planas, mientras que se erosiona en aquellas con pendientes. Por su ubicación geográfica (a una latitud de 19° norte), la REPSA experimenta durante gran parte del año una radiación solar más intensa y duradera en la cara sur de las rocas. En consecuencia, nos preguntamos (1) si la orientación de las pendientes rocosas determina la distribución de las dos especies de helechos de manera distinta, y (2) si los helechos tienen más hojas y son más altos en los sitios con mayor profundidad de suelo. Para responder estas preguntas se registró la orientación de más de 400 individuos de cada una de las dos especies. Ambas especies se encontraron en todas las laderas de las rocas. Sin embargo, el helecho dorado prefirió los sitios planos expuestos a mucha luz, mientras que el helecho de tres hojas prefirió pendientes menos calurosas e iluminadas con orientación norte (Figura 3). Adicionalmente, se encontró que la profundidad del suelo es importante en el desarrollo de ambas especies de helechos, ya que las dos crecen mejor en suelos con profundidades mayores a 8 cm. Se concluyó que la cobertura con pelos del helecho dorado ofrece mejor protección contra el exceso de luz que la cobertura de las ceras del helecho de tres hojas, porque el helecho dorado logra tolerar sitios más soleados mientras el helecho de tres hojas prefirió sitios más sombreados. Además, se reconoció que los sitios con mayor desarrollo de suelo conservan más agua que beneficia a ambas especies.

**En México se ha desarrollado el mayor número de especies de helechos adaptados a ambientes áridos, calurosos y secos.** Madagascar ocupa el segundo lugar en diversidad de helechos xerófitos, pero se trata de especies completamente diferentes a las de México. Sin embargo, ¿Por qué no se han desarrollado más helechos en otros países con ambientes secos como Saudí-Arabia y Australia? Probablemente en estos países, el clima es demasiado extremo con estaciones secas muy extensas o sin temporadas de lluvias definidas. Bajo estas condiciones, las plantas requieren de mayores adaptaciones como, por ejemplo, raíces profundas para alcanzar más agua del suelo o tallos gruesos para almacenar agua, características que no se han desarrollado en los helechos.

### Agradecimientos:

A la jefatura del Jardín Botánico a cargo del Dr. Salvador Arias Montes y a la Secretaria Ejecutiva de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel a cargo de la Dra. Silke Cram Heydrich por brindar el apoyo para el acceso a la REPSA. RACR agradece al CONACYT por la beca de doctorado no. 581202. Los autores agradecen a los editores de Eco-lógico la meticulosa revisión del texto.

### Para saber más:

- Castillo-Argüero S, Martínez-Orea Y, Meave JA, Hernández-Apolinar M, Nuñez-Castillo O, Santibañez-Andrade G, Guadarrama-Chávez P. 2009. Flora: susceptibilidad de la comunidad a la invasión de malezas nativas y exóticas. en Biodiversidad del ecosistema del Pedregal de San Ángel. En: Lot ,A Cano-Santana Z (eds.), Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel. Coordinación de la Investigación Científica, UNAM., México, D.F. pp. 107-117.
- Hietz P. 2010. Fern adaptations to xeric environments. En: Mehltreter K, Walker L R, Sharpe JM (eds.). Fern ecology, Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido. Pp. 140-173.
- Mehltreter K. 2008. Phenology and habitat specificity of tropical ferns. En: T. A. Ranker y C. H. Haufler (eds.). Biology and Evolution of Ferns and Lycophytes. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido. Pp. 201-221.
- Muñi, DME, Pérez JJC, Eslava F. de J, Jiménez DK, Valencia AS. 2019. Atlas pteridológico de la Zona Núcleo Poniente de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias. Ciudad de México.
- Rzedowski J. 1954. Vegetación del Pedregal de San Ángel (Distrito Federal, México). Anales de la Escuela Nacional Ciencias Biológicas 8:59-129.



# Ciencia Hoy

Fotografía: Magda Ehlers, Pexels



# EL GOLFO DE MÉXICO Y LAS BACTERIAS DEGRADADORAS DE HIDROCARBUROS

**Ma. Fernanda Sánchez-Soto Jiménez,  
Sonia S. Valencia-Agami, Ma. Leopoldina  
Aguirre-Macedo\***

Departamento de Recursos del Mar, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional Unidad Mérida (CINVESTAV-IPN), Mérida, Yucatán, México

\*leopoldina.aguirre@cinvestav.mx

Las primeras observaciones sobre bacterias que comen hidrocarburos (petróleo) datan de finales del siglo XIX y principios del XX cuando en Europa se observó su crecimiento sobre derivados del petróleo como parafinas (material para hacer velas) y queroseno (un líquido inflamable). Posteriormente, por métodos de cultivo fue posible aislar bacterias degradadoras de aceites y gasolinas. Actualmente, **la biología molecular ha revolucionado el conocimiento sobre la fisiología y relevancia que tienen estos microorganismos en los ecosistemas marinos.**

**Aunque, los derrames masivos de petróleo al ambiente marino han sido catastróficos para la fauna marina y la economía (Figura 1), la mayor parte del petróleo entra al océano desapercibidamente a través de emanaciones naturales.** Debido a esto, es que existen microorganismos como hongos y bacterias que han evolucionado para aprovechar el carbono que provee el petróleo como fuente de alimento.



Figura 1. Efecto del petróleo sobre la fauna marina. Imagen superior, ave cubierta por petróleo rescatada de un derrame; imagen inferior, pez asfixiado por la presencia de petróleo en el agua. Fotografía: editada por Valencia Agami S.S. en Canva

**Al ser México un país exportador de petróleo, el riesgo de la liberación accidental de este compuesto al ambiente en sus operaciones marítimas siempre existe,** y durante las actividades de extracción en los yacimientos del Golfo de México, ya se han registrado accidentes. Sin embargo, precisamente los impactos ambientales y sociales causados por el derrame de más de 3.4 millones de barriles de petróleo al océano debido a la explosión del pozo Ixtoc en 1979, detonaron el estudio de las bacterias degradadoras de hidrocarburos (BDH) en las aguas oceánicas de México.

Los monitoreos posteriores al derrame del Ixtoc, evaluaron la relación entre la cantidad de BDH capaces de crecer con hidrocarburos como único alimento, sobre el total de las bacterias heterótrofas (BH) capaces de alimentarse con otros nutrientes como los azúcares. La relación entre estos dos grupos bacterianos dio origen al índice BDH/BH (%) propuesto por Lizárraga-Partida en 1983, para determinar el impacto causado por la industria petrolera. Así, se establecieron cuatro grados de impacto: las zonas no impactadas (con menos del 1% de BDH), seguidas por las zonas con bajo impacto (1-6%), alto impacto (6-50%) e impacto extremo (>50%).

A partir del índice BDH/BH se han podido determinar zonas con mayor actividad bacteriana de consumo de hidrocarburos en la desembocadura de ríos, y en la cercanía a pozos de extracción y chapopoterías naturales. En estos sitios las BDH detectadas con mayor frecuencia han pertenecido a los géneros *Pseudomonas* y *Aeromonas*, así como a grupos de bacilos Grampositivos. Sin embargo, no fue sino hasta abril de 2010 con la explosión de la plataforma "Deep-Water Horizon" (DWH) en el norte del Golfo de México, cuando el gobierno mexicano se preguntó si el derrame de petróleo proveniente del pozo Macondo alcanzaría aguas mexicanas con el consecuente daño ambiental y socioeconómico, que se dio un importante salto cualitativo en el estudio de estos microorganismos.

Desafortunadamente, aún después de realizar varias campañas oceanográficas en el Golfo de México, no se contó con la información suficiente que permitiera comparar las condiciones ambientales antes y después del derrame. Lo que sí se observó fue una mayor abundancia de BDH durante los muestreos de la campaña del 2011, indicando un mayor número de sitios con algún grado de contaminación por hidrocarburos en comparación con los muestreos del 2010 y 2012. No obstante, esto no pudo ser claramente atribuible al derrame del DWH, debido a que no fue posible determinar el origen del petróleo, es decir, nada que identificara que el petróleo provenía del pozo Macondo.

En consecuencia, y a fin de contar con bases sólidas ambientales ante contingencias de derrame de hidrocarburos, fue que en el 2015 se creó el **Consortio de Investigación del Golfo de México (CIGoM)** con apoyo del Fondo de Hidrocarburos del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt), de la Secretaría de Energía (Sener), y de la empresa Petróleos Mexicanos (PEMEX). La iniciativa integró una robusta red de investigadores de instituciones oceanográficas como el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN (CINVESTAV), la Universidad Autónoma de México (UNAM), el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE), y la Universidad Autónoma de Baja California (UABC) **con la tecnología y experiencia suficientes para crear acciones que permitieran responder ante un derrame de petróleo, incluso en aguas profundas** (Figura 2).



Figura 2. Toma de muestras de agua del Golfo de México durante las campañas oceanográficas para el estudio de las bacterias degradadoras de hidrocarburos. Fotografía: Daniel Aguirre Ayala

**El estudio de las bacterias en este megaproyecto se centró en tres direcciones:** 1) caracterizar las comunidades nativas y la capacidad de degradación de las BDH obtenidas en el Golfo de México, 2) simular derrames a escala de mesocosmos (en contenedores de más de 2000 L) bajo condiciones controladas, observando los cambios en las comunidades bacterianas y su capacidad de "comerse" los hidrocarburos y 3) optimizar la degradación de hidrocarburos de los grupos bacterianos (consorcios) obtenidos (Figura 3).



Figura 3. Secuencia de fases para el estudio de las comunidades bacterianas marinas. Las actividades petroleras en el Golfo de México suelen contaminar el ambiente marino con petróleo. Mediante las campañas oceanográficas se obtienen las muestras de agua y sedimento de las que se analizan directamente las comunidades bacterianas nativas aplicando técnicas moleculares. Otras muestras de agua y sedimento se incuban con petróleo en el laboratorio para obtener grupos de bacterias que degradan hidrocarburos bajo diferentes condiciones de temperatura y oxígeno. Por último, se estudian los efectos del petróleo sobre las comunidades bacterianas a escala de mesocosmos con volúmenes de agua mayores a los 2000L para obtener aproximaciones de un derrame en el ambiente real. Ilustración: Valencia Agami, S.S.

Así, se profundizó en el estudio de las comunidades bacterianas utilizando tecnologías moleculares y extendiendo la red de muestreo a todo el Golfo de México. Por primera vez en CINVESTAV se realizó la caracterización de las comunidades bacterianas en el polígono de Perdido y la Plataforma de Yucatán (Figura 4). Los resultados del análisis de las comunidades bacterianas revelaron la presencia de comunidades muy diversas sugiriendo una condición relativamente sana en las áreas de estudio.

