



# Eco-Lógico

Hecho en  
**INECOL**

Aves, libélulas  
y encinos

*In memoriam*  
**Dr. Halffter**  
(1932 - 2022)



**CIENCIA HOY**

Primavera de playa y  
¿qué le pasa a los garambullos?

**TRIVIAS Y ARTE**

¿Existen los unicornios?

SECCIÓN ESPECIAL:

**AMBROSIALES**

¡Los aguacates en riesgo!

**JÓVENES CIENTÍFICOS**

Manglares, dunas, enfermedades y truchas

Año 3  
Vol. 3 No. 1  
Enero - marzo  
Primavera 2022

# Eco-Lógico

Año 3 / volumen 3/ número 1/ enero - marzo  
(primavera) 2022  
Instituto de Ecología, A.C.

Dr. Miguel Rubio Godoy (Director General), Dr. Víctor Bandala Muñoz (Secretario Académico), Dr. Mario Favila (Secretario de Posgrado), M.C. Alberto Rísquez Valdepeña (Secretario Técnico), 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.

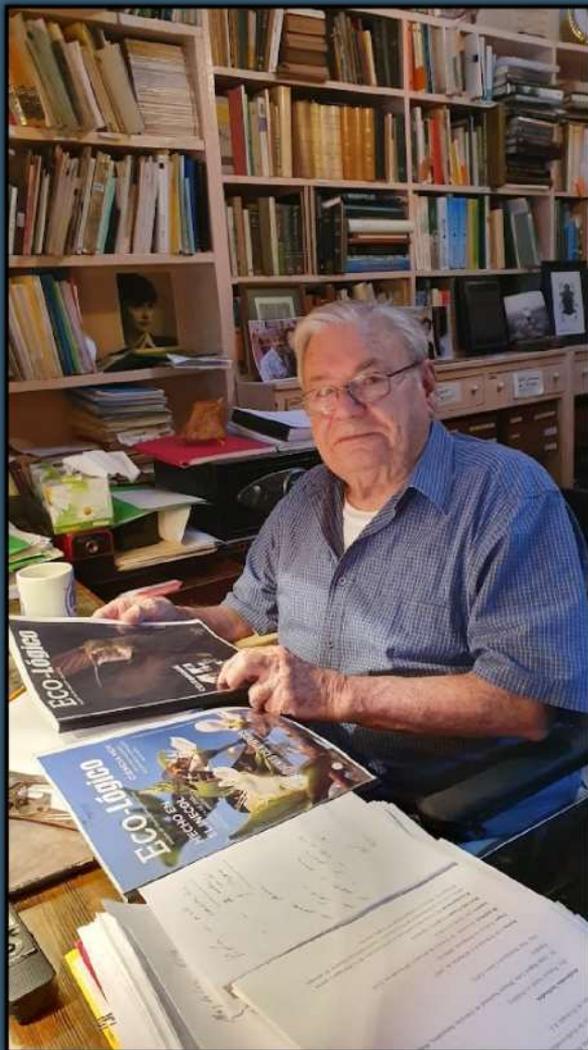
**Eco-Lógico**, año 3, volumen 3, No. 1, enero-marzo (primavera) 2022, es una publicación trimestral editada por el Instituto de Ecología, A.C., carretera antigua a Coatepec No. 351, Xalapa, Veracruz, C.P. 91073, Tel. (228) 842-800, <https://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/ct-menu-item-25/eco-logico>. Editor responsable: Ma. Luisa Martínez Vázquez. Reservas de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2022-020911191800-102, ISSN electrónico en trámite, 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, 23 de marzo 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: 1) Flores, Fotografía: Flo Dnd, Pexels. 2) Escarabajo *Phanaeus endymion* Harold, 1863 Fotografía: José Luis Sánchez Huerta.  
3) Dr. Halffter, Fotografía: Imelda Martínez

Dr. Gonzalo Halffter Salas  
1932 - 2022



El Dr. Halffter recibiendo su número  
trimestral de Eco-Lógico.  
Fotografía M. Luisa Martínez

# 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.

Iniciamos el tercer año de **Eco-Lógico**. El esfuerzo de la comunidad del Instituto ha sido enorme, y los logros altamente satisfactorios. En un total de siete números, ya se han publicado 137 trabajos, en las diferentes modalidades que incluye la revista (Hecho en el INECOL, Ciencia Hoy, Jóvenes Científicos, Biotrivial, Qué tanto sabes, Arte y Anécdotas de Batas y Botas). Los autores pertenecen al INECOL en su mayoría, pero también contamos con la participación de otras instituciones tanto de México como del extranjero.

Los logros demuestran el gran compromiso de Eco-lógico para 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 en otras instituciones afines.

Este número lo dedicamos al fundador del INECOL, el Dr. Gonzalo Halffter Salas; investigador inagotable con una claridad de ideas inspiradora. Gracias a su compromiso y entrega de toda una vida de trabajo dedicada al INECOL y al esfuerzo de toda la comunidad igual de entusiasta, hemos logrado ser la institución cada vez de mayor excelencia que somos. Su reciente fallecimiento, el pasado 11 de marzo, nos embarga de tristeza, pero también nos inspira a mantener la mirada en alto para continuar con su valioso legado.

El Dr. Halffter era una persona entusiasta que apoyaba muchas ideas e iniciativas. Una de éstas, fue la revista **Eco-Lógico**. Aunque es una revista de formato digital, de cada número imprimíamos un ejemplar y se lo llevábamos a su casa, donde continuaba trabajando inagotablemente a pesar de ya estar jubilado. Escribió varios artículos para **Eco-Lógico** y se mostraba entusiasmado con su contenido, el cuál leía de principio a fin. Dicho por sus propias palabras, sobre todo haciendo referencia al artículo "Al maestro con cariño", dedicado a él por Mario Favila ( **Eco-Lógico** Vol. 2 No. 1 Primavera 2021):

*Excelente su número de Eco-lógico. El artículo de Mario Enrique Favila es realmente magnífico: bien escrito, inteligente y emotivo. Me ha gustado muchísimo.  
Muchas gracias por su gentileza al incluirme en la revista.*

Al entregarle su versión impresa de la revista, después de mantener amenas charlas con él, invariablemente nos decía: "Gracias por pensar en mí, por acordarse de mí". Así era él, grande entre los grandes, de corazón sencillo y amable.

Este número con contenido diverso como siempre, incluye temas como manglares, encinos, truchas, enfermedades, costas, insectos que causan enfermedades, libélulas, aves, satélites y plantas invasoras. lo dedicamos con enorme cariño y respeto a nuestro fundador, nuestro maestro, quien será siempre fuente de inspiración.

## El Comité Editorial

NAVEGADOR SUGERIDO: CHROME

DA CLICK SOBRE EL ARTÍCULO QUE QUIERAS VISITAR

- P. 6 **IN MEMORIAM: DR. GONZALO HALFFTER SALAS**  
Sergio Guevara

**HECHO EN EL INECOL**

- P. 14 **LA VIDA EN DOS MUNDOS CONTRASTANTES :  
ASÍ SON LAS LIBÉLULAS**  
Rodolfo Novelo Gutiérrez
- P. 20 **CONSERVACIÓN DE ENCINOS AMENAZADOS  
DEL BOSQUE DE NIEBLA**  
Luis M. Tarín Toledo Aceves, Fabiola López Barrera  
y colaboradoras.
- P. 26 **AVES VERACURZANAS**  
Fernando González-García

**SECCIÓN ESPECIAL: Ambrosiales**

- P. 32 **¡MEJOR EN EQUIPO! MULTIDISCIPLINA EXTREMA  
PARA PROTEGER NUESTROS BOSQUES  
AMENAZADOS**  
Diana Sánchez Rangel y Emanuel Villafán de la  
Torre Martín Aluja
- P. 42 **TAMAÑO PEQUEÑO, AMENAZA GRANDE!,  
PREVENCIÓN DE LOS COMPLEJOS AMBROSIALES  
DESDE DIFERENTES ÁREAS**  
Larissa Guillén, Luis A. Ibarra-Juárez, Andrés Lira-  
Noriega y Randy Ortiz-Castro
- P. 50 **UN SISTEMA DE DIAGNÓSTICO PARA LA IDENTIFICACIÓN  
DE HONGOS AMBROSIALES**  
Enrique Ibarra Laclette, Claudia Anahí Pérez Torres y colaboradores
- P. 58 **ECO-ESTRATEGIAS PARA COMBATIR LA PLAGA DE  
LOS COMPLEJOS AMBROSIALES EXÓTICOS**  
Frédérique Reverchon, José A. Guerrero-Analco y colaboradores
- P. 66 **EN BUSCA DE ALTERNATIVAS BIOTECNOLÓGICAS  
PARA LA PROPAGACIÓN DEL AGUACATE**  
José Luis Lorenzo-Manzanarez Carol Alexis Olivares-  
García y colaboradores

**CIENCIA HOY**

- P. 76 **DEJARSE LLEVAR POR TODOS, UNA BUENA FORMA  
DE SER INVASORA**  
Juan B. Gallego Fernández
- P. 82 **EL GARAMBULLO: ACTOR Y ESCENARIO DE UNA  
TRAMA COMPLEJA DE INTERACCIONES**  
Alicia Callejas Chavero, Carlos Fabián Vargas  
Mendoza y Arturo Flores Martínez

CONTENIDO

DA CLICK SOBRE EL ARTÍCULO QUE QUIERAS VISITAR

### JÓVENES CIENTÍFICOS

- PECES Y CANGREJOS, INDICADORES DE LA RESTAURACIÓN EN EL MANGLAR P. 92  
Karla María Carrera-Barojas y Ana Laura Lara-Domínguez\*
- LA ESTRECHA RELACIÓN ENTRE PLANTAS Y DUNAS AMORTIGUA EL IMPACTO DE LAS TORMENTAS P. 100  
Carmelo Maximiliano Cordova y M. Luisa Martínez
- ENFOQUES CONTEMPORÁNEOS EN EL ESTUDIO DE ENFERMEDADES INFECCIOSAS P. 108  
Brenda Solórzano-García\* Gerardo Pérez Ponce De León
- EL ADN MITOCONDRIAL Y LAS TRUCHAS ENDÉMICAS DE MÉXICO P. 116  
Angélica Colín y Francisco Javier García-De León

### TRIVIAS Y ARTE

- NO SOLO ALGUNOS SERES MITOLÓGICOS TIENEN CUERNOS P. 126  
Fernando González-García
- ¿DE DÓNDE VIENEN LAS IMÁGENES SATELITALES? P. 130  
Juan José Von Thaden Ugalde y Ricardo Clark Tapia
- COLORIDOS CONTRASTES P. 136  
Magda Arcos
- PASTOEMA P. 138  
Beatriz Araceli Velázquez Sierra
- TÉCNICA DE GRABADO P. 142  
Rubén Montiel Bal

### DE BATAS Y BOTAS

- INCUBADORA DE HONGOS A 120 °C P. 146  
Abraham Vidal Limón
- SORPRESA ENTRE LAS HOJAS P. 148  
Gonzalo Castillo Campos

### ECONOTICIAS

- #ORGULLO INECOL P. 151  
Investigadores Nacionales Eméritos
- GRADUADOS P. 152  
Periodo enero - marzo 2022

# CONTENIDO

*"La ciencia genera conocimiento;  
la sociedad, el cambio"*

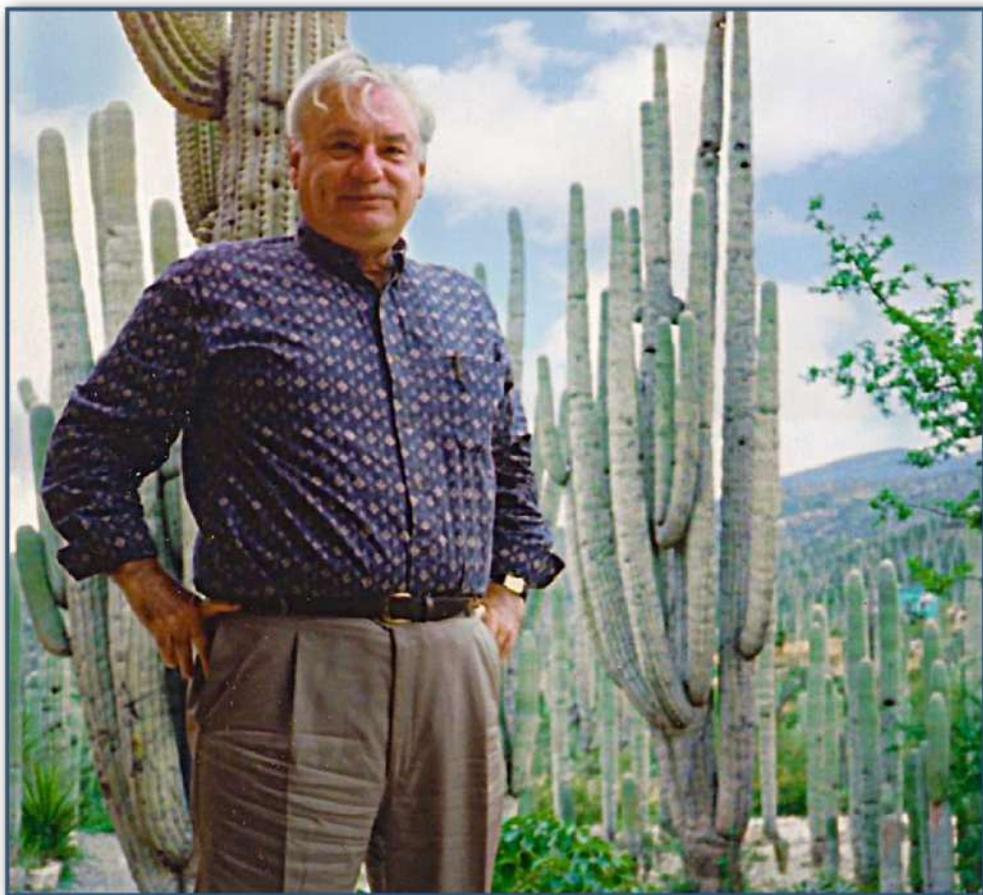
*In Memoriam*

*Gonzalo Halffter Salas*

(1932 – 2022)

**Sergio Guevara**

Red de Ecología Funcional, INECOL  
sergio.guevara@inecol.mx



Dr. Halffter en Tehuacán, Puebla. Fotografía de su colección personal

Gonzalo Halffter fue un científico mexicano, pensador y humanista; un hombre de ciencia excepcional, fiel a sus principios, a sus ideas, a su familia, a las instituciones, a su país y a su historia. En su formación académica, en su vida y su pensamiento se fusionaron los idearios de dos de los proyectos sociales más ambiciosos del siglo XX: el de la República Española y el de la Revolución Mexicana, dando como resultado sus grandes valores éticos, alta calidad científica y su amplia visión de la historia ambiental y cultural de Iberoamérica.

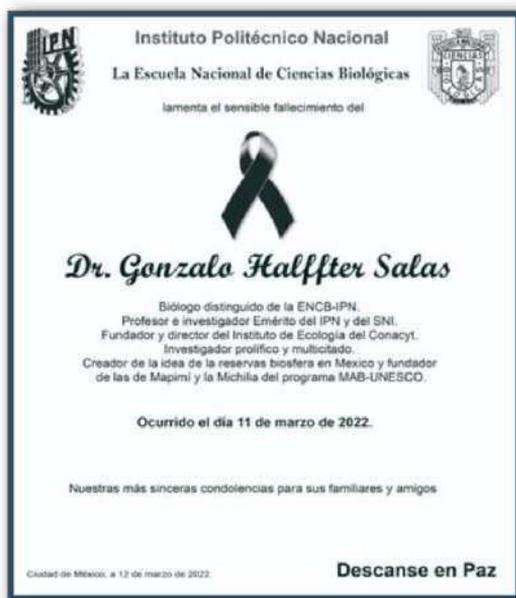
Hizo una síntesis original y eficaz de la ecología, taxonomía y biogeografía, contribuyendo de manera significativa a nuestra comprensión de la distribución de la diversidad biológica en América y sus causas. Su entusiasmo por el trabajo y el descubrimiento científico, afinó nuestra visión del país. Su obra tuvo profundidad conceptual, rigor intelectual, originalidad y coherencia, todo ello manifestado en sus numerosas contribuciones.

Su manera de vivir y de compartir nos mostró que cada día se descubren cosas, que el cariño y el respeto mutuo renuevan cotidianamente la relación entre todos, y nos reveló con entusiasmo y alegría, las pequeñas y las grandes cosas.



Dr. Halffter en Chapultepec. Fotografía: Alberto González-Romero

Su pasión e imaginación abrió un gran horizonte de México, basado en preguntas y perspectivas innovadoras. Descubrimos que los problemas cedían ante los embates del entusiasmo y del trabajo colectivo; nos mostró con su firmeza, seguridad y tenacidad que era posible hacer que el Instituto de Ecología A.C. renaciera con una fuerza y una vitalidad que resultó insospechada, para todos. Gracias a Gonzalo, nos hicimos de la confianza para emprenderlo todo, y así logramos que lo mejor fuera realidad.



Esquela del Instituto Politécnico Nacional

A pesar de que el proyecto de Instituto que nos propusimos superaba con mucho nuestras posibilidades, el esfuerzo de cada día nos hacía sonreír, y aún reír. En ese tiempo arduo y creativo, nos acercamos muchísimo como comunidad; fue entonces cuando hallamos esa gran coincidencia de ideas y de compatibilidad. Eso nos dio la seguridad para continuar la tarea de hacer una vida mejor para México, desde el Instituto, arropados por la generosidad, el apego a la vida compartida cada día y cada minuto con júbilo y con decisión, enfrentando las alegrías y los obstáculos con la misma determinación y seguridad. Gran descubrimiento que atesoramos con gratitud.

Contagió su ansia por disfrutar del tiempo y de todo lo que tenemos por delante, que cada día es mejor, más rico y más prometedor, con la seguridad de hacer más.



Esquela de la Sociedad Mexicana de Entomología

Gonzalo Halffter era un conocedor excepcional de la naturaleza mexicana, lo que le permitió identificar y describir la Zona de Transición Mexicana que marca un hito en nuestra comprensión de las divisiones biogeográficas de América. Ahora forma parte del patrimonio mundial en la ciencia de la biogeografía.

Sus estudios sobre la biodiversidad, llevadas a cabo en México y otros países americanos, son paradigma para la conservación de la biodiversidad. Él fue uno de los fundadores del Programa El Hombre y la Biosfera, MaB de la Unesco. Además, sus ideas sobre el estado de la biodiversidad, sus causas y las amenazas que enfrenta, animaron el diseño conceptual de la Reserva de Biosfera.

Se enriquece este modelo de la Reserva de Biosfera con un concepto fundamental que se ha conocido como la modalidad mexicana y que dio a esta categoría una característica distintiva de espacio natural protegido, como lo revela el amplio reconocimiento que este concepto ha recibido hasta la fecha. La Reserva de Biosfera es un nuevo pacto entre la sociedad y la naturaleza, uno de los mayores logros del programa El Hombre y la Biosfera de la UNESCO. Su contribución se materializó en la propuesta, ejecución y decreto de las primeras reservas de biosfera de México.



Esquela de ProCienciaMX



*In Memoriam, INECOL*

Su labor científica incluyó también un enorme esfuerzo por construir las instituciones y los programas de investigación, tanto a nivel nacional como a nivel internacional e hizo grandes esfuerzos para capacitar jóvenes investigadores. El Dr. Halffter combinó la investigación científica con los esfuerzos para formar a los científicos mexicanos, latinoamericanos y europeos. Muchos de ellos ahora son líderes en instituciones académicas en México, América Latina y otros países.

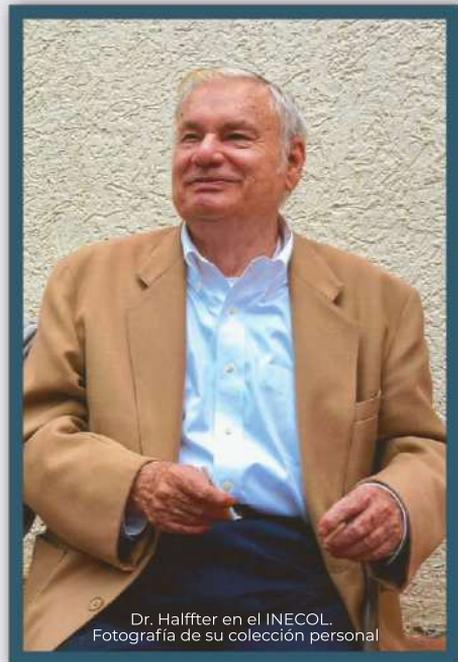
Fundó el Instituto de Ecología A.C., que es actualmente una de las instituciones académicas más grandes e influyentes de América Latina en ecología, sistemática y biotecnología básica y aplicada. Su trabajo como creador de instituciones, programas y grupos de investigación ha contribuido significativamente a poner la ciencia mexicana y latinoamericana en el escenario mundial. Fue un arquitecto de la cultura científica de América Latina.