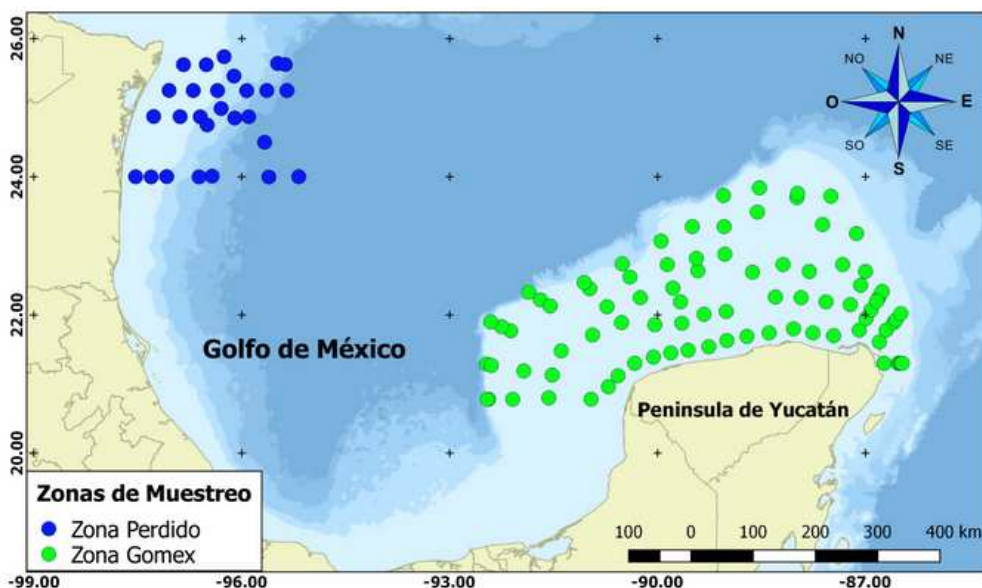


Figura 4. Red de muestreo en el polígono de Perdido (noroeste del Golfo de México) y la Plataforma de Yucatán (sureste del Golfo de México) durante las campañas oceanográficas CIGOM. Sitios de obtención de muestras de agua y sedimento para la caracterización de las comunidades bacterianas. Mapa elaborado por Abril Gamboa

Mediante las técnicas moleculares se detectaron *Pseudomonas* y otros grupos relacionados con la degradación de hidrocarburos (*Chloroflexi*, *Nitrospirae*, *Deltaproteobacteria*, *Chromatiales*, *Methylococcales*, *Flavobacteriales*, *Oceanospirillaceae*, *Colwelliaceae*, *Shewanellaceae*, *Alcanivoracaceae* y arqueas MCG), algunos de éstos, reportados por primera vez para el Golfo de México (p.ej., NC10 y *Kordiimonadales*).

**Durante este proyecto también se obtuvieron consorcios bacterianos capaces de degradar varios tipos de petróleo bajo diferentes condiciones de temperatura y oxígeno.** En estos consorcios, *Muricauda* y *Alcanivorax* resultaron elementos clave en la degradación de hidrocarburos. De los consorcios obtenidos a diferentes profundidades de la columna de agua se pudo concluir que el tipo de petróleo afecta la composición de las comunidades bacterianas. De la simulación de derrames en los mesocosmos se observó que la presencia de diferentes grupos de BDH depende de la temporada climática (Figura 5). Por ejemplo, en la plataforma de Yucatán durante la temporada de secas se encontraron miembros de los géneros *Erythrobacter*, *Hypomonas* y *Maricaulis*; en lluvias *Acinetobacter*, *Coxiella*, *Lenwinella*, *Litoricola* y *Candidatus Megaria*, mientras que en nortes prevalecieron miembros de los géneros *Marinobacter*, *Marinomonas*, *Muricauda* y *Oceanicaulis*.

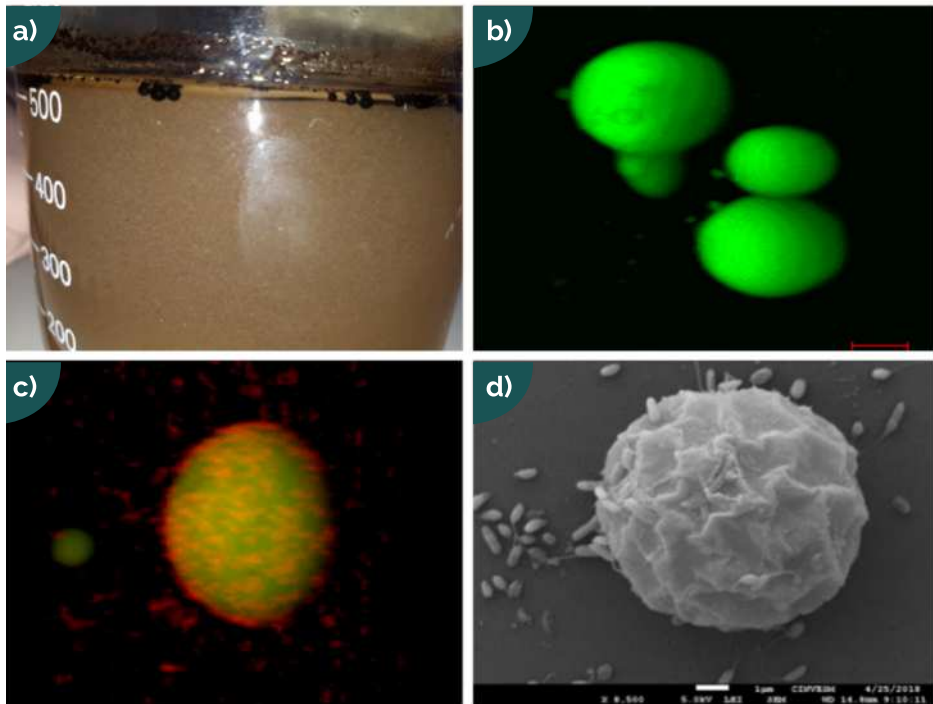


Figura 5. Colonización de micelas (gotas) de petróleo por los consorcios bacterianos obtenidos en el Golfo de México. Donde: a) reactor de crecimiento del consorcio con petróleo; b) micelas de petróleo sin colonizar observadas por microscopia confocal; c) micela de petróleo colonizada por bacterias observada mediante microscopia confocal; d) micela de petróleo colonizada por bacterias observada por microscopia electrónica de barrido). Fotografías: Valencia Agami S.S.

**Sin duda, estas investigaciones han mostrado la gran capacidad de las bacterias que habitan el Golfo de México para degradar naturalmente el petróleo** (Figura 6), lo cual mitiga de manera importante los efectos de la presencia de hidrocarburos en el ambiente. Pero **lo más importante es que el conocimiento generado nos permitirá desarrollar estrategias amigables con el medioambiente para mitigar la contaminación, pasada, actual o futura por hidrocarburos en el océano.**

Sin embargo, para esto aún falta hacer muchos estudios desde pequeños experimentos en el laboratorio, así como a mayor escala para simular derrames de petróleo, hasta poner a prueba la eficacia de estos microorganismos en accidentes petroleros reales.

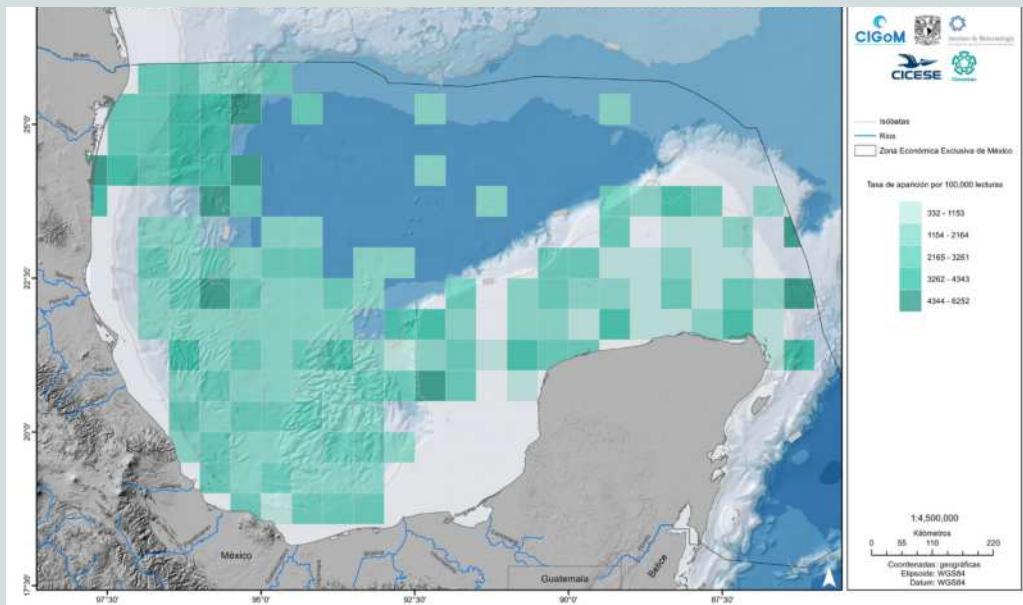
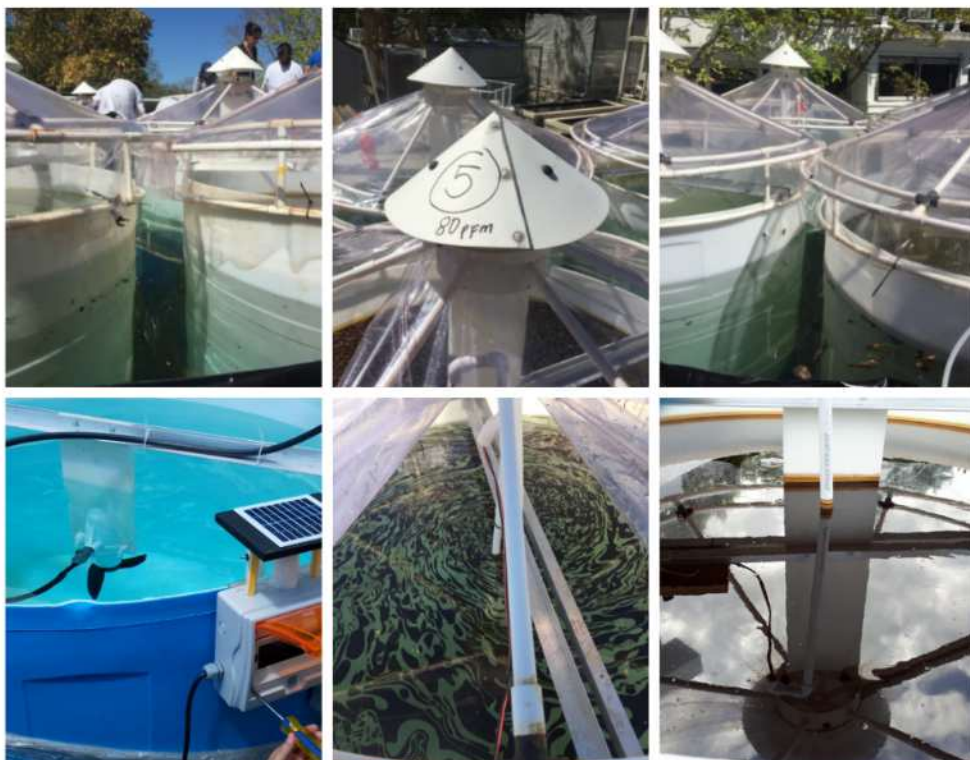


Figura 6. Mapa de abundancias relativas de bacterias degradadoras de hidrocarburos en los sedimentos del Golfo de México. Los diferentes tonos de color representan la cantidad de bacterias en cada zona, donde el color más oscuro indica la mayor abundancia de bacterias degradadoras de petróleo. Tomado del Atlas de línea base ambiental del Golfo de México (tomo X), México: Consorcio de Investigación del Golfo de México. <https://atlascigom.cicese.mx/es/dataset/libro-atlas-tomo-10>



En la parte superior se muestra el arreglo de las unidades o contenedores de mesocosmos, mientras que, en la parte inferior, de izquierda a derecha, se muestran el sistema sin contaminar, la capa de petróleo después de contaminar y, por último, la capa de petróleo a las 24 h de contaminar. Fotografía: M. Leopoldina Aguirre-Macedo

### Agradecimientos:

Gracias a la colaboración de los estudiantes y técnicos de los laboratorios de Patología Acuática, Productividad Primaria y Geoquímica del CINVESTAV unidad Mérida. A PEMEX y al fondo Conacyt-Sener-Hidrocarburos proyecto 201441.