Su gran productividad y creatividad lo hizo acreedor a numerosos reconocimientos personales internacionales y nacionales al mérito académico y a sus contribuciones científicas que ayudaron a entender la diversidad biológica mexicana y americana.

Ya extrañamos esas entrañables conversaciones y discusiones de las que tanto aprendimos. Dr. Halffter hoy nos toca continuar e impulsar su legado, el sueño de que la naturaleza mexicana norme nuestro futuro.

### Semblanzas del Dr. Gonzalo Halffter Salas, *In Memoriam*:

- INECOL, [click aquí](#)
- UNESCO, [click aquí.](#)
- Pie de Página, [click aquí.](#)
- La Jornada, [click aquí.](#)
- AVC Noticias, [click aquí.](#)
- Al Calor Político, [click aquí.](#)
- Cuadernos de Biodiversidad, [click aquí.](#)



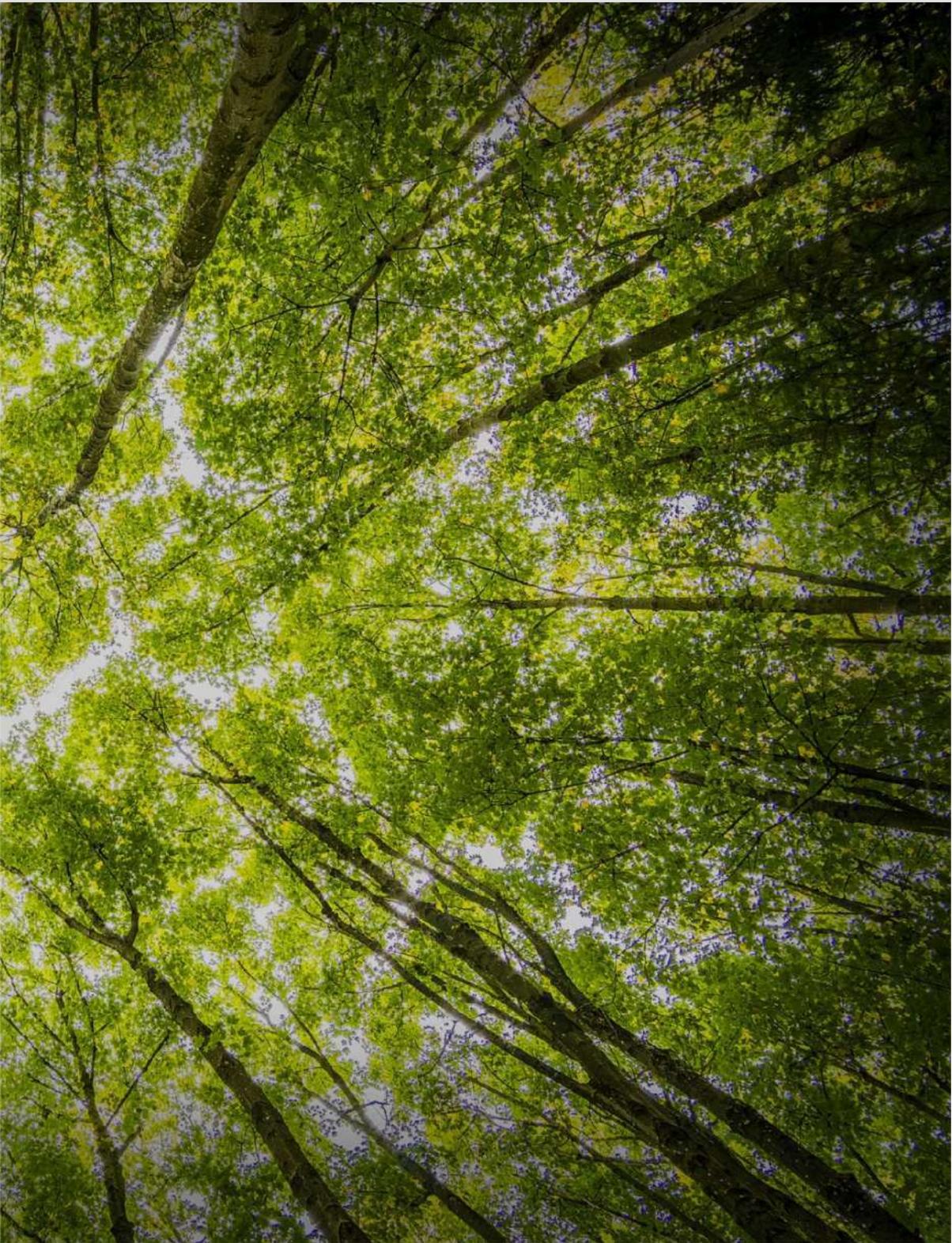
Dr. Halffter en el INECOL.  
Fotografía de su colección personal

**Dr. Halffter, Q.D.E.P.**



# Hecho en el INECOL

Fotografía. Felix Mittermeier, Pexels



# LA VIDA EN DOS MUNDOS CONTRASTANTES: ASÍ SON LAS LIBÉLULAS

**Rodolfo Novelo Gutiérrez**

Red de Biodiversidad, INECOL

[rodolfo.novelo@inecol.mx](mailto:rodolfo.novelo@inecol.mx)



Fotografía: Erik\_Karits, Pixabay

Las libélulas (Figura 1) o “caballitos del diablo” (Figura 2) (orden Odonata), son insectos acuáticos cuyos orígenes se remontan a casi 300 millones de años atrás, cerca del final de la Era Paleozoica. Es decir, las libélulas aparecieron en la Tierra entre 50 y 100 millones de años antes que los dinosaurios. Estos antiguos insectos han sobrevivido a las grandes catástrofes y extinciones masivas que han ocurrido durante la historia geológica de la Tierra. Comparadas con otros grupos de insectos, por ejemplo, escarabajos y mariposas, las libélulas conforman un pequeño grupo de especies (alrededor de 6,345 en todo el mundo) **con algunas particularidades muy notables:** 1) todas las especies son depredadoras, tanto en la fase juvenil (larva) (Figura 3) como en la adulta; 2) las larvas presentan un labio muy desarrollado y extensible para capturar presas, y 3) los machos adultos presentan el aparato copulador en la parte anterior del abdomen (en el resto de los insectos está en la parte posterior). **Las libélulas son anfibióticas, es decir, requieren de dos ambientes diferentes para su ciclo de vida. Así, los huevecillos y las larvas (también llamadas “ninfas” o “náyades”) requieren del medio acuático para desarrollarse, mientras que los adultos son de vida terrestre-aérea.**



Figura 1. Macho de *Orthemis discolor*.  
Fotografía: Rodolfo Novelo G.



Figura 2. Macho y hembra de *Acanthagrion quadratum* en cópula. Fotografía: Rodolfo Novelo G.

Históricamente, la taxonomía de las libélulas se ha basado en los adultos dejando muy atrás el conocimiento de sus estados juveniles o larvas. Por esta razón, en el INECOL establecimos un proyecto de largo plazo encaminado a conocer y describir a las larvas de las libélulas de México y de otras regiones del mundo, para relacionarlas con sus respectivos adultos. Como ocurre con otros organismos, el mayor desconocimiento se ha dado en las áreas tropicales del planeta.



Figura 3. Larva de *Planiplax sanguiniventris*. Fotografía: Rodolfo Novelo G.

Los países del primer mundo tienen perfectamente catalogada su diversidad de libélulas incluyendo la correlación larva-adulto, tanto porque ha habido un mayor desarrollo de la ciencia, como por la menor diversidad que de ellas se presenta en estas zonas templadas. Siendo un grupo de origen tropical, era de esperarse que hubiera una mayor diversidad de libélulas en los trópicos donde se encuentran los países en vías de desarrollo y donde el número de científicos usualmente es menor.

**Para conocer y correlacionar a las larvas de las libélulas con sus respectivos adultos, hemos tenido que colectarlas en diferentes cuerpos de agua,** tanto de aguas corrientes (arroyos, ríos) (Figura 4) como estancadas (estanques, lagunas, lagos) (Figura 5). **Después, transportarlas vivas al laboratorio para criarlas en acuarios y esperar a que emerjan del agua y se transformen en adultos.**

Una vez emergidos los adultos, se identifican para conocer a qué especie pertenecen, y la exuvia (Figura 6) o cubierta de lo que fue la larva se utiliza para su descripción. En ocasiones, se tiene la suerte de observarlas al momento de la emergencia en el campo, lo cual ocurre en altas horas de la noche, en las primeras horas de la mañana o alrededor del mediodía, esto último parece ser lo usual en el género *Argia* (Figura 7).

Las primeras larvas que correlacionamos con sus adultos pertenecen a familias de odonatos neotropicales cuyas especies eran totalmente desconocidas para la ciencia en su estado juvenil, tales como *Cora marina* (Polythoridae), *Perissolestes magdalenae* (Perilestidae), *Palaemnema desiderata* y *P. paulitoyaca* (Platystictidae) y *Heteragrion albifrons*, *H. alienum* y *H. tricellulare* (Heteragrionidae).

Todas estas especies habitan en arroyos dentro de la selva alta perennifolia (excepto *H. tricellulare* que vive en bosques nubosos de montaña). Desde entonces a la fecha, hemos correlacionado y descrito las larvas y los adultos de 105 especies, pertenecientes a 53 géneros y 19 familias de odonatos de México, Cuba, Costa Rica, Panamá, Colombia, Malasia y Tailandia.

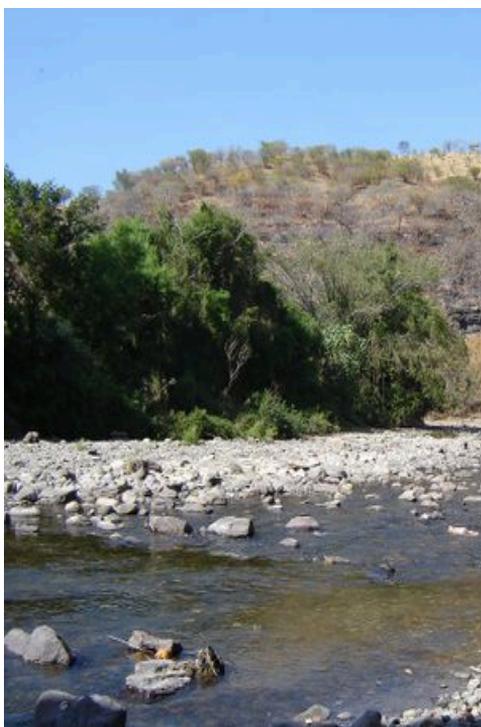


Figura 4. Río Bejucos, Estado de México.  
Fotografía: Rodolfo Novelo G.



Figura 5. Lago Valle de Bravo, Estado de México.  
Fotografía: Rodolfo Novelo G.

Solo para México han sido 80 especies de 38 géneros y 13 familias. Los adultos, las exuvias y las larvas que mueren durante la crianza se preservan en alcohol etílico con todos los datos de colecta e identificación; y constituyen el acervo biológico de referencia que se mantiene en la Colección Entomológica "Dr. Miguel Angel Morón Ríos" (IEXA) del INECOL. Este tipo de acervo de odonatos es único en México y uno de los más importantes a nivel mundial.

**Uno de los mayores retos en este estudio, ha sido aprender a mantener vivas a las larvas,** ya que algunas mueren en el traslado al laboratorio, otras durante su crianza en los acuarios y unas más al momento de la emergencia del adulto. Durante el traslado en zonas cálidas el principal factor de mortalidad es el sobrecalentamiento; en los acuarios las especies de aguas corrientes son las más difíciles de mantener aún con el empleo de bombas de oxigenación; al momento de la emergencia la temperatura del aire parece influir mayormente en el éxito o fracaso para la muda final.

**Muchas especies de libélulas se encuentran actualmente bajo una fuerte presión antrópica que amenaza su sobrevivencia.** La contaminación de los cuerpos de agua, la desecación, el desvío de ríos, la construcción de represas y otras actividades inciden fuertemente en los hábitats donde se desarrollan estos insectos. La gran deforestación que ha venido ocurriendo desde hace varios años en las selvas tropicales del planeta son la principal fuente de extinción de especies de "caballitos del diablo". De manera más reciente, el cambio climático podría afectar más a las especies de libélulas que viven en las montañas tropicales. En varios países del mundo, principalmente de Europa, se han venido creando humedales artificiales para recuperar la odonatofauna perdida por las actividades humanas.

Sin embargo, esto solo incide favorablemente en algunos grupos de libélulas que prefieren las aguas estancadas como las familias Aeshnidae y Libellulidae. **El verdadero reto está en proteger y recuperar los ecosistemas más frágiles como las selvas lluviosas donde se encuentra la mayor diversidad de odonatos.**



Figura 6. Exuvia de la larva de *Cordulegaster diadema*.  
Fotografía: Rodolfo Novelo G.



Figura 7. *Argia lugens* recién emergida.  
Fotografía: Rodolfo Novelo G.

### Agradecimientos

Al Dr. José Antonio Gómez Anaya por la edición de las fotos.

### Para saber más:

•Bota-Sierra et al. 2021. The importance of tropical mountain forests for the conservation of dragonfly biodiversity: A case from the Colombian Western Andes. *International Journal of Odonatology*, 24.2021, 233–247  
[https://doi.org/10.23797/2159-6719\\_24\\_18](https://doi.org/10.23797/2159-6719_24_18) [Click aquí](#)

•Novelo-Gutiérrez, R. & J.A. Gómez-Anaya, 2021. Description of the larva of *Argia cuprea* (Hagen, 1861) with notes on its phylogenetic affinities (Odonata: Coenagrionidae). *Zootaxa* 5057 (3): 437–445  
<https://doi.org/10.11646/zootaxa.5057.3.8> [Click aquí](#)

•Paulson, D.R., M. Schorr & C. Deliry (2022). World Odonata List, last revision 6 January 2022. <https://acortar.link/FjXs1U> [Click aquí](#)

Fotografía: Vinisa Romero

# CONSERVACIÓN DE ENCINOS AMENAZADOS DEL BOSQUE DE NIEBLA

**Tarin Toledo Aceves\***

Red de Ecología Funcional, INECOL

**Fabiola López Barrera**

Red de Ecología Funcional, INECOL

**Ma. de los Ángeles García Hernández**

Red de Ecología Funcional, INECOL

**Hernando Rodríguez Correa**

Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Morelia, UNAM

**Silvia Álvarez Clare**

The Morton Arboretum, Illinois, USA

\*[tarin.toledo@inecol.mx](mailto:tarin.toledo@inecol.mx)

## Introducción

Los encinos, también conocidos como robles (género *Quercus*, familia Fagaceae), tienen gran importancia ecológica, económica y cultural. Sus bellotas son alimento de ardillas, mapaches y venados, sus troncos son albergue de aves, su madera es resistente y también se aprovechan para hacer carbón, y son un fuerte símbolo asociado con la fuerza, la fertilidad y la longevidad. Desafortunadamente, **muchas especies enfrentan una seria amenaza de extinción por la pérdida de bosques debido a su conversión a tierras de uso agrícola o ganadero, la sobreexplotación para obtener madera y carbón, y por el cambio climático.**

La Lista Roja de Encinos reporta que de las 430 especies evaluadas en el mundo, 217 se encuentran en alguna categoría de riesgo. México alberga la mayor riqueza de especies de encinos en el mundo; de las 164 especies que se han registrado en nuestro país, 32 están amenazadas.

Para orientar los esfuerzos de conservación de estos árboles necesitamos información precisa. En el 2018 un grupo de ecólogos comenzamos a trabajar en un proyecto con el objetivo de conocer más sobre la ecología del encino *Quercus insignis* (Figuras 1 y 2), que sirva para desarrollar iniciativas para su conservación. Esta especie, conocida como chicalaba en México, está clasificada como una especie amenazada, lo que significa que enfrenta un alto riesgo de extinción en la naturaleza sobre todo por la pérdida de su hábitat, el bosque de niebla. A continuación, describimos los principales hallazgos del proyecto.



Figura 1. Estudiando la germinación de bellotas de *Quercus insignis* (encino chicalaba) provenientes de siete poblaciones a lo largo de México. Fotografía: Tarín Toledo



Figura 2. Plantación de chicalaba (*Quercus insignis*) en Xico, Veracruz. En este proyecto hemos sembrado un total de 960 árboles de esta especie en 13 sitios. Fotografía: Tarín Toledo

## Demografía y diversidad genética

La comprensión del estado en que se encuentran las poblaciones (demografía) de las especies que nos interesan, es fundamental para su conservación. El estudio de atributos clave de los organismos, como la diversidad genética, es importante porque determina la capacidad intrínseca de las especies para responder ante cambios en su ambiente. Para el encino chicalaba hemos podido identificar que sus poblaciones (Figura 3), aunque están bajo diferentes grados de intervención humana, aún exhiben características propias de los bosques naturales, como un gran número de plántulas e individuos juveniles (aquellos que aún no generan semillas) (Figura 4) y un número menor de individuos adultos con tallas que sugieren un ciclo de vida largo. Desde una perspectiva genética, los individuos no presentan cambios significativos en la diversidad genética entre generaciones. **Estos resultados, a grandes rasgos, nos indican dos situaciones específicas: (1) aparentemente la especie aún tiene la capacidad de generar poblaciones viables, es decir, no hay pérdida de las nuevas generaciones que formarán los futuros bosques; y (2) las poblaciones aún cuentan con reservas de variabilidad genética para no comprometer su crecimiento a mediano y largo plazo.**

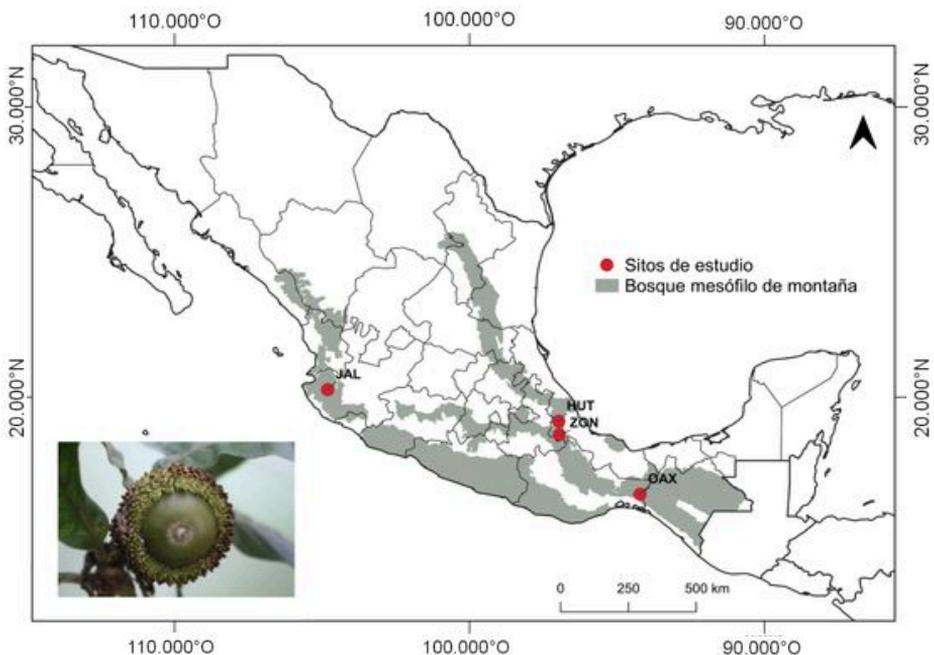


Figura 3. Sitios de estudio para la caracterización demográfica y genética de las poblaciones del encino chicalaba en México. Esta especie se encuentra estrechamente relacionada a los bosques de niebla, ecosistemas prioritarios para la conservación en México y el mundo. Mapa elaborado por Melissa Naranjo Bravo.

## Plantaciones con arbustos de rápido crecimiento en áreas dominadas por una especie invasora

La pesma (*Pteridium arachnoideum*) es un helecho invasor con amplia distribución en el mundo. Una vez que se establece en un sitio, su dominancia genera severas pérdidas de biodiversidad, funciones ecosistémicas y baja productividad.

En áreas agrícolas abandonadas, la dominancia de la pesma es una gran barrera para la recuperación de los bosques tropicales de montaña. En tres áreas invadidas por pesma estudiamos si la siembra de estacas de arbustos de rápido crecimiento puede ayudar al establecimiento de las plántulas de otras especies de árboles, a la par de suprimir a la pesma.

En el experimento plantamos al arbusto *Tithonia diversifolia* (gigantón o botón de oro) y cuatro especies de árboles del bosque de niebla: *Q. insignis* (encino chicalaba), *Juglans pyriformis* (nogal), *Meliosma alba* (palo blanco) y *Tapirira mexicana* (cacao de monte). Encontramos que el gigantón aumentó 30% la sobrevivencia del encino chicalaba y redujo más del 50% de las hojas y las raíces de la pesma. Aunque los árboles lograron establecerse, una causa importante de mortalidad fueron las tuzas (*Orthogeomys hispidus*) que se comieron las raíces de muchos árboles.