### Para saber más:

·Pardo López, L., y Gutiérrez Ríos, R.M. (Eds.) (2021). Distribución de bacterias. En S. Z. Herzka, R. A. Zaragoza Álvarez, E. M. Peters y G. Hernández Cárdenas. (Coord. Gral.). Atlas de línea base ambiental del Golfo de México (tomo X), México: Consorcio de Investigación del Golfo de México. [Click aquí.](#)

·Sánchez-Soto Jiménez MF, Cerqueda-García D, Montero-Muñoz JL, et al (2018) Assessment of the bacterial community structure in shallow and deep sediments of the Perdido Fold Belt region in the Gulf of Mexico. PeerJ6:e5583. [Click aquí.](#)

·Valencia-Agami SS, Cerqueda-García D, Putzeys S, et al (2019) Changes in the bacterioplankton community structure from southern Gulf of Mexico during a simulated crude oil spill at mesocosm Scale. Microorganisms 7. [Click aquí.](#)

# IMPACTOS DE LA FAUNA FERAL SOBRE SALUD, VIDA SILVESTRE Y ECONOMÍA

**Luis M. García Feria\***

Secretaría Técnica

**Miguel Rubio Godoy**

Red de Biología Evolutiva

**Alberto Risquez Valdepeña**

Secretaría Técnica

\*[luis.garcia@inecol.mx](mailto:luis.garcia@inecol.mx)



Fotografía: Lum3n, Pexels

Los perros y los gatos han formado parte de la historia de la humanidad desde hace miles de años, siendo importantes en el comercio, la medicina y la religión, o simplemente como animales de compañía. Sin embargo, debido a la irresponsabilidad de muchas personas, aunado a la biología y comportamiento de estas especies, pueden crear impactos negativos de manera directa o indirecta. Estos impactos nocivos principalmente ocurren cuando se revierte su historia, esto es, cuando se vuelven semidomésticos, asilvestrados o ferales. **En este texto explicamos brevemente por qué y cómo, los perros y gatos pueden ocasionar problemas de salud, ecológicos y económicos.**



Fotografía: Cottonbro, Pexels

### ¿Qué tanto es tantito?

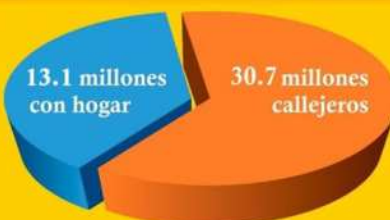
Los perros y los gatos son muy prolíficos. A partir de una perra callejera sin esterilizar, que presenta dos celos al año y en cada uno tiene seis cachorros (3 hembras y 3 machos), a lo largo de 5 años, entre ella y su descendencia pueden producir ¡hasta 46,656 perros! Los gatos no se quedan atrás, una pareja de gatos puede producir hasta 420,000 individuos en 7 años. En el 2021, **el INEGI reportó que existen 43.8 millones de perros en el país**, y aproximadamente el 70% (30.7 millones) están en situación de calle o son abandonados; y **se estima una población de 16.2 millones de gatos**, donde el 36% (5.83 millones) son ferales o semidomésticos.

# Atención

potencialmente se  
producirían en 5 años

**46,656 perros  
sin dueño**

**Tenemos  
en México:  
43.8 millones  
de perros**



Si cada hembra tiene 2 celos al año y cada pareja tienen 6 perros por camada, de los cuales 3 son machos y 3 son hembras, entonces:

Año 1  $6 \times 6 = 36$

Año 2  $36 \times 6 = 216$

Año 3  $216 \times 6 = 1,296$

Año 4  $1,296 \times 6 = 7,776$

Año 5  $7,776 \times 6 = 46,656$



## ¡Piénsalo!

### ¿Sabías que?

- Existen perros ferales y perros callejeros con dueño, esto hace que 50 toneladas al día de heces pulverizadas contaminen el ambiente.
- Estos perros son depredadores tanto de fauna doméstica como silvestre, y compiten con depredadores naturales como coyotes, zorras y cacomixtles, desplazándolos de su hábitat natural y disminuyendo sus poblaciones, esto hace que crezcan plagas como ratas y ratones.
- Las pérdidas estimadas en salud, seguridad, agricultura, recursos naturales y daños a propiedad privada llegan a más de 1,000 millones de pesos anuales.

Figura 1. Riesgos de reproducción canina sin control. Elaboración: Luis M García Feria

El incremento desmedido de las poblaciones de perros y gatos y su falta de control ha sido uno de sus mayores impactos negativos. **Ambas especies tienen la habilidad instintiva de matar con gran efectividad, y pueden atacar fauna silvestre, doméstica y personas.** En 2021, el Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica reportó más de 90 mil ataques de perros a personas; estos ataques implican elevados gastos médicos, incluyendo tratamientos preventivos por el riesgo de infección.



Figura 2. Ataque por perro. Fotografía: vecteezy.com

**Las pérdidas por ataques al ganado también son cuantiosas.** En México, junto con el lobo mexicano, el oso negro, el puma, el jaguar, el ocelote, el lince y el coyote, el perro feral es uno de los depredadores considerados por el Fondo de Aseguramiento Ganadero. En el 2009, en Estados Unidos se estimó una pérdida de \$620 millones de dólares anuales por ataques de perros ferales en diferentes ámbitos como en la salud, seguridad, agricultura, recursos naturales y propiedad privada.

## ¿Problemas de salud?

Los casi 60 millones de perros y gatos producen una gran cantidad de excremento: la principal fuente son los perros callejeros, pero también contribuyen los perros de azotea y aquellos con dueños que los sacan a la calle a hacer sus necesidades sin recogerlas. **Se estima que en nuestro país flotan en el aire aproximadamente 50 toneladas de heces pulverizadas al día, las cuales son el vehículo de hasta 19 géneros de parásitos de interés en salud pública.**

Entre los principales, encontramos los gusanos *Toxocara canis* (cerca de 19% de prevalencia) que produce el síndrome de larva migratoria visceral y ocular en humanos; y *Ancylostoma caninum* (cerca de 18.5 %) causante de la larva migratoria cutánea. En el caso de los gatos, las heces pueden transmitir toxoplasmosis, causada por el parásito intracelular *Toxoplasma gondii*. Los gatos semidomésticos y ferales son fuente importante de este protozoario en la naturaleza y en ambientes urbanos. La infección en humanos es relativamente común, infectando de por vida entre el 15% y 50% de la población en México dependiendo de la región, pero con mayor grado en las zonas urbanas. La trasmisión se da por el consumo de alimentos contaminados o por contacto con tierra de parques y jardines o cualquier superficie donde los gatos infectados hayan defecado.

Cuadro 1. Parásitos de perros y gatos de potencial transmisión a otros animales y el humano.

| Fila              | Especie                            | Fila             | Especie                             |
|-------------------|------------------------------------|------------------|-------------------------------------|
| <b>Artrópodos</b> | <i>Amblyomma</i> spp.              | <b>Nemátodos</b> | <i>Aelurostrongylus</i> spp.        |
|                   | <i>Boophilus</i> spp.              |                  | <i>Ancylostoma braziliense</i>      |
|                   | <i>Catenocephalides felis</i>      |                  | <i>Ancylostoma caninum</i>          |
|                   | <i>Ctenocephalides canis</i>       |                  | <i>Ancylostoma duodenale</i>        |
|                   | <i>Cuterebra americana</i> (larva) |                  | <i>Ancylostoma tubaeforme</i>       |
|                   | <i>Demodex canis</i>               |                  | <i>Angiostrongylus vasorum</i>      |
|                   | <i>Dermatobia hominis</i> (larva)  |                  | <i>Broncostrongylus subcrenatus</i> |
|                   | <i>Echidnophaga gallinacea</i>     |                  | <i>Capillaria aerophila</i>         |
|                   | <i>Haemaphysalis</i> spp.          |                  | <i>Capillaria</i> spp.              |
|                   | <i>Ixodes</i> spp.                 |                  | <i>Crenosoma</i> spp.               |
|                   | <i>Linguatula serrata</i>          |                  | <i>Dipetalonema dracunculoides</i>  |
|                   | <i>Notoedres cati</i>              |                  | <i>Dipetalonema reconditum</i>      |
|                   | <i>Otobius megnini</i>             |                  | <i>Dirofilaria immitis</i>          |
|                   | <i>Rhipicentor</i> spp.            |                  | <i>Filaroides</i> spp.              |
|                   | <i>Rhipicephalus</i> spp.          |                  | <i>Mammomonogamus</i> spp.          |
|                   | <i>Sarcoptes scabiei</i>           |                  | <i>Metathelazia californica</i>     |
|                   | <i>Trichodectes canis</i>          |                  | <i>Metathelazia felis</i>           |
|                   |                                    |                  | <i>Metathelazia multipapillata</i>  |

(continuación) Cuadro 1. Parásitos de perros y gatos de potencial transmisión a otros animales y el humano.

| Fila                 | Especie                         | Fila            | Especie                           |
|----------------------|---------------------------------|-----------------|-----------------------------------|
| <b>Protozoarios</b>  | <i>Babesia canis</i>            |                 | <i>Necator americanus</i>         |
|                      | <i>Babesia felis</i>            |                 | <i>Perostrongylus falciformis</i> |
|                      | <i>Besnoitia besnoiti</i>       |                 | <i>Perostrongylus pridhami</i>    |
|                      | <i>Besnoitia darlingi</i>       |                 | <i>Physaloptera canis</i>         |
|                      | <i>Besnoitia wallacei</i>       |                 | <i>Physaloptera felidis</i>       |
|                      | <i>Cryptosporidium spp.</i>     |                 | <i>Pneumospiruria capsulata</i>   |
|                      | <i>Entamoeba histolytica</i>    |                 | <i>Protopirura bestianum</i>      |
|                      | <i>Giardia canis</i>            |                 | <i>Protopirura numidia</i>        |
|                      | <i>Giardia cati</i>             |                 | <i>Skrjabinylus spp.</i>          |
|                      | <i>Hammondia hammondi</i>       |                 | <i>Spirocerca artica</i>          |
|                      | <i>Hoaresporidium pellerdyi</i> |                 | <i>Spirocerca lupi</i>            |
|                      | <i>Isopora wallacei</i>         |                 | <i>Spirura spp.</i>               |
|                      | <i>Isospora bahiensis</i>       |                 | <i>Strongyloides tumefaciens</i>  |
|                      | <i>Isospora burrowsi</i>        |                 | <i>Strongyloides cati</i>         |
|                      | <i>Isospora canis</i>           |                 | <i>Strongyloides stercoralis</i>  |
|                      | <i>Isospora felis</i>           |                 | <i>Toxascaris leonina</i>         |
|                      | <i>Isospora heydorni</i>        |                 | <i>Toxocara canis</i>             |
|                      | <i>Isospora ohioensis</i>       |                 | <i>Toxocara cati</i>              |
|                      | <i>Sarcocystis cruzi</i>        |                 | <i>Trichinella spiralis</i>       |
|                      | <i>Sarcocystis bertrami</i>     |                 | <i>Trichinella spiralis</i>       |
|                      | <i>Sarcocystis muris</i>        |                 | <i>Trichuris vulpis</i>           |
|                      | <i>Sarcocystis ovicanis</i>     |                 | <i>Uncinaria stenocephala</i>     |
|                      | <i>Toxoplasma gondii</i>        |                 | <i>Vogeloides massinoi</i>        |
|                      | <i>Tricomonas canistomae</i>    | <b>Cestodos</b> | <i>Dipylidium caninum</i>         |
| <b>Acantocéfalos</b> | <i>Corynosoma spp.</i>          |                 | <i>Echinococcus granulosus</i>    |
|                      | <i>Macrorhynchus</i>            |                 | <i>Mesocetoides corti</i>         |
|                      | <i>ingens</i>                   |                 | <i>Mesocetoides variabilis</i>    |
| <b>Trematodos</b>    | <i>Oncicola canis</i>           |                 | <i>Mesogyna hepatica</i>          |
|                      | <i>Alaria spp.</i>              |                 | <i>Taenia hydatigena</i>          |
|                      | <i>Clonorchis spp.</i>          |                 | <i>Taenia multiceps</i>           |
|                      | <i>Concinnum spp.</i>           |                 | <i>Taenia pisiformis</i>          |
|                      | <i>Dicrocoelium dendriticum</i> |                 | <i>Taenia serialis</i>            |
|                      |                                 |                 | <i>Taenia taeniaeformis</i>       |

Con la aparición de COVID-19 se resaltó el riesgo de la transmisión de enfermedades de animales a humanos, conocida como zoonosis. **Se sabe de hasta 40 enfermedades zoonóticas que perros y gatos ferales, callejeros y semidomésticos pueden transmitir y ser vectores de enfermedades que afectan a otros animales domésticos y silvestres.** Por ejemplo, el moquillo canino ha sido un factor en la extinción de los hurones de patas negras en Norte América; este virus puede infectar carnívoros terrestres y marinos, roedores y hasta primates.