Figura 4. Monitoreo de las plántulas del encino chicalaba en sus poblaciones naturales. Cada año monitoreamos las poblaciones para determinar el número de plantas que emergen, aquellas que sobreviven y qué tan rápido crecen. Fotografía: Hernando Rodríguez

**Nuestros resultados indican que en sitios ocupados por pesma es posible el establecimiento exitoso de plántulas de árboles, si éstas tienen al menos un año de edad.** Para aumentar la sobrevivencia de las plántulas y reducir la cobertura de la pesma, recomendamos la introducción de estacas de arbustos de rápido crecimiento. También se deben realizar limpiezas o chapeos durante los primeros meses para disminuir la cobertura de la pesma y aumentar la sobrevivencia de las plántulas de árboles.

## Migración asistida

El aumento en la temperatura, asociado con el cambio climático global, está ocasionando la mortalidad en algunas especies de árboles. En respuesta a dicho aumento algunas especies se están desplazando a sitios con mayor elevación para compensar el aumento en la temperatura. No es que los árboles se muevan, son sus semillas que al dispersarse logran colonizar sitios a mayor elevación en donde la temperatura es menor. Sin embargo, debido a la falta de semillas, barreras físicas o ausencia de sitios a donde llegar, muchas especies no logran desplazarse a la velocidad a la que están ocurriendo los cambios en el clima. **Para reducir los impactos del calentamiento global probamos la factibilidad de la migración asistida de plántulas del encino chicalaba.** La migración asistida es el movimiento intencional de individuos de una especie a sitios fuera de su área de distribución natural, en donde se prevé que se presentarán las condiciones propicias para su desarrollo en el futuro. Después de tres años de monitoreo encontramos una alta sobrevivencia (>82%) de los árboles plantados tanto en sitios a baja elevación (1,400 metros sobre el nivel del mar) como en sitios a mayor elevación (2,400). **Los resultados indican que el trasplante de plántulas del encino chicalaba a sitios por arriba de su rango de distribución, puede ser viable para reducir los impactos del cambio climático sobre esta especie.**

## Conclusiones

La conservación de especies amenazadas de encinos es una tarea urgente. Nuestros estudios muestran que existe un alto potencial para asistir la regeneración (establecimiento de plántulas) del encino chicalaba en diferentes condiciones. Uno de los elementos claves para garantizar la regeneración de la especie y sus poblaciones, es la conservación efectiva de las poblaciones naturales, mismas que cada día enfrentan presiones más fuertes por modificaciones y degradación de su hábitat. **El éxito de las iniciativas para la conservación de especies de árboles amenazadas requiere esencialmente del fortalecimiento de las capacidades de los dueños de los bosques para manejarlos y conservarlos.**

## Agradecimientos

Proyecto financiado por The Morton Arboretum. Agradecemos a los dueños de los sitios por todo su apoyo: Ricardo Romero, Tania de Alba, Raul Badín, Pablo Valderrama, Rogelio Macías, Yareni Perroni, Francisco San Gabriel, Enrique Ceballos, Darío Morales†, Miguel Ángel Cortina, Nestlé y SEDEMA. A Martín San Gabriel, Víctor Vásquez y Martín García por su apoyo en el establecimiento y monitoreo de las plantaciones, y a Carlos Iglesias y al personal del Jardín Botánico Francisco Xavier Clavijero. HRC agradece el apoyo recibido por el Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica de la UNAM (IA206319), la Rufford Foundation (25645-1 y 29520-2) y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México, Programa Ciencia de Frontera (263962).

## Para saber más

•Carrero C, Jerome D, Beckman E, Byrne A, Coombes AJ, Deng M, González-Rodríguez A, Hoang VS, Khoo E, Nguyen N, Robiansyah I, Rodríguez-Correa H, Sang J, Song Y-G, Strijk JS, Sugau J, Sun WB, Valencia-Ávalos S, Westwood M. 2020. The Red List of Oaks 2020. The Morton Arboretum. Lisle, IL.

<https://globaltrees.org/resources/the-red-list-of-oaks-2020/#:~:text=An%20estimated%2031%25%20of%20the,IUCN%20Global%20Tree%20Specialist%20Group> Click aquí

•Rodríguez-Acosta M, Coombes AJ. (Eds.). 2020. Manual de propagación de *Quercus*: Una guía fácil y rápida para cultivar encinos en México y América Central. Jardín Botánico Universitario de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. México.

<https://www.bgci.org/resources/bgci-tools-and-resources/manual-de-propagacion-de-quercus-una-guia-facil-y-rapida-para-cultivar-encinos-en-mexico-y-america-central/> Click aquí

# AVES VERACRUZANAS

**Fernando González-García**

Red Biología y Conservación de Vertebrados, INECOL

fernando.gonzalez@inecol.mx



El Cenzontle Norteño además de alimentarse de insectos también gusta de diferentes tipos de frutos. Fotografía: René Collinot

**El Cenzontle Norteño (Figura 1) es un ave común y parte esencial de las aves del estado de Veracruz, y nativo de América del Norte, México y el Caribe. Es un pájaro sumamente canoro, lo que significa que canta mucho.**

Se caracteriza por imitar sonidos de otras aves, e incluso sonidos de otros animales y artificiales, de ahí el nombre científico de *Mimus* (imitador) y *polyglottos* (*polus* = muchos; *glossa* = lengua), de muchas lenguas, lo que equivale a decir, muchos cantos. El nombre común en español, Cenzontle, deriva del náhuatl *centzuntli*, que significa cuatrocientas voces, lo cual literalmente, hace alusión al gran repertorio vocal de este gran gimnasta del canto y la imitación.

Haz clic sobre el ícono para escuchar el canto del Cenzontle norteño (*Mimus polyglottos*), Northern Mockingbird.



Figura 1. El Cenzontle Norteño es un ave común a lo largo de su distribución geográfica en México y en el estado de Veracruz. Fotografía: Ulises León

**El Cenzontle norteño se distribuye casi a todo lo largo del estado de Veracruz, principalmente en tierras bajas.** Habita en sitios abiertos con arbustos dispersos, árboles pequeños, tierras cultivadas, sabanas, y también en zonas urbanas y suburbanas. Se alimentan de insectos y frutos (Figura 2), tanto en el suelo como en la vegetación.

Da click en el icono de sonido y observa el sonograma para "ver" el canto del Cenzontle.

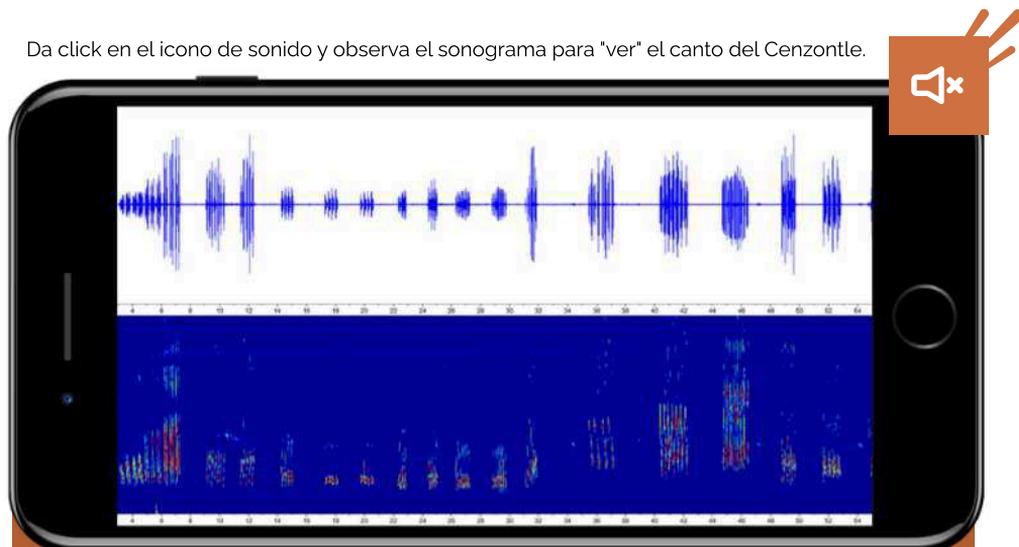


Figura 2. Fragmento del canto del Cenzontle Norteño. En la parte superior se muestra el oscilograma, que representa la intensidad de cada una de las notas. En la parte inferior, se muestra el sonograma, que es la representación gráfica de las características estructurales de un canto y se lee de izquierda a derecha. Los números en la horizontal (eje "x") representan el tiempo en segundos, y los números en la vertical (eje "y") la frecuencia (kHz)