## Impacto ecológico

**Un perro o un gato suelto, aparte de ser un riesgo sanitario, es un depredador formidable.** Los gatos semidomésticos y ferales pueden alimentarse de roedores (27 especies), aves (123 especies), reptiles (157 especies), anfibios (21 especies), insectos y peces; en un día, un gato puede cazar hasta 31 presas. Además, diversos estudios han documentado que los gatos domésticos también han causado disminuciones significativas en las poblaciones de fauna silvestre. Los perros también son hábiles depredadores, pero el mayor problema es la competencia con los depredadores naturales (por ejemplo, zorras, cacomixtles, zorrillos, coyotes y otros). Los carnívoros nativos son desplazados por la disminución de su alimento natural, lo que pueden reducir sus poblaciones hasta llegar a su exterminio en ese punto de su distribución (extinciones locales).

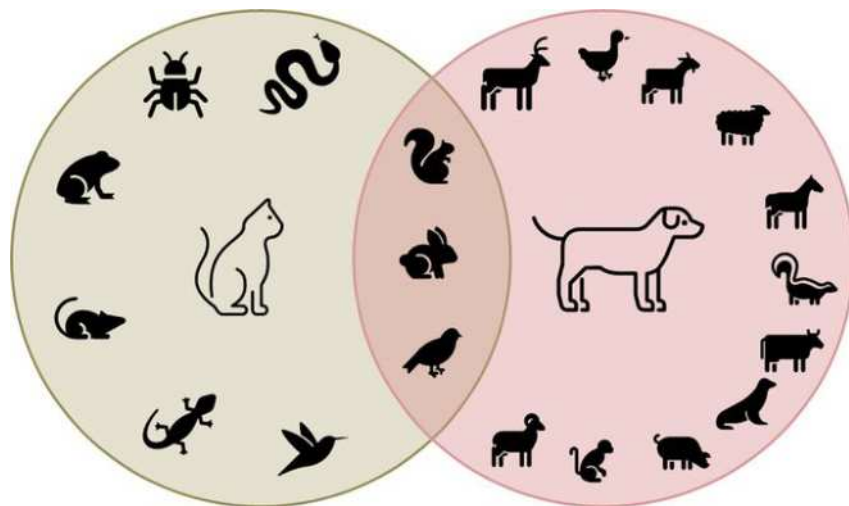


Figura 3. Presas potenciales silvestres y domésticas de perros y gatos ferales y semidomésticos en situación de calle. Elaboración: Luis M García Fera



Figura 4. Riesgos de depredación de gatos semidomésticos y ferales.  
Elaboración: Luis M García Fería

### ¿Animal doméstico o fiera?

**La falta de conocimiento y/o responsabilidad sobre nuestras obligaciones como dueños nos hace ignorar la magnitud del compromiso que tenemos al adquirir una mascota.** Desconocemos u olvidamos el potencial de riesgo de nuestros perros y gatos; los dejamos salir libres a la calle o salimos a pasearlos sin recoger y depositar en la basura sus excretas; dejamos que se reproduzcan sin control y no tenemos prevención de su salud (desparasitación periódica y vacunación). Aunque en ocasiones el costo preventivo de las enfermedades de los perros y los gatos domésticos es relativamente alto, no se compara con el impacto y el riesgo potencial de transmisión de enfermedades hacia otros animales domésticos, la fauna silvestre y los humanos. Y eso, si solo hablamos de perros y gatos domésticos. La palabra feral viene del latín *feralis*: feroz, letal. Justamente retorna su comportamiento instintivo de supervivencia y letalidad cuando a los animales domésticos los dejamos a su suerte: en fieras que tienen un importante impacto sobre la salud, el medio ambiente y la economía. **No olvidemos que de nosotros depende que nuestros perros y gatos se queden como mascotas.**



Fotografía: Jaygeorge, Pixabay

**• Para saber más:**

- Toxoplasmosis in Mexico: Epidemiological Situation in Humans and Animals. [Click aquí](#)
- ¿Amigos o enemigos? como perros y gatos. [Click aquí.](#)
- INEGI. Encuesta Nacional de Bienestar Autorreportado 2021. Nota Técnica, Pp. 20. [Click aquí.](#)
- Rubio Godoy M. 2013. Animales invasores. ¿Cómo ves?, No. 178, pp. 30-33.

# HABLEMOS DEL COMPOSTAJE PARA EL MANEJO DE NUESTROS RESIDUOS

**Daniel Alejandro García López**

Ingeniería en Innovación Agrícola Sustentable, Instituto  
Tecnológico Superior de Libres, Puebla

[daniel.gl@libres.tecnm.mx](mailto:daniel.gl@libres.tecnm.mx)



Áreas de cultivo donde se aprovecha el compost maduro. Fotografía: Daniel Alejandro García López

**En México se generan diariamente cerca de 1 kg de residuos sólidos por habitante y al año como país generamos cerca de 50 millones de toneladas, lo cual equivale a llenar 230 estadios Azteca con nuestros residuos. Lo más alarmante es que menos del 10% de nuestros residuos son reciclados apropiadamente y el resto se deja en basureros donde los desechos generan malos olores, riesgos a la salud y gases de efecto invernadero.** Por otro lado, sabemos que entre el 30 y el 50% del total de nuestros residuos son de origen orgánico, es decir, que tienen un origen biológico y al no ser separados de nuestra basura tendrán el mismo destino junto a los residuos inorgánicos. Por esta razón es de suma importancia poner atención en la generación y manejo de nuestros residuos, no solo por temas ambientales y de salud, sino también por el agotamiento de nuestros recursos.

Todo material orgánico provino en algún momento del suelo. Cuando los nutrientes se extraen y no son repuestos al suelo, se va mermando su fertilidad, lo cual hemos tratado de reponer con el uso de agroquímicos. Al día de hoy, en el 2022, vivimos una crisis de fertilizantes para la producción agrícola que en algunos casos han duplicado o triplicado sus costes, poniendo en riesgo la seguridad alimentaria. Lamentablemente, México tiene suelos degradados por malas prácticas agropecuarias y el aporte de nutrientes es necesario para mantener nuestra productividad. Esta doble problemática: generación de residuos-falta de insumos para el campo vuelve más urgente retomar prácticas como el compostaje de nuestros residuos orgánicos que puede mitigar ambos problemas.

Pero primero, **¿Qué es el compostaje?** En pocas palabras podemos decir que se trata de la descomposición biológica de la materia orgánica hasta lograr una materia estable que no genera ni malos olores o gases nocivos como el metano. Tampoco es dañina para la salud humana ni del ambiente. Es decir, **se transforman los compuestos de la materia en sus bloques básicos que son los componentes de la materia orgánica del suelo y por lo tanto pueden ser aprovechados por microorganismos o plantas de manera benéfica para su desarrollo.** Esto es, se busca hacer estables nuestros desperdicios orgánicos o reintegrarlos al suelo. Sin embargo, no se trata de acumular en un lugar todos nuestros desechos y esperar que mágicamente esto suceda. Al contrario, el compostaje es un proceso ya bien conocido donde influyen diferentes factores como la temperatura, humedad, aireación y actividad de microorganismos. Como ya se dijo, se trata de un proceso.

Ahora bien, **¿Qué aporta el compost al suelo?** El compost no es un abono, ya que no tiene nutrientes en las cantidades necesarias para las plantas. En contraparte, es considerado un acondicionador del suelo. Esto significa que **aparte de contener ciertos nutrientes también brinda propiedades necesarias para recuperar suelos perturbados, principalmente restituyendo la materia orgánica.**

En un suelo sano el 5% de su estructura lo conforma la materia orgánica (Figura 1), a pesar de ser un porcentaje pequeño, es responsable de la fertilidad del suelo. Desafortunadamente, en algunos casos tenemos suelos que no llegan ni al 1% de materia orgánica. Entre los beneficios que podemos encontrar del aplicar compost se encuentran:

- Aporte de nutrientes: carbono, nitrógeno, fósforo y potasio, además de otros como cobre, hierro y magnesio, que por ser requeridos en diminutas cantidades son llamados micronutrientes.
- Mejora las propiedades físicas del suelo: aumenta la porosidad mejorando el intercambio de gases, mejora la permeabilidad y facilita la retención de agua para las raíces.
- Aumenta la actividad biológica del suelo: Durante el proceso se activan y prosperan poblaciones de bacterias benéficas y poblaciones de protozoarios, lombrices e insectos, denominados micro fauna del suelo.

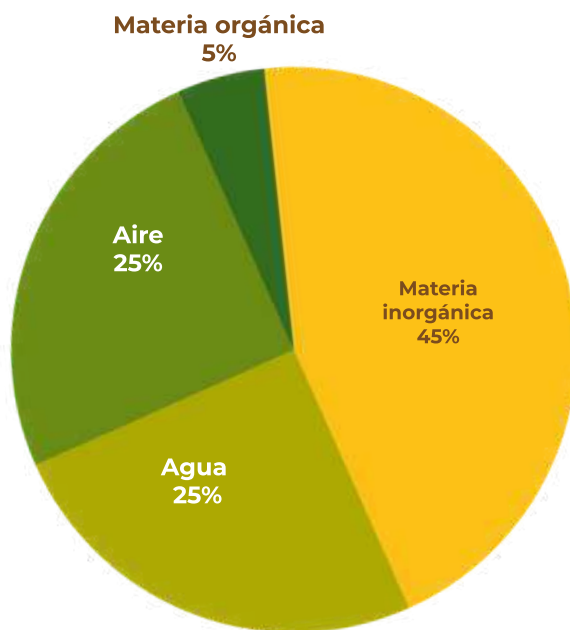


Figura 1. Porcentajes de la composición del suelo. La materia inorgánica se compone de la descomposición de rocas y representa casi la mitad del suelo, los espacios entre partículas permiten el contenido de aire en el suelo importante para la respiración de microorganismos y raíces, el contenido de agua permite el movimiento de sustancias, finalmente el pequeño contenido de materia orgánica es responsable de la fertilidad en el suelo. Figura: Daniel Alejandro García López Elaborada con datos propios



Fotografía izquierda: estudiantes trabajando en el picado de materia orgánica para añadir a pila de compostaje. Fotografía derecha: colecta de residuos de podas de jardines para compostaje. Fotografías: Daniel Alejandro García López

**¿Cómo generar un compost?** Como ya se mencionó, el compostaje es un proceso biológico, y **su éxito depende de mantener las condiciones vitales óptimas para el desarrollo de los organismos responsables del proceso.** Es necesario mencionar que hay diferentes tipos de técnicas de compostaje, como compostaje puro, lombricompostaje (asistido por lombrices), o mixto cuando mezclamos ambos procesos. En todos los casos es indispensable proveer las condiciones vitales de los organismos para que cumplan su función y satisfacer algunas características básicas:

- **Humedad:** El agua es vital para la vida y en la composta es necesario evitar su falta o exceso, alrededor del 40-60% de humedad es lo recomendable.
- **Aireación:** Dado que es un proceso aeróbico es necesario la presencia de oxígeno e intercambio de gases, realizar volteos del compost introduce oxígeno y evita la compactación. La falta de oxígeno genera putrefacción de la materia orgánica produciendo malos olores, metano y desequilibrio del compostaje.
- **Temperatura:** El proceso se compone de fases de temperatura: mesófila (menor de 40 °C), termófila (de 50 a 70°C), enfriamiento (menor de 40 °C) y fase de maduración (temperatura ambiente). Durante el proceso, diferentes grupos de microorganismos prosperan y otros son eliminados para completar un ciclo (Figura 2).
- **Tamaño de partícula:** A menor tamaño el proceso tiende a acelerarse y ser más productivo, el tamaño adecuado ronda entre los 2-5 cm.
- **Relación Carbono/ Nitrógeno (C/N):** Es quizá uno de los requisitos más esenciales y el más ignorado. La vida se compone de un equilibrio entre C/N, por eso el equilibrio adecuado permitirá la mayor actividad biológica. Lo recomendado en una mezcla de compostaje es mantener una relación 25-30: 1. Esto se logra combinando diferentes desechos orgánicos.

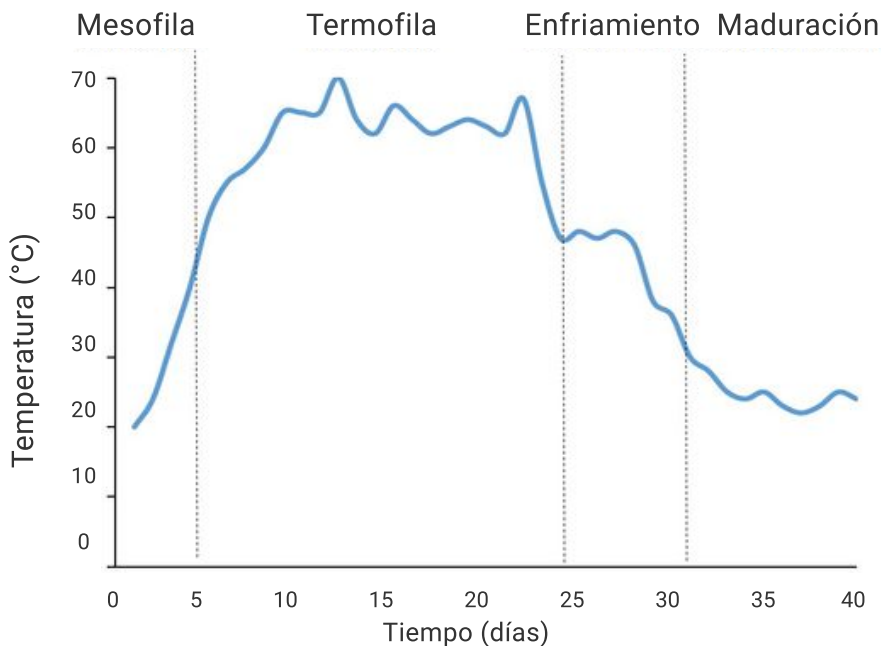


Figura 2. Fases de temperatura en una composta: 1) Mesófila: bacterias y hongos destruyen paredes y tejidos de plantas; 2) Termófila: dominan hongos y las altas temperaturas matan patógenos y malezas; 3) Enfriamiento: se estabilizan poblaciones de hongos y bacterias benéficos; 4) Maduración: la materia orgánica queda reducida en sus bloques elementales para ser aprovechada por plantas y microorganismos. Figura: Daniel Alejandro García López. Elaborada con datos propios

En el Instituto Tecnológico Superior de Libres, localizado en el estado de Puebla, se realiza compostaje mediante capas por volteo. Este tipo de compostaje se basa en intercalar capas de materia rica en carbono (residuos secos como hojarasca, residuos secos de cosecha), materia rica en nitrógeno (residuos de cocina y residuos de jardinería verde) y aporte de microorganismos (suelo, melaza, lixiviado de lombriz). El proceso se logra intercalando capas hasta lograr pilas de aproximadamente un metro de altura con volteos semanales. Al término de uno a dos meses se puede obtener la materia orgánica estable, es decir, un compost maduro que se emplea para alimentar camas de lombrices para continuar con lombricompostaje (Figura 3). Este proceso final permite enriquecer la materia orgánica ya que las lombrices se alimentan del compost y desechan el compost enriquecido con microorganismos y ácidos húmicos, considerados estimulantes del crecimiento vegetal. De esta forma, en el Instituto se busca reciclar residuos (Figura 4) para generar abonos orgánicos de alta calidad y así reintegrar al suelo los nutrientes que de otra forma terminarían en rellenos o contaminando ríos.

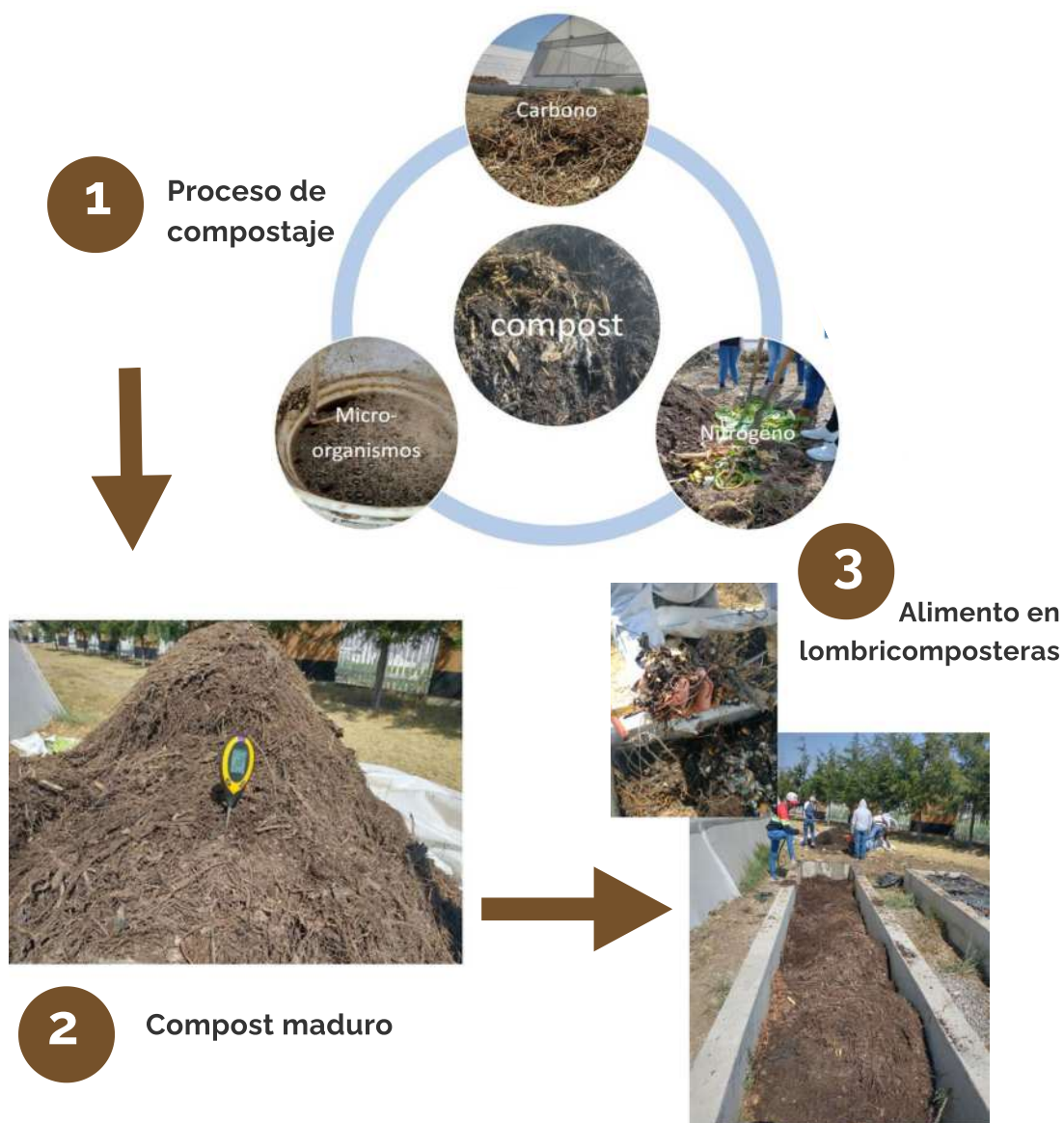


Figura 3. Proceso de compostaje realizado en el Instituto Tecnológico superior de Libres, Puebla. De izquierda a derecha; el proceso de compostaje se inicia con de la selección de residuos secos (fuente de carbono), de cocina y podas de jardín verdes (nitrógeno), y fuentes de microorganismos. Se continua propiamente con el proceso de apilamiento de composta y volteos de compostaje; al término de un mes se emplea compost maduro para alimentar lombrices y obtener un abono orgánico enriquecido. Fotografías y diagrama: Daniel Alejandro García López



Figura 4. Programa permanente de separación de residuos en el Instituto Tecnológico superior de Libres, Puebla



Estudiante trabajando en la formación de pilas de compostaje. Fotografía: Daniel Alejandro García López

**Como hemos visto, el proceso es sencillo, solo es cuestión de animarse y hacernos responsables de nuestros residuos mediante compostaje.**

**Agradecimientos:**

Al Instituto Tecnológico Superior de Libres por las facilidades prestadas y a la Academia de Ingeniería en Innovación Agrícola Sustentable por su apoyo. En particular a los grupos de 6° y 8° A por su participación en el proyecto.

**Para saber más:**

- SEMARNAT (2015). Informe de la Situación del Medio Ambiente en México.
- Manual de compostaje. [Click aquí.](#)
- Manual básico para hacer compost. [Click aquí.](#)



# Trivias y Arte

Fotografía: keenyam, Pixabay



# ¿QUÉ TANTO SABES?

## SOBRE... MIGRACIÓN DE AVES

**Sergio A. Cabrera Cruz**

Unidad de Servicios Profesionales (USPAE), INECOL  
sergio.cabrera@inecol.mx

Aproximadamente el 20% de las casi 10,000 especies de aves del mundo migran dos veces al año, viajando desde sus áreas de reproducción a las de invierno y de regreso. Todas ellas tienen adaptaciones que les permiten recorrer grandes distancias. Por ejemplo, para migrar, suben de peso rápidamente con el fin de almacenar energía en forma de grasa corporal. Algunas especies, como la fragata pelágica (*Fregata minor*), duermen en el aire apagando la mitad de su cerebro mientras que la otra mitad se ocupa para navegar. A continuación te presentamos algunos datos interesantes sobre la migración de aves.

Da click sobre el texto resaltado para conocer más

### 1. ¿Por qué migran las aves?

- a) Por ocio      b) Por las vacaciones      c) Para buscar recursos



Figura 1. Imagen de aves levantando vuelo desde un arbusto durante su migración. Fotografía: usuario de Twitter Adri Clements [@adriclements](#).

## Respuesta 1

c) Para buscar recursos. La mayoría de las especies migratorias latitudinales (aquellas que migran entre el norte y el sur) se reproducen en los bosques templados del norte del planeta. Durante el verano boreal, este tipo de vegetación está llena de vida: es verde, frondosa, y los insectos abundan. En esas condiciones las aves tienen los recursos necesarios para alimentarse tanto a sí mismas como a sus crías. Sin embargo, el invierno es radicalmente diferente: la temperatura alcanza dígitos negativos (bajo cero), la vegetación pierde sus hojas y los insectos no los encuentras por ningún lugar. Por ello, las aves migratorias inician su viaje hacia el sur durante el otoño, justo cuando los árboles empiezan a perder sus hojas, buscando zonas con temperaturas más cálidas y con los recursos necesarios para subsistir. Los cambios estacionales en la vegetación son graduales y están relacionados con la latitud. Durante el invierno boreal, la cobertura de la vegetación (su verdor) se “retrae” hacia el sur, expandiéndose nuevamente hacia el norte en la primavera. Esta fluctuación asemeja al vaivén de una ola y por ello se dice que algunas aves migratorias surfean la ola verde, siguiendo los recursos asociados con la vegetación.