**Me encantaría  
escucharte  
¿Cantas conmigo?**

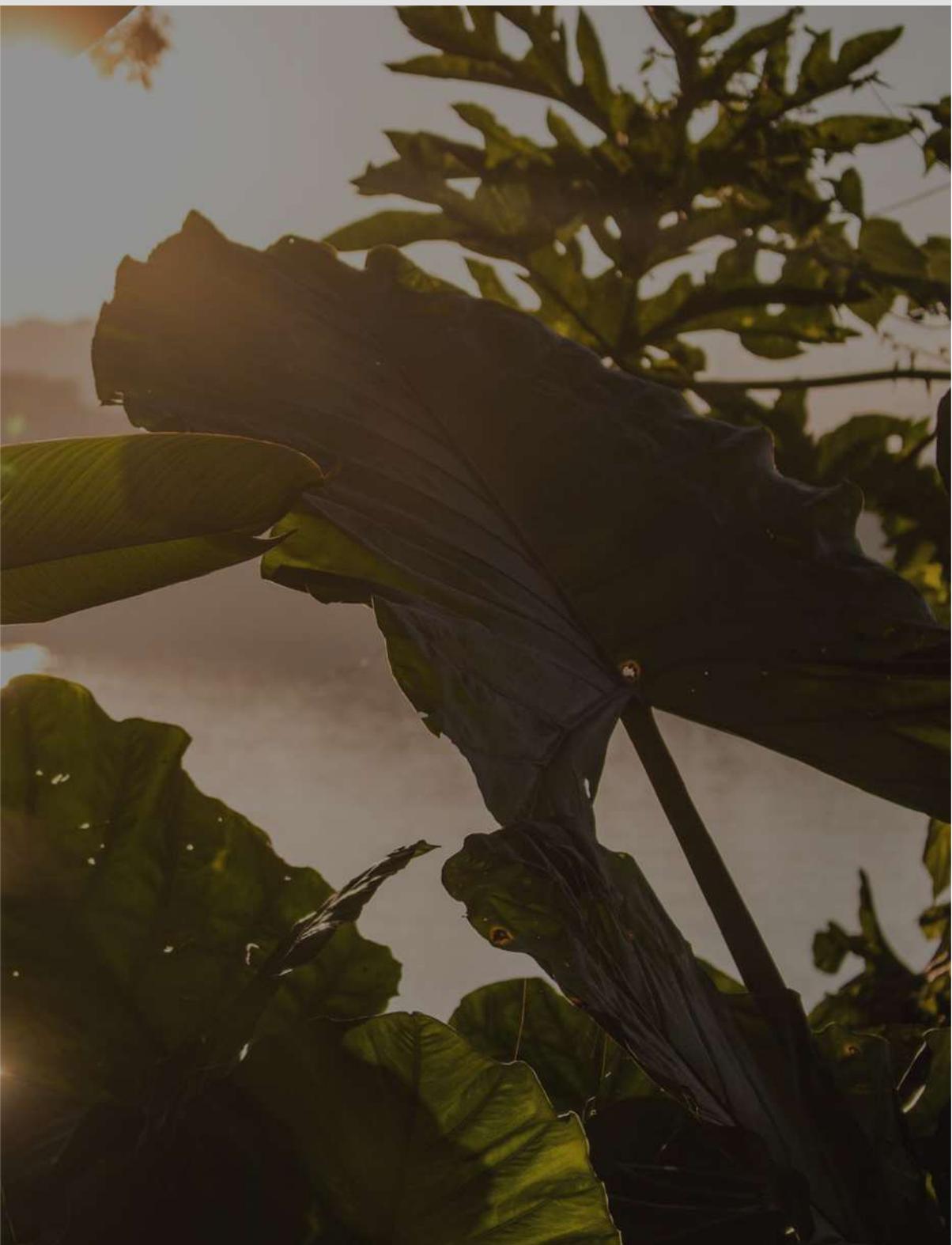


Fotografía: Vinisa Romero

# Sección especial: Ambrosiales

A continuación se incluyen cinco artículos derivados de un mismo proyecto en el que participan miembros del INECOL

Fotografía: MoreToTheShell, Pixabay



# ¡MEJOR EN EQUIPO!: MULTIDISCIPLINA EXTREMA PARA PROTEGER NUESTROS BOSQUES AMENAZADOS

**Diana Sánchez Rangel\***

Investigadora por México, CONACyT  
Red de Estudios Moleculares Avanzados, INECOL

**Emanuel Villafán de la Torre**

Red de Estudios Moleculares Avanzados, INECOL

**Martín Aluja\*\***

Red Manejo Biorracional de Plagas y Vectores, INECOL

\*diana.sanchez@inecol.mx

\*\*martin.aluja@inecol.mx

Fotografía: Fietzfotos, Pixabay

En 2017 el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) publicó la convocatoria 2017-08 del Fondo Institucional de Fomento Regional para el Desarrollo Científico, Tecnológico y de Innovación (FORDECYT) para atender una grave emergencia fitosanitaria para el país. La emergencia comprendía el control de dos plagas exóticas (originarias de Asia), introducidas al Continente Americano (vía Estados Unidos) en los embalajes de madera utilizados para transportar mercancías.

**Estas plagas conocidas como "Complejos Ambrosiales" se conforman por un diminuto escarabajo del tamaño de la cabeza de un alfiler (1-6 mm; Figura 1) y un hongo, el cual es transportado por el escarabajo y puede infectar a las plantas provocándoles enfermedades que las matan (al taponar las "arterias" que conducen el agua por el tronco).** Lo anterior puede resultar en la pérdida masiva de árboles frutales o de bosques enteros provocando una crisis ambiental aguda (Figura 1). Por ejemplo, entre el Sur de Carolina y Texas en los EUA, se habla que estas plagas han provocado la pérdida de 500 millones de árboles, muchos de ellos vitales para aves migratorias.



Figura 1. A) y B) Fotografías de daños en árboles provocados por las plagas ambrosiales en Tijuana, Baja California México (las flechas indican la localización del daño). C) EUA. D) Comparación que muestra la diferencia de tamaños entre escarabajos ambrosiales y una moneda de un peso mexicano. Fotografías A, B y D: Diana Sánchez Rangelt; C) Albert (Bud) Mayfield, USDA Forest Service, Bugwood.org, licencia BY CC 3.0. [Click aquí](#)

Estamos hablando de *Xyleborus glabratus* (escarabajo) que acarrea a *Raffaelea lauricola* (hongo dañino) el cual provoca la enfermedad denominada "Marchitez del Laurel", y de *Euwallaceae kuroshio* (escarabajo) que acarrea a *Fusarium kuroshium* (hongo patógeno), y que provoca la enfermedad denominada "Muerte Regresiva por *Fusarium*".

**Estas plagas pueden atacar a cerca de 300 especies de plantas entre las que se encuentran especies de la familia Lauraceae (parientes del aguacate) y que se distribuyen ampliamente en México.** El muy famoso aguacate puede ser atacado por ambas plagas, y para que te des una idea de la relevancia social, económica y ambiental de esta emergencia fitosanitaria para México, te comentamos que en el "Super Bowl" de este año se consumieron 140 mil toneladas de aguacate mexicano de México (¡sí, leiste bien, 140 millones de kilogramos!).

**Pero ¿ya se encuentran en México estas devastadoras plagas? La respuesta es lamentablemente sí,** el binomio *Euwallacea/Fusarium* ya se detectó en zonas urbanas del municipio de Tijuana, Baja California, pero afortunadamente aún no *Xyleborus/Raffaelea*. Sin embargo, el peligro radica en que esta última ya que se detectó en el estado de Texas, que comparte frontera con México.

### El camino para generar una propuesta de investigación multidisciplinaria e interinstitucional.

Para plantear soluciones, lo primero es comprender los más íntimos secretos del sistema escarabajo-hongo-planta. Si se coordinaran diferentes áreas del conocimiento como la entomología (insecto), la microbiología (hongo) y la fisiología vegetal (planta) podría "ser más fácil" responder a los retos de la investigación.

Sin embargo, **el problema es mucho más complejo que una interacción de tres factores, y para poderlo entender/resolver a fondo se requiere de la suma de más áreas del conocimiento,** como de la química (ecología química, química de productos naturales, orgánica, computacional), la fitopatología (que estudia las enfermedades de las plantas), la biología molecular y las ciencias ómicas (mediante las que se estudian todas las moléculas en un organismo al mismo tiempo), la microscopía avanzada, la nanotecnología (que trabaja con partículas menores a 0.00000001 mm), el cultivo de tejidos y la modelación matemática.



Figura 2. Mapa de México que muestra la ubicación geográfica de los Centros e Instituciones participantes en el proyecto. Centro de Investigación en Materiales Avanzados, S.C. (CIMAV), Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C. (CICY), Centro de Investigación en Química Aplicada (CIOA), Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A.C. (IPICYT), Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. (CIAD), Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A.C. (CIATEJ), Centro de Investigaciones en Óptica, A.C. (CIO), y Centro de Investigación y Docencia Económica, A.C. (CIDE). También a la Unidad de Genómica Avanzada (UGA/ LANGEBIO) del CINVESTAV Irapuato Colegio de Postgraduados (COLPOS) y Centro de Innovación y Desarrollo Agroalimentario de Michoacán (CIDAM). Finalmente, a colegas de las Universidades de California, Florida y Texas en los EUA y del Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA) y Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria (CNRF). Figura: Eric E. Hernández Domínguez

En este sentido, un grupo de investigación pertenecientes a las Redes de Estudios Moleculares Avanzados y Manejo Biorracional de Plagas y Vectores dentro del Clúster Científico y Tecnológico BioMimic® del INECOL, nos coordinamos para abarcar todos estos campos y así poder investigar aspectos fundamentales de los complejos ambrosiales. Invitamos además a investigadores de 16 instituciones nacionales y extranjeras, entre ellas a ocho Centros Públicos de Investigación del CONACYT (CIMAV, CICY, CIQA, IPICYT, CIAD, CIATEJ, CIO, CIDE) y a otras instituciones del país (LANGEBIO del CINEVESTAV Irapuato, COLPOS, CIDAM, SENASICA y el CNRF) y del extranjero (Universidades de California, Florida y Texas en los EUA) (Figura 2).

**El Clúster BioMimic® del INECOL fue concebido, construido, equipado y puesto en marcha en 2015, precisamente para poder enfrentar grandes retos de la humanidad al sumar esfuerzos y cooperar para desarrollar ciencia multidisciplinaria de frontera.** Desde 2018 y a la fecha, el equipo de investigación se integra por más de 180 científicos (entre investigadores, técnicos académicos, y estudiantes) hemos trabajado para afrontar la amenaza de los escarabajos ambrosiales. ¡Imagínate, es como haber creado una nueva institución científica, sin el costo que ello implica por el puro hecho de cooperar y trabajar en equipo persiguiendo un bien común! (Figura 3).



Figura 3. Fotografía del equipo de trabajo del proyecto FORDECYT de ambrosiales (tomada en junio de 2019 en una reunión de trabajo celebrada en el Clúster Científico y Tecnológico BioMimic® del Instituto de Ecología, A.C. - INECOL). Fotografía: Emiliano Montero Vicente

## ¿En qué consiste el proyecto que estamos desarrollando?

Nuestro enfoque radica en atacar múltiples ángulos de la problemática en paralelo para conocer a los organismos de la plaga individualmente pero también cuando se interrelacionan (visión holística/integral) (Figura 4). Todo lo anterior, manejando cuatro grandes ejes: prevención, diagnóstico, control y reparación del daño (Figura 5). La multidisciplinaria extrema, también ha permitido que se planteen diferentes estrategias científico-tecnológicas en cada uno de los ejes.