## 2. ¿Por dónde migran las aves?

a) Por todos lados

b) Sobre tierra

c) Sobre el mar

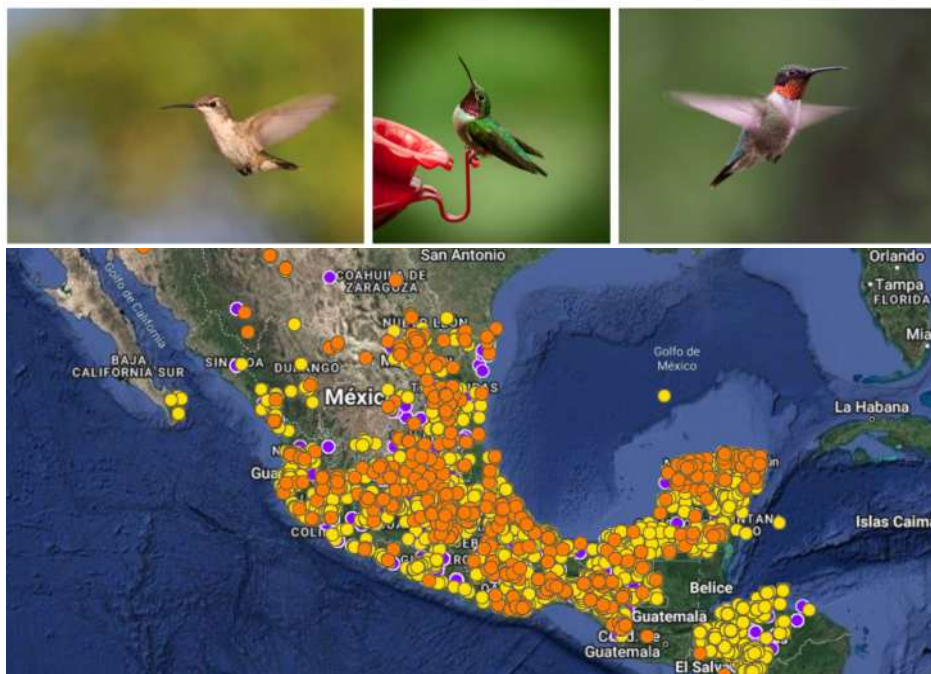


Figura 2. Avistamientos del colibrí garganta rubí (*Archilochus colubri*) en México y algunos países de Centroamérica registrados en Enciclovida.mx. Si quieres ver un video mostrando la distribución y abundancia de la especie durante cada semana del año, da click [aquí](#). Fotografías: Enciclovida.

## Respuesta 2

a) ¡Por todos lados! La cantidad y diversidad de especies de aves migratorias es tan grande que incluye especies de hábitos tanto terrestres, acuáticos de agua dulce, y marinos. En el continente americano, muchas aves migratorias se topan con el Golfo de México, el cual separa la costa sur de EEUU de la costa norte de Yucatán por aproximadamente 600 kilómetros. El **colibrí garganta rubí** (*Archilochus colubris*), que tan sólo pesa entre 2 y 6 gramos y que es estrictamente terrestre pues depende de néctar de flores para alimentarse, puede migrar desde el sur de Canadá hasta Centro América. Por mucho tiempo se creyó que atravesaba el Golfo, pero **evidencia reciente** sugiere que lo rodea, con avistamientos en el centro y norte de México. Sin embargo, otras aves pequeñas como los **chipes** y **vireos** sí atraviesan el Golfo, necesitando entre **15 y 35 horas para lograrlo**. Por otro lado, algunos **charranes árticos** (*Sterna paradisaea*) que se reproducen en Groenlandia y en Islandia, pasan el invierno boreal en la Antártida cuando ahí es el verano austral. Estos charranes viajan prácticamente de polo a polo **volando exclusivamente sobre el océano Pacífico** y deteniéndose de vez en cuando en algunas islas para descansar.

### 3. ¿Cuándo migran las aves?

a) De día

b) De noche

c) A todas horas



Figura 3. Aves volando con la luna de fondo. Algunas especies migran durante la noche.  
Fotografía: Aaron Marker, CC BY-NC-SA 2.0.

### Respuesta 3

c) A todas horas. Diversas especies de aves viajan a distintas horas del día. Las aves planeadoras (aquellas que vuelan con las alas extendidas aparentemente inmóviles en lugar de estar aleteando constantemente, como las **aves rapaces**, los **pelícanos** y las **cigüeñas**), migran exclusivamente de día. Esto es para poder aprovechar tanto las **corrientes termales de aire** (columnas de aire caliente ascendente que se forman debido a que la radiación solar calienta la superficie de la tierra) como aquellas corrientes que se forman en la cima de cerros o sierras, y que son producto de la **interacción entre el viento y la topografía**. Por otro lado, las aves canoras como los **chipes**, las **calandrias** y los **zorzaes** son principalmente migratorias nocturnas, pues no dependen de corrientes de aire y su estilo de vuelo es de aleteo constante. Sin embargo, especies de hábitos migratorios comúnmente diurnos **pueden continuar volando durante la noche** hasta lograr atravesar el Golfo de México. De manera similar, dado que algunas especies migratorias nocturnas requieren **en promedio 22 horas para cruzar el Golfo**, es inevitable que parte de su migración ocurra durante el día.

## 4. Durante la migración... ¿dónde pasan las aves la mayor parte del tiempo?

a) En el subsuelo

b) En la superficie

c) En el aire



Figura 4. Chinito (*Bombycilla cedrorum*), especie migratoria que pasa el invierno en México y Centroamérica, alimentándose de frutos. Fotografía: C Watts, CC BY 2.0.

## Respuesta 4

b) En la superficie. A diferencia del vencejo alpino (*Apus melba*) que puede pasar la mitad del año sin bajar al suelo. La mayoría de las aves migratorias terrestres pasan más tiempo entre la vegetación que en el aire. Esto es debido a que volar es una actividad que demanda un gran consumo de energía y las aves necesitan descansar y comer. Si bien cada vez hay más evidencia de que incluso aves pequeñas (y no tan aerodinámicas como los vencejos) son capaces de recorrer grandes distancias en un sólo vuelo, también es verdad que esa distancia depende de la cantidad de energía que almacenan en su cuerpo - de la misma manera en que el kilometraje que puede recorrer un automóvil depende de la cantidad de gasolina en el tanque. Por este motivo es importantísimo proteger la vegetación, aún los fragmentos pequeños, pues las aves dependen de ella durante migración. Mientras más vegetación haya, más oportunidades tendrán para encontrar dónde descansar, y más comida estará disponible para ellas en forma de los insectos que habitan en las plantas.

## 5. ¿Toda migración es exitosa?

- a) Sí                      b) No                      c) ¿Qué es el éxito, si no un concepto social?



Figura 5. Gato doméstico con ave silvestre en la boca. Los gatos son la principal causa de mortalidad de aves silvestres en Norteamérica. Fotografía: Ivan Radic; CC BY 2.0.

## Respuesta 5

Filosofía aparte.... b) No. Tal vez la definición más sencilla de "éxito migratorio" sea el hecho de sobrevivir al viaje. En sus migraciones, las aves enfrentan diversos desafíos de origen humano y natural. Por ejemplo, un mascarita común (*Geothlypis trichas*) que viva en el sureste de Canadá y pase el invierno en Yucatán, debe atravesar el Este de los EEUU, una de las regiones más urbanizadas del mundo. Al pasar cerca de un aeropuerto, puede ser impactado por un avión. Además, en su camino puede chocar contra los cables de una torre de comunicaciones o unas líneas de transmisión eléctrica, contra un aerogenerador, un edificio, o un auto. También es posible que cuando las aves bajan a descansar sean atrapadas por un gato. Tan solo en EEUU, se estima que más de tres mil millones de aves mueren cada año por estos factores humanos. Las mascaritas que llegan a la costa del Golfo de México todavía tienen que *atravesarlo*, y es posible que en medio del mar terminen siendo alimento de tiburones al caer fatigados o al ser lanzados al agua por los vientos de alguna tormenta o un huracán. Por tanto, sólo una proporción de las aves migratorias culminan sus viajes con éxito.

¡Vamos a  
volaaaaar!



# BIOTRIVIA

## SE PIERDE, SALVA Y SE RENUEVA ¿QUÉ ES?

**Eduardo O. Pineda Arredondo**

Red de Biología y Conservación de Vertebrados, INECOL · eduardo.pineda@inecol.mx

Una gran cantidad de organismos en la naturaleza poseen estructuras alargadas y flexibles en su cuerpo, las cuales les confieren diversas habilidades para desempeñar adecuadamente actividades cotidianas o para sortear eventuales amenazas.

**Las siguientes imágenes buscan incentivar tu imaginación y poner a prueba tus conocimientos sobre el tipo de organismo al que pertenece:**

- 1) una babosa de jardín
- 2) un tentáculo de anémona
- 3) una cola de salamandra
- 4) una lombriz de tierra

Pista 1



Pista 2



Pista 3



**Respuesta**

3) Una cola de salamandra. Las salamandras pertenecen al grupo de los anfibios, junto con las ranas, los sapos y las cecilias, pero a diferencia de las ranas y los sapos, las salamandras mantienen su cola en etapa adulta, la cual participa en la locomoción, sujeción, equilibrio, cortejo, almacenamiento de lípidos y de proteínas, entre otras funciones. Un aspecto que merece destacarse es que muchas especies de salamandras pueden desprender su cola de manera voluntaria, fenómeno conocido como autotomía caudal, y son capaces de regenerarla en su totalidad, poco tiempo después.

El desprendimiento voluntario de la cola es un comportamiento de defensa, lo cual generalmente ocurre cuando la salamandra se ve amenazada por algún depredador. Al encontrarse frente a un depredador, la salamandra desprende la cola, la cual se mueve de manera vigorosa durante un tiempo, y con ello distrae al depredador mientras la salamandra escapa. Después de unos meses, la salamandra puede regenerar la cola en su totalidad y con plena funcionalidad.

La capacidad de las salamandras para regenerar la cola no sólo ha llamado la atención de las biólogas o biólogos de campo, también es motivo de enorme interés en un contexto biomédico, ya que el estudio de las condiciones necesarias y los mecanismos que permiten la regeneración de tejidos o partes del cuerpo, tiene fuertes implicaciones en el tratamiento de personas que han sufrido un accidente o con algún padecimiento específico.

**Acompáñame a la  
siguiente página  
para ver las  
fotografías  
completas**



Las figuras que se muestran a continuación son ejemplares de tres especies de salamandras (Tlaconete verde, Tlaconete de manchas negras y Salamandra de color granito), las cuales tienen la capacidad de desprender y regenerar su cola. Las tres especies habitan en el bosque de niebla en la región montañosa del centro de Veracruz, México.



Salamandra de color granito. Fotografía: José Luis Aguilar López



Tlaconete de manchas negras. Fotografía: José Luis Aguilar López



Ahora ya sabes que dejan su colita para despistar a su depredador.



Tlaconete verde. Fotografía: José Luis Aguilar López.

#### Para saber más:

- A Natural History of Amphibians. Stebbins RE y Cohen N.W. 1995. Princeton University Press.
- ABC Ciencia. [Click aquí.](#)
- NaturaLista. [Click aquí.](#)
- Una nueva especie de salamandra. [Click aquí.](#)

## ¿QUÉ TANTO SABES?

### SOBRE... ¡MIMETISMO EN ARTRÓPODOS!

Frida A. Bello Morales\*, Sergio Ibáñez Bernal, Ma. Teresa Suárez Landa

Red Ambiente y Sustentabilidad, INECOL

fridabellom@gmail.com\*

El mimetismo es la capacidad de un organismo de asemejarse a otro con el que no guarda ninguna relación, lo cual le confiere una ventaja al ser percibido así por otros. El mimetismo ocurre con mayor frecuencia de la que uno podría pensar, y probablemente más de una vez hemos sido engañados.

¡Probemos la calidad de mimetismo de los siguientes artrópodos! ¿sabes diferenciarlos?