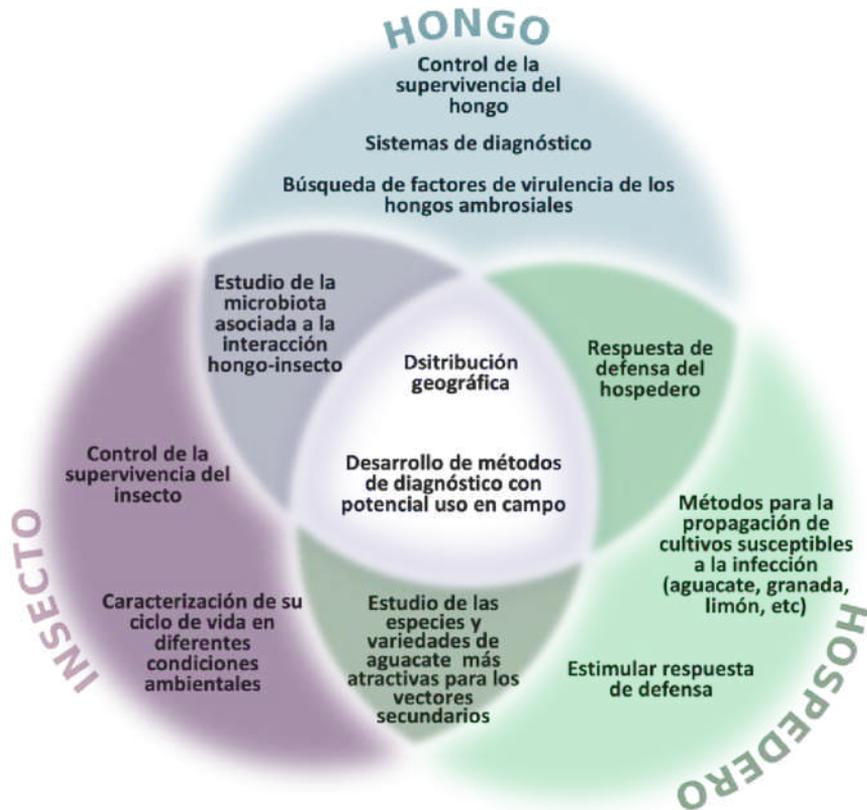


Figura 4. Esquema que representa la visión holística/integrativa adoptada por todas y todos las/los investigadoras(es) del proyecto. Ilustración: Emanuel Villafán de la Torre

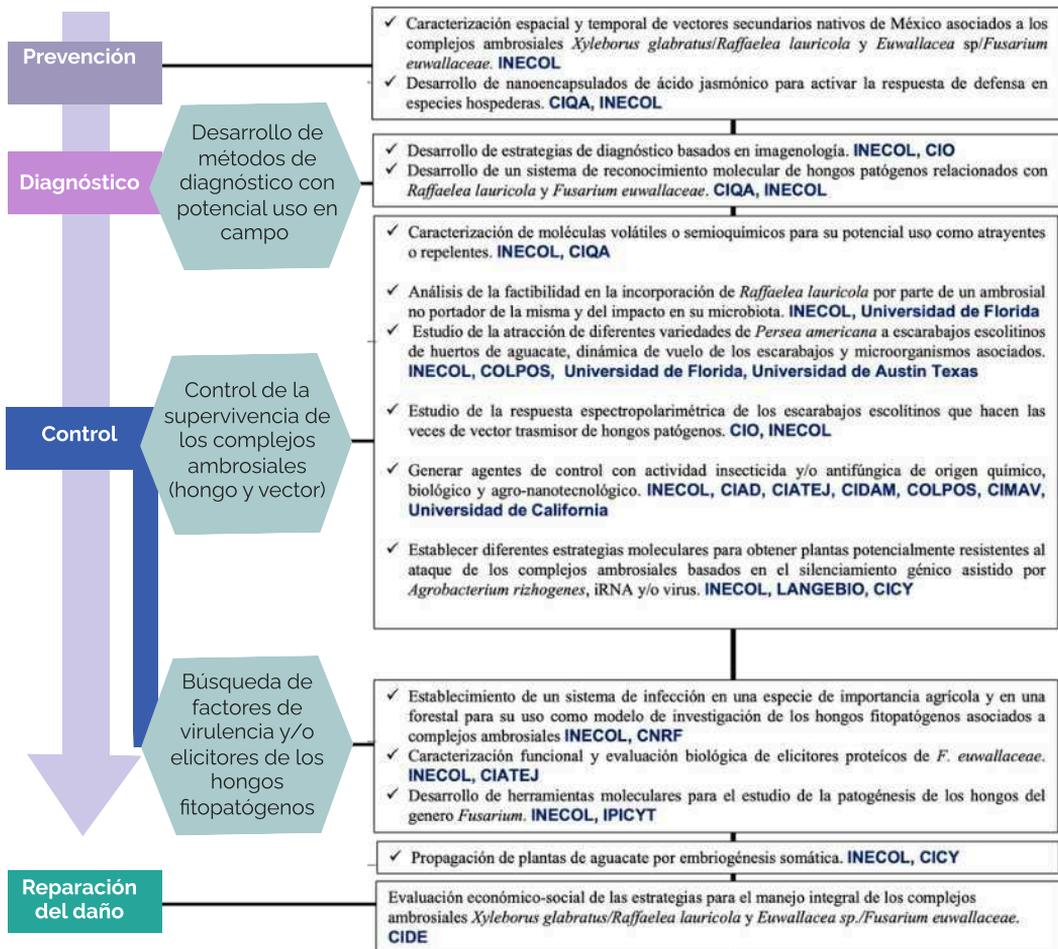


Figura 5. Diagrama que enlista los cuatro grandes ejes de investigación del proyecto: prevención, diagnóstico, control y reparación del daño, y los objetivos específicos y las instituciones participantes en cada uno, para que te des una mejor idea de este. Ilustración: Diana Sánchez Rangel

### ¿En qué hemos contribuido concretamente?

Hemos generado métodos de diagnóstico molecular para la identificación de hongos del género *Fusarium* y diseñado prototipos que identifican a través de imágenes tomadas por drones si un árbol está enfermo o no. Además, hemos desarrollado productos con acción insecticida/fungicida que al utilizar nanotecnología se vuelven más eficientes para controlar la plaga/hongo y no dañan el ambiente. Hemos identificado algunas proteínas y toxinas en los hongos que los hacen más patógenos (en cuanto a su virulencia y agresividad). Hemos sido pioneros en obtener información de todas las moléculas que hay en las células del hongo *Fusarium kuroshium*. También hemos desarrollado métodos para propagar eficientemente cultivos susceptibles a la infección, como el aguacate. Finalmente, en la parte socioeconómica se trabaja en la valoración de posibles daños a la producción agrícola y servicios ecosistémicos (los que nos proporciona la naturaleza sin que paguemos nada a cambio) que pudieran ocasionar estas plagas.

Un importante beneficio adicional ha sido la publicación internacional de más de 30 artículos científicos, tres solicitudes de patente y más de 40 tesis de licenciatura de jóvenes interesados en la ciencia y en ayudar a resolver los problemas de su país.

Como grupo de trabajo estamos convencidos que la multidisciplinaria extrema y las alianzas interinstitucionales propician un ambiente de trabajo ideal, un productivo intercambio de ideas que enriquece las investigaciones, y sobre todo promueve la cooperación. En nuestra opinión, este modelo se podría replicar para abordar los muchos otros retos científicos adicionales que enfrenta la sociedad y que solo se podrán verdaderamente resolver trabajando en equipo como en este caso.



Fotografía: Tama66,  
Pixabay

### Agradecimientos:

A todos y cada uno de los integrantes del proyecto. Al Dr. Federico Graef Ziehl por ser un impulsor de este proyecto. Al proyecto *"Generación de estrategias científico-tecnológicas con un enfoque multidisciplinario e interinstitucional para afrontar la amenaza que representan los complejos ambrosiales en los sectores agrícola y forestal de México"* (número 292399) financiado por el Fondo Institucional de Fomento Regional para el Desarrollo Científico, Tecnológico y de Innovación (FORDECYT-CONACYT); actualmente Programa presupuestario F003.

Fotografía: James Wheeler, Pexels

### Para saber más:

En este número de la revista Eco-lógico se incluyen cuatro artículos derivados de este mismo proyecto ("¡Tamaño pequeño, amenaza grande!, prevención de los complejos ambrosiales desde diferentes áreas", "Un sistema de diagnóstico para la identificación de hongos ambrosiales", "Eco-estrategias para combatir la plaga de los complejos ambrosiales exóticos" y "En busca de alternativas biotecnológicas para la propagación del aguacate").

•Hulcr, J., & Stelinski, L. L. (2017). The ambrosia symbiosis: from evolutionary ecology to practical management. *Annual Review of Entomology*, 62, 285-303.

•Snyder, J. R. (2014). *Ecological implications of laurel wilt infestation on Everglades tree islands, southern Florida*. Reston, VI, USA: US Department of the Interior, US Geological Survey.

•Aluja, M. 2015. Clúster Científico y Tecnológico BioMimic®: un nuevo modelo de hacer ciencia en México. *El Innovador* 16: 38-41.

•Aluja, M. 2020. The BioMimic® Scientific and Technological Cluster at the Instituto de Ecología, A.C. – INECOL in Coatepec/Xalapa, Veracruz, México. *Fruit Fly News* 40: 1-4

[https://nucleus.iaea.org/sites/naipc/twd/Newsletters/FFN40\\_APR2020.pdf](https://nucleus.iaea.org/sites/naipc/twd/Newsletters/FFN40_APR2020.pdf)

[Click aquí](#)

•Manejo fitosanitario de los ambrosiales

<https://www.gob.mx/senasica/documentos/manejo-fitosanitario-de-los-ambrosiales?state=published>. [Click aquí.](#)

# ¡TAMAÑO PEQUEÑO, AMENAZA GRANDE!, PREVENCIÓN DE LOS COMPLEJOS AMBROSIALES DESDE DIFERENTES ÁREAS

## Larissa Guillén

Red de Manejo Biorracional de Plagas y Vectores,  
INECOL-Clúster Científico y Tecnológico BioMimic

## Luis A. Ibarra-Juárez

Investigador por México, Red de Estudios Moleculares Avanzados,  
INECOL-Clúster Científico y Tecnológico BioMimic

## Andrés Lira-Noriega

Investigador por México, Red de Estudios Moleculares Avanzados,  
INECOL-Clúster Científico y Tecnológico BioMimic

## Randy Ortiz-Castro

Investigador por México, Red de Estudios Moleculares Avanzados,  
INECOL-Clúster Científico y Tecnológico BioMimic

Los autores contribuyeron de igual forma y son presentados en orden alfabético del primer apellido: [larissa.guillen@inecol.mx](mailto:larissa.guillen@inecol.mx); [luis.ibarra@inecol.mx](mailto:luis.ibarra@inecol.mx); [andres.lira@inecol.mx](mailto:andres.lira@inecol.mx); [randy.ortiz@inecol.mx](mailto:randy.ortiz@inecol.mx)

**Históricamente, el intercambio de mercancías a nivel mundial ha generado un incremento en la aparición de plagas invasoras, las cuales con frecuencia pasan desapercibidas en los puertos de entrada debido a su tamaño pequeño o al estado de desarrollo (huevo, larva o pupa) en el que se encuentran.** Este es el caso de los escarabajos ambrosiales (llamados así por mantener una relación simbiótica con hongos de los cuales se alimentan) *Xyleborus glabratus* y el grupo de cuatro especies de *Euwallacea* en EUA de las cuales, sólo *Euwallacea kuroshio* ha sido reportada en México. Estos escarabajos diminutos (miden aproximadamente 2 mm de largo) son plagas originarias de Asia y transmiten unos hongos que enferman a las plantas que atacan. **Estas plagas son importantes porque están ocasionando la muerte de miles de árboles de diferentes especies, entre los que se encuentra el aguacate.**

En un esfuerzo por coadyudar en la prevención de la invasión de estas plagas en México, investigadores del INECOL realizan diversos estudios con un enfoque multidisciplinario para desarrollar información y herramientas que ayuden a la toma de decisiones y al manejo de las especies plaga y los agroecosistemas amenazados. En el ámbito de la prevención, a continuación describimos cómo se ha trabajado en cuatro áreas diferentes.