#### 1. Este insecto es....

a) Escarabajo

b) Mosca

c) Chinche



Fotografía: Budak, Creative Commons

## 2. Este organismo es una...

a) Araña

b) Hormiga

c) Avispa



Fotografía: Arthur Chapman, Creative Commons

## 3. Este insecto es una....

a) Avispa

b) Abeja

c) Mosca



Fotografía: Brad Smith, Creative Commons

#### 4. ¿Cuál es el abejorro?

a) Izquierda

b) Derecha

c) Ambos son abejorros



Fotografía Izquierda : Katja Schulz, Creative Commons. Derecha: Richard Crook, Creative Commons

#### 5. Una más difícil.... ¿Cuál es la abeja?

a) Izquierda

b) Derecha

c) Ninguna es abeja



Fotografía izquierda: Gail Hampshire Derecha: Judy Gallagher, Creative Commons

## Respuestas:

1

(b) Es una mosca de la familia Celyphidae que se parece a un escarabajo. Puedes diferenciarla rápidamente por la forma de sus antenas y su boca. La estructura modificada que hace que se parezcan a los escarabajos se llama escutelo y es como un "caparazón" de protección. Debajo de él se esconde el abdomen y las alas cuando están en reposo. En los escarabajos esa estructura similar se conoce como élitros, y son un par de alas endurecidas que protegen al segundo par de alas que es membranoso.



2

(a) Se trata de una araña. Aquello que parecen antenas es en realidad su primer par de patas. Estas arañas incluso suelen agitar este par de patas para simular el movimiento de las antenas de las hormigas. Entonces, si contamos las patas delanteras de la araña de la foto, tenemos un total de ocho patas lo que es típico de las arañas. En cambio, las hormigas (y todos los insectos) tienen seis.



Vamos a las demás respuestas en la siguiente página

## Respuestas:

3

(c). Es una mosca de la familia Syrphidae conocidas como moscas de las flores, y al igual que las abejas, es un importante polinizador de una gran variedad de plantas. Las antenas son más cortas en esta mosca que en las abejas, la boca es distinta y solamente tienen dos pares de alas membranosas, mientras que las abejas tienen cuatro. La mayoría de las moscas de las flores imitan a las abejas y las avispa físicamente pero son inofensivas, ya que no tienen aguijón.



4

(a) El abejorro *Bombus* sp. es el del lado izquierdo. En el lado derecho aparece una mosca *Mallophora* sp. de la familia Asilidae que es imitadora de abejas y abejorros. Además de su apariencia semejante, esta mosca es depredadora y se alimenta principalmente de abejas. Probablemente su parecido es para pasar desapercibida entre ellas y poder capturarlas. La diferencia más notable es la longitud y segmentación de las antenas y que la mosca depredadora tiene espinas en las patas y las uñas más largas lo cual le permite sostener con éxito a sus presas.



## Respuestas:

5

(b) En la derecha aparece una abeja del género *Euglossa* y a la izquierda una mosca del género *Ornidia*. Aunque ambas se pueden encontrar sobre flores, las abejas tienen una cintura estrecha, antenas segmentadas y dos pares de alas funcionales. Por su parte, las moscas *Ornidia* tienen los ojos verdes, un par de alas funcionales y tienen la capacidad de mantenerse suspendidas en el aire, como si estuvieran flotando.



¿Ahora puedes  
identificarnos mejor?  
recuerda que no todo  
es lo que parece...



# Un cuento detectivesco: el caso del colector misterioso

Juan D. Vásquez-Restrepo

Posgrado en Ciencias Biológicas, Universidad Nacional Autónoma de México  
juanda037@outlook.com

Estimado lector, a continuación, encontrará usted una historia de la que puedo dar fe que es real. Una historia de cómo una lagartija me embarcó en una aventura sherlockholmiana moderna, razón por la cual decidí escribirla a manera de cuento.

Esta historia tiene como origen Colombia y comienza hacia el año 2017. Para no entrar en detalles demasiado técnicos, **me encontraba estudiando un grupo particular de lagartijas, razón por la cual tuve que visitar diversos museos.** En una de esas visitas, me topé con el animal que sería el objeto de posteriores desvelos. Aquel lagarto espinoso era en algo diferente a los demás, las espinas de su cuello parecían ser más pronunciadas y puntiagudas.



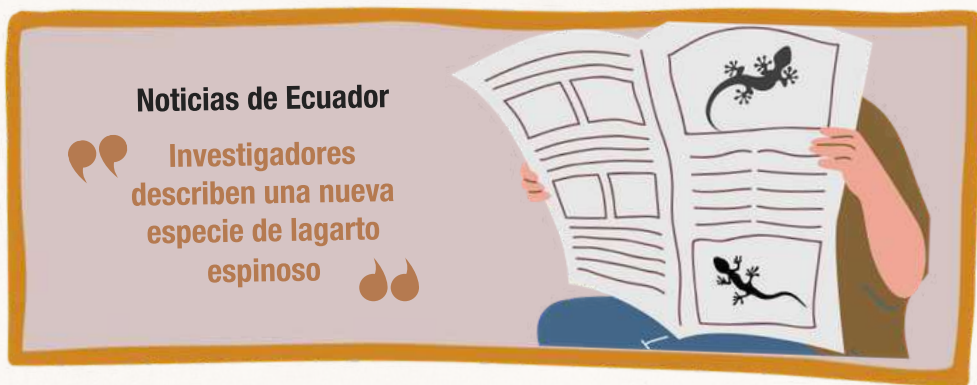
Gymnophthalmidae: *Echinosaura fischerorum*. Fotografía: Juan D. Vásquez-Restrepo

Para mi mala suerte, este individuo nunca había sido formalmente ingresado al museo, y sabrá Dios las razones de tal desgracia. **Lo único con lo que contaba era con una vieja etiqueta escrita a mano en la que se leían dos letras y unos cuantos números, WB 070.** Como era de esperarse, no había rastro alguno de este individuo así que decidí dejar el asunto a un lado.

Un par de años después, recordé que en aquella universidad trabajaba un colega cuyo nombre coincidía perfectamente con las iniciales que ponía la etiqueta. Di por hecho que en sus libretas de campo reposaba la información faltante, pero la esperanza es frágil y la dicha pasajera. Para mi sorpresa, en sus apuntes sí existía un animal con el mismo código, pero no era ni por poco parecido al que flotaba en ese frasco desde hace quién sabe cuánto tiempo. Estaba de nuevo en ceros, pero mi colega me dio una pista. —No recuerdo cómo se llama, pero creo que alguien con las mismas iniciales mías colectó hace años en La Planada, Nambí, y depositó el material aquí.

**En varias oportunidades traté de localizar al misterioso colector, pero estaba buscando a un fantasma, incluso llegué a pensar que realmente lo era, porque tampoco tenía certeza de que siguiera con vida.**

Con el tiempo, la idea de encontrar los datos fue perdiéndose poco a poco, hasta diciembre del 2021, cuando en una tarde de ocio me topé con la descripción de una nueva especie de lagarto para Ecuador. En la imagen con la que se estaba divulgando el nuevo hallazgo había un detalle particular que llamó mi atención, una hermosa ilustración de un lagarto con una particularidad que posiblemente el lector recuerde de párrafos anteriores, aquellas espinas pronunciadas y puntiagudas que sobresalían en el cuello.



Quiero aclarar que, aunque estaba seguro de lo que era, la ciencia requiere más que conjeturas, pero para no alargar demasiado la historia, luego de revisar mis datos y compararlos con la nueva especie, sabía lo que era. En este punto el asunto se volvió personal, pero solo tenía las iniciales de un nombre. Por motivos totalmente diferentes a la continuidad de esta historia, tuve que revisar de nuevo la base de datos de aquel museo que había visitado en 2017. Y allí fue donde se me ocurrió. —¿Qué tal si el misterioso colector recolectó más especímenes y su nombre aparecía en otro registro? Y así fue, solo había dos coincidencias, de las cuales podía descartar a mi colega. **Por primera vez en mucho tiempo tenía una pista sólida.**



Si bien ya tenía un nombre, nadie daba razón, por lo que decidí probar suerte en Google. Si este hombre se había dedicado a la academia, tal vez era posible encontrarlo. Las primeras búsquedas arrojaron millones de resultados pero nada concreto, hasta que recordé la pista sobre el posible sitio de colecta. Al parecer el colector misterioso no se dedicaba al estudio de lagartijas y serpientes ya que, al incluir la localidad aparecieron asociaciones con aves y plantas, aunque tampoco descartaba la posibilidad de que fueran dos personas con el mismo nombre. De allí llegué hasta el *Libro rojo de aves de Colombia*, donde encontré una relación directa entre el nombre y una publicación que, desafortunadamente, no tenía información de contacto.

**Parecía que cada vez que daba un paso retrocedía dos**, aunque logré encontrar su perfil en Google Scholar, no había más datos que su lugar de trabajo actual. Por suerte y de manera inesperada, di con una dirección institucional tras husmear en una publicación donde tenía coautoría. Lo único que me preocupaba era que a menudo los investigadores no revisan estos correos con frecuencia. Aun así, resumí tanto como me fue posible mi historia y envié uno de los correos más extraños que he escrito. Fue como escribir un mensaje en una botella y lanzarlo al mar.



**Pasaron 10 días en los cuales revisar mi buzón se convirtió en una obsesión**, pero no obtuve nada. Había llegado demasiado lejos y no sabía por dónde continuar. Resignado, volví a Google, donde encontré otro perfil académico. Por un momento pensé que me había desviado porque en el encabezado había un primer nombre que desconocía hasta entonces, hasta que vi algunas publicaciones sobre aves que ya había visto antes en otro sitio.

Aunque difícil de rastrear, no se imaginan la cantidad de información que dejamos en redes. **Había demasiadas coincidencias, el camino de migajas que había seguido me condujo hasta una dirección de correo personal.** Tres días después, el 7 de febrero del 2022, recibí respuesta. La idea de que no fuese la persona que buscaba me generaba un terror que el lector no dimensiona. ¿Qué diría el señor Holmes si este Watson moderno fallaba ante un caso que no supondría mayor reto hasta para el mismísimo inspector Lestrade? Aun así, lo abrí, y tras leer la línea protocolaria del saludo mi corazón se detuvo, era él.

### Dato curioso:

En las novelas de Sherlock Holmes, el inspector Lestrade era la cabeza al mando de la policía de Scotland Yard, de quien Sherlock tenía una impresión bastante mediocre para ser alguien que se denominaba detective.



Gymnophthalmidae: *Echinosauro fischerorum*. Fotografía: Juan D. Vásquez-Restrepo

Al final de esta aventura no solo había descubierto la identidad del misterioso colector, también había logrado confirmar la procedencia del registro.

**Este espécimen fue colectado por el Dr. José William Beltrán Salazar, a finales de los 80 o principios de los 90 en La Planada, Reserva Natural Río Ñambí, municipio de Barbacoas, Nariño, Colombia.** Era un registro que cualquiera hubiera dado por perdido, un único ejemplar, sin localidad de colecta, sin fecha, de un colector casi anónimo, solo una etiqueta vieja con dos letras. Tal vez este nuevo registro no suponga gran avance para la ciencia, pero a veces me pregunto...

**¿Qué sería de nosotros sin eso a lo que llamamos curiosidad?**



#### **Para saber más:**

Yáñez-Muñoz, M., Torres-Carvajal, O., Reyes-Puig, J.P., Urgiles-Merchán, M.A. & Koch, C. 2021. A New and very Spiny Lizard (Gymnophthalmidae: *Echinosaura*) from the Andes in northwestern Ecuador. *PeerJ*. 9: e12523. [Click aquí.](#)

# Observar para pintar

**Patricia Moreno-Casasola**

Red de Ecología Funcional, INECOL patricia.moreno@inecol.mx

**Para los biólogos, las plantas, los animales y los paisajes son una fuente natural de inspiración.** Constituyen una atracción como tema de trabajo. Gran parte de nuestra vida nos rodean y tenemos la oportunidad de ver lugares increíbles, formas asombrosas, colores que pensábamos que no podían estar juntos, además del reto de tratar de entender cómo funcionan. Nada más natural que al empezar a pintar, yo haya buscado esos temas ya tan familiares. **El observar para investigar es muy similar al observar para pintar.** Observas formas, estructuras, cómo se relacionan, y luego lo interpretas. Pero esa naturaleza, ni en la ciencia ni en el arte, están disociados del ser humano y de sus creaciones. El observar va desarrollando una sensibilidad, una apreciación de las maravillas del mundo, una necesidad de expresión en todos nosotros.









# ANÉCDOTAS DE BATAS Y BOTAS

Fotografía: Andrei Tanase, Pexels





# El misterio de las bellotas

**Victor Vásquez-Reyes\* y Angy García**

Red de Ecología Funcional, INECOL. \*victor.vasquez@inecol.mx

Como técnico del INECOL apoyo a investigadores o sus estudiantes en los trabajos de campo y he tenido la fortuna de que mis funciones no solo han consistido en la toma de datos, medición de parámetros ambientales o montaje de experimentos. También he podido aportar mi "granito de arena" mediante sugerencias en la logística del trabajo o incluso sugerir posibles explicaciones sobre los resultados encontrados. Sin embargo, a veces la realidad en el terreno puede superar la lógica.

## Esto ocurrió durante mi apoyo en trabajos de campo en Las Cañadas en Huatusco,

Ver., con la estudiante de doctorado, María de los Ángeles García (Angy) de la Red de Ecología Funcional. En esta ocasión montamos un experimento de remoción de semillas del encino *Quercus insignis* en áreas de bosque maduro y zonas con restauración activa y pasiva. El experimento inició a finales del otoño del año 2021, un año con baja producción de bellotas, y consistió en colocar las semillas en estaciones de monitoreo para observar la velocidad de remoción por ratones o ardillas y su registro mediante cámaras-trampa. En los resultados se encontró que en general en el bosque maduro se tuvo una remoción de semillas mucho más rápida respecto a los sitios en restauración, con excepción de una parcela que se mantuvo intacta unas 4 semanas y de la que hablaremos más adelante.

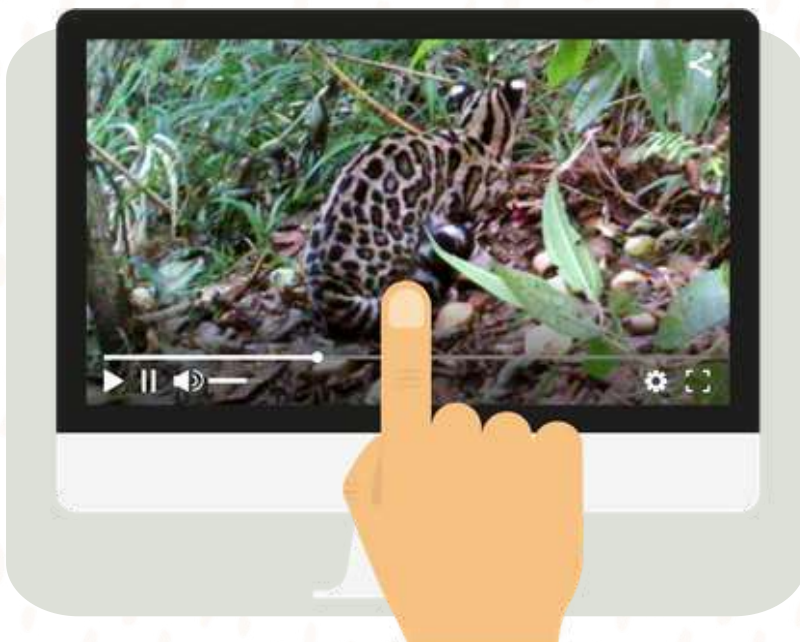


Así platicando con Angy sobre las posibles explicaciones a los resultados en el bosque se pensó pudieran ser producto de una alta demanda de alimento por roedores, mientras que en las áreas de restauración el más lento consumo posiblemente se debió a una mayor oferta de alimentos así como la larga distancia a las estaciones de forrajeo y zonas de bosque.

### **Pero ¿qué estaba ocurriendo en la estación donde no se comían las bellotas?**

Entre las posibles explicaciones que se manejaron pensamos que quizá la estación estaba fuera de la ruta de forrajeo de roedores, o quizá era porque la parcela estaba en un área muy expuesta, o tal vez se debía a la cercanía a un helecho que pudiera resultarles tóxico.

Sin embargo, en la 5ª semana del experimento todas las bellotas desaparecieron de la parcela donde habían permanecido intactas, y la respuesta se nos develó al revisar la cámara trampa colocada en la parcela.



### **!!!Era un tigrillo que se sentaba sobre las bellotas!!!**

Esa era la razón por la que ningún otro animal se llevara las bellotas, no querían convertirse en alimento del tigrillo!

**Moraleja: La respuesta a un misterio pueden ser de lo más insospechado.**

# ECONOTICIAS

Fotografía: MartyNZ, Pixabay





# GRADUADOS EN EL INECOL

Del 22 de marzo - 21 de junio 2022



## **Carpinteiro Díaz Angel de Jesús**

### **Maestría en Ciencias**

Tesis: Consumo y preferencia de frutos de níspero (*Eriobotrya japonica*, Rosaceae) por aves del bosque de niebla: Implicaciones para la regeneración de especies nativas

Directores: Dra. Fabiola López Barrera y Dr. Claudio Mota Vargas



## **Miguel Peñaloza Ara Nadxielli**

### **Maestría en Ciencias**

Tesis: Efecto de la fragmentación y disturbio del hábitat sobre la estructura genética espacial a escala fina en poblaciones de plantas

Directoras: Dra. Yessica Rico Mancebo del Castillo y Dra. Jessica Pérez Alquicira



## **Solis García Itzel Anayansi**

### **Maestría en Ciencias**

Tesis: Cambios en la microbiota activa de la rizósfera del aguacate ocasionados por la marchitez por *Fusarium*

Directores: Dra. Frédérique Reverchon y Dr. Alfonso Méndez Bravo



**Bowen Hannah James****Maestría en Ciencias**

Tesis: Sap transfer between *Avicennia germinans* trees via grafted roots: a sap flow case study

Directores: Dr. Jorge Alejandro López-Portillo Guzmán y Dra. Alejandra Guadalupe Vovides Tejeda

**Pimentel Reyes José Carlos****Maestría en Ciencias**

Tesis: Diversidad funcional de escarabajos coprófagos en una montaña de la Zona de Transición Mexicana

Directores: Dra. Isabelle Barois Boullard y Dr. Federico Escobar Sarria

**Maximiliano Cordova Carmelo****Doctorado en Ciencias**

Tesis: Respuesta biogeomorfológica del sistema playa-duna frente a la erosión que induce el oleaje de tormenta

Directores: Dra. María Luisa Martínez Vázquez y Dr. Rodolfo Silva Casarín

**Cervantes Pasqualli Juan Alberto****Doctorado en Ciencias**

Tesis: Efecto de la deforestación en la fenología reproductiva y producción de siconos de dos especies de *Ficus* en el paisaje fragmentado de Los Tuxtlas, Ver.

Director: Dr. Francisco Javier Laborde Dovalí



*¡Muchas felicidades!*

Curso en línea

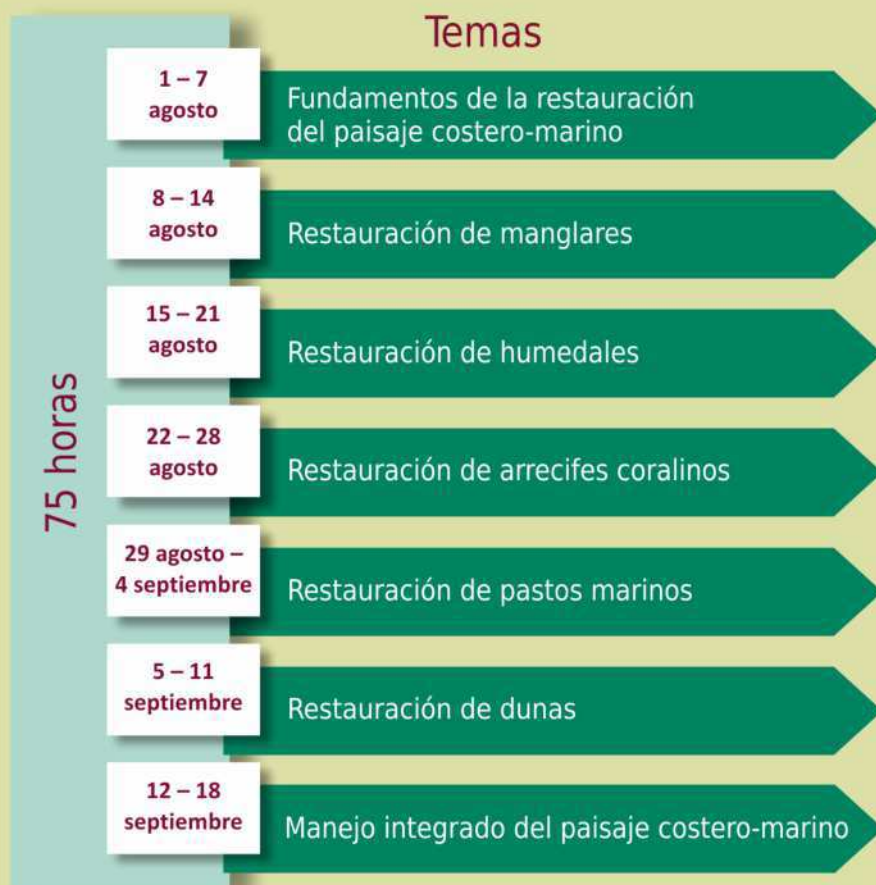
# Restauración del paisaje costero-marino como estrategia de mitigación y adaptación al cambio climático

Huitrón-Baca 2020

# CUPO LLENO

Espera nuestra próxima edición 2023

Dirigido a egresados del área de las ciencias ambientales y afines (biólogos, ingenieros ambientales, forestales, químicos, oceanógrafos, geógrafos, entre otros), investigadores, docentes, profesionales, estudiantes de posgrado, representantes del sector público y privado, con interés o trabajo orientado a la restauración ecológica del paisaje costero-marino. Se requiere suficiencia para la comprensión de textos y audios en inglés.



# Eco-Lógico

## LAS CIFRAS DE LA REVISTA SON:

**160**

Artículos  
elaborados

**302**

Autores  
(INECOL y externos)

**28,315**

Personas  
alcanzadas

**9**

Números  
publicados

**29**

Redes académicas e  
instituciones externas  
(11 INECOL, 18 externas)

**43**

Países donde se  
consulta la revista

Te invitamos a participar en las diferentes secciones de la revista.  
Puedes encontrar la guía de autores **AQUÍ.**

Autores externos al INECOL, favor de contactar al Comité Editorial en:  
**eco-logico\_MS@inecol.mx.**

## Países en donde nos leen:



México, Colombia, Perú, Ecuador, Argentina, España, USA, Costa Rica, Chile, Guatemala, Venezuela, Cuba, Panamá, Uruguay, Bolivia, Honduras, El Salvador, Brasil, Francia, Nicaragua, República Dominicana, Canadá, Puerto Rico, Alemania, Paraguay, Australia, Finlandia, Sudáfrica, Italia, Suiza, Emiratos Árabes, India, Países Bajos, Bélgica, Estonia, Israel, Luxemburgo, Mozambique, Polonia, Portugal, Singapur, Türkiye (antes Turquía).

## ¡Gracias por compartirla!



**FORMA PARTE DE**  
**Eco-Lógico**

Fotografía: Julie Aagaard, Pexels

**Eco-Lógico**, año 3, volumen 3, No. 2, abril - junio (verano) 2022, es una publicación trimestral editada por el Instituto de Ecología, A.C., carretera antigua a Coatepec No. 351, Xalapa, Veracruz, C.P. 91073, Tel. (228) 842-1800, <https://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/ct-menu-item-25/ecologico>. Editor responsable: Ma. Luisa Martínez Vázquez. Reservas de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2021-090106574400-203, ISSN 2954-3355, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este Número: Debora Lithgow Serrano, carretera antigua a Coatepec No. 351, Xalapa, Veracruz, C.P. 91073, fecha de última modificación, 21 de junio de 2022.

**AÑO 3 • VOLUMEN 3 • NÚMERO 2 • ABRIL - JUNIO (VERANO) • 2022**