### Diversidad e importancia de los escarabajos

Los escarabajos de la subfamilia Scolytinae, comúnmente llamados escolitinos, pertenecen a un grupo de insectos diminutos con hábitos barrenadores (generalmente los ambrosiales) o descortezadores de árboles caídos o enfermos en los cuales viven y se reproducen. En México, se han reportado más de 850 especies que generalmente viven en árboles muertos. Sin embargo, **algunas especies de escarabajos ambrosiales se caracterizan por habitar en árboles vivos y transmitir hongos que ocasionan enfermedades que pueden causar la muerte de los árboles que habitan.** Tal es el caso del hongo *Raffaelea lauricola* asociado a *X. glabratus*, y de diferentes especies de hongos *Fusarium* asociados al grupo de especies de *Euwallacea*, que han ocasionado grandes pérdidas y daños en las áreas agrícola y forestal de Estados Unidos.

**Dentro de las plantas afectadas se encuentran los árboles de aguacate (*Persea americana*), del cual México es el principal productor a nivel mundial y por ello estas plagas son de gran importancia ecológica y socioeconómica.** Considerando que es mejor evitar la invasión de una plaga que enfrentar su combate y lamentar los daños agroecológicos y económicos que pueda ocasionar, **estratégicamente, en el INECOL estamos estudiando la biología y ecología de algunas especies de escarabajos ambrosiales distribuidas en México** como *X. affinis* y *X. ferrugineus*, entre otros, que han sido reportadas como dispersores (vectores secundarios) del hongo fitopatógeno *R. lauricola*.

**Este hongo es el principal causante de la muerte de árboles en el sureste de Estados Unidos**, donde fue diseminado por *X. glabratus*, su vector principal. Además, realizamos monitoreos utilizando diferentes tipos de trampas y cebos para tener actualizada la lista de las especies presentes en ambientes agrícolas y forestales, para identificar aquellas especies que pueden convertirse en plagas por sus preferencias hacia ciertas plantas que sean más susceptibles al ataque de estos insectos y sus hongos asociados (Figura 1).

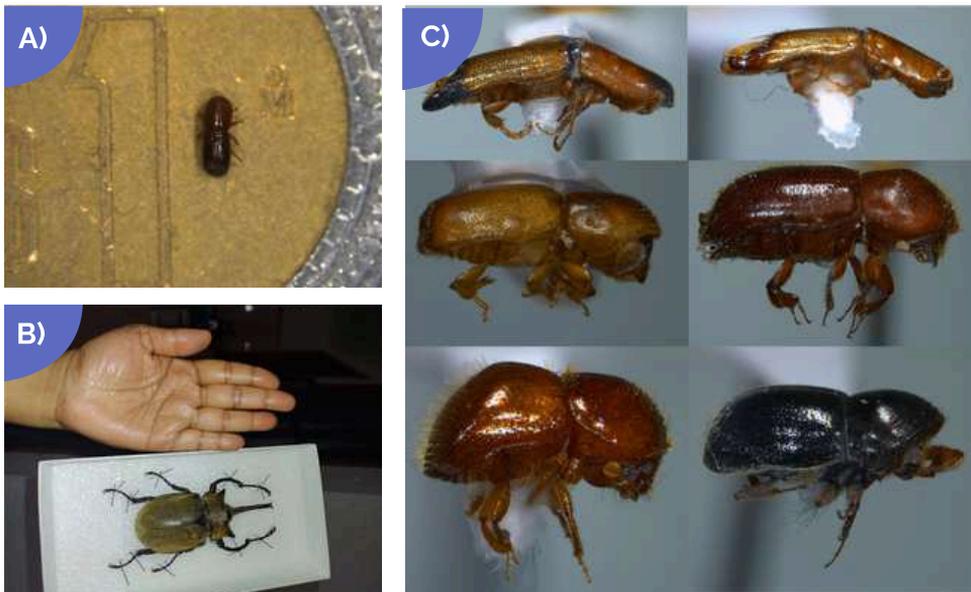


Figura 1. A) Comparación del tamaño del escarabajo ambrosial y una moneda. B) comparación del tamaño del escarabajo elefante y una mano de tamaño regular. C) Ejemplo de diferentes especies de escarabajos escolitinos. Fotografías propias

### La ecología química como herramienta para encontrar un atrayente

Con el fin de desarrollar atrayentes que ayuden al monitoreo y control de plagas de escarabajos ambrosiales, por medio de estudios de ecología química exploramos el papel que juegan los olores y secreciones producidas por los organismos involucrados en la interacción escarabajo-hongo-planta

Ya que *X. glabratus* y las especies plaga de *Euwallacea* no se encuentran en México, hemos trabajado con los escarabajos *X. affinis* y *X. ferrugineus*. Usando la técnica de electroantenografía, la cual consiste en medir la respuesta eléctrica de la antenas de un insecto a determinados olores, probamos la respuesta de las hembras a los olores de cortezas y hojas, frescos y en soluciones con alcohol, de diferentes especies de árboles (Figura 2). Después, capturamos el olor de las cortezas y hojas (Figura 3) y analizamos su composición química.

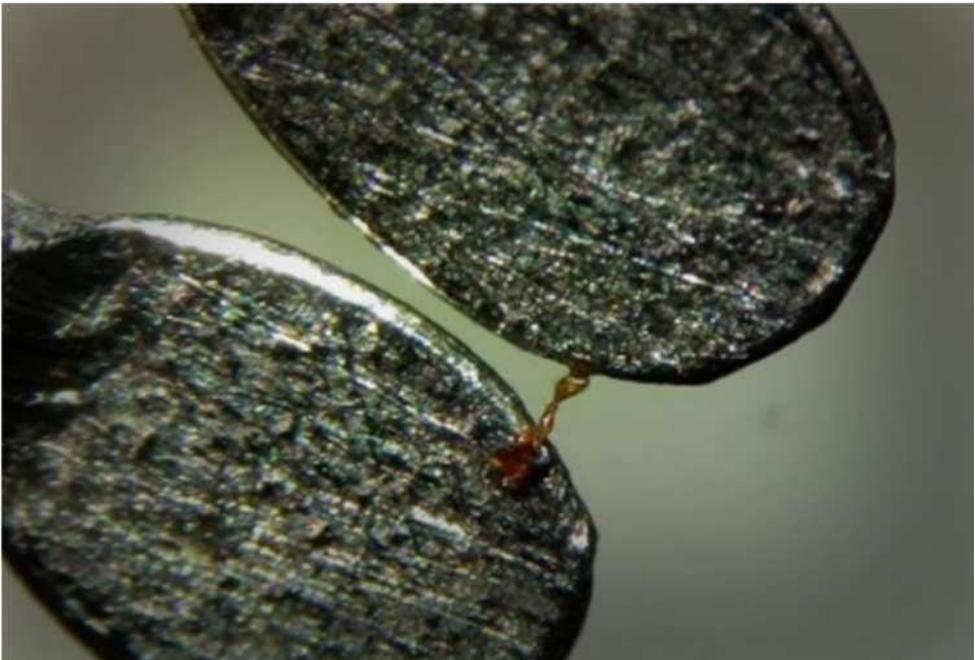


Figura 2. Vista en el microscopio de la antena del escarabajo *Xyleborus affinis* montada en un electrodo durante las pruebas de electroantenografía (EAG) para conocer la respuesta eléctrica de la antena cuando se le expone a un olor. Fotografía: Oscar Caicedo

Los estudios mostraron que las hembras de los escarabajos ambrosiales estudiados son más atraídas por los olores de ciertas muestras de hojas y cortezas en soluciones etanólicas que a los olores de las muestras frescas. Este descubrimiento y los resultados de los análisis químicos de los olores ha permitido seleccionar un compuesto que se está probando como atrayente.



Figura 3. Colecta de volátiles de cortezas de árboles mediante aireación dinámica en laboratorio. Cada frasco contiene una muestra diferente, las mangueras inyectan aire purificado por un lado y extraen el aroma por el otro capturando el olor en un filtro que posteriormente es analizado para conocer su composición química. Fotografía: Roxana Y. Barrán

### Idoneidad ambiental: mapeando dónde se pueden establecer los escarabajos ambrosiales

Para poder conocer mejor la distribución potencial de los escarabajos ambrosiales de interés fitosanitario, se han realizado modelos ecológicos enfocados en la predicción de las condiciones favorables (o idóneas) climáticas y de hábitat que les permitirían establecerse a lo largo de todo México (Figura 4). **Estas predicciones reúnen información geográfica de los puntos donde se encuentran hoy los escarabajos** (incluyendo sus sitios de origen en Asia) así como de las regiones específicas de México en las cuales podrían establecerse y mantener poblaciones viables.

Dichos modelos de idoneidad ambiental para las especies de escarabajos son ponderadas en un análisis multicriterio con información geoespacial (i.e., un amplio conjunto de mapas) sobre los factores de estrés en los ecosistemas así como del número de árboles por kilómetro cuadrado. En conjunto, las variables que se usan en estos modelos deben guardar estrecha relación con la ecología de las especies, pues lo que se pretende con estas predicciones es tener una idea sobre las regiones y ecosistemas que estarían en mayor riesgo de recibir a los vectores ambrosiales. Con ello se pueden anticipar medidas y monitoreos específicos por diferentes tomadores de decisión de sectores gubernamentales como Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER) y Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), académicos y otros.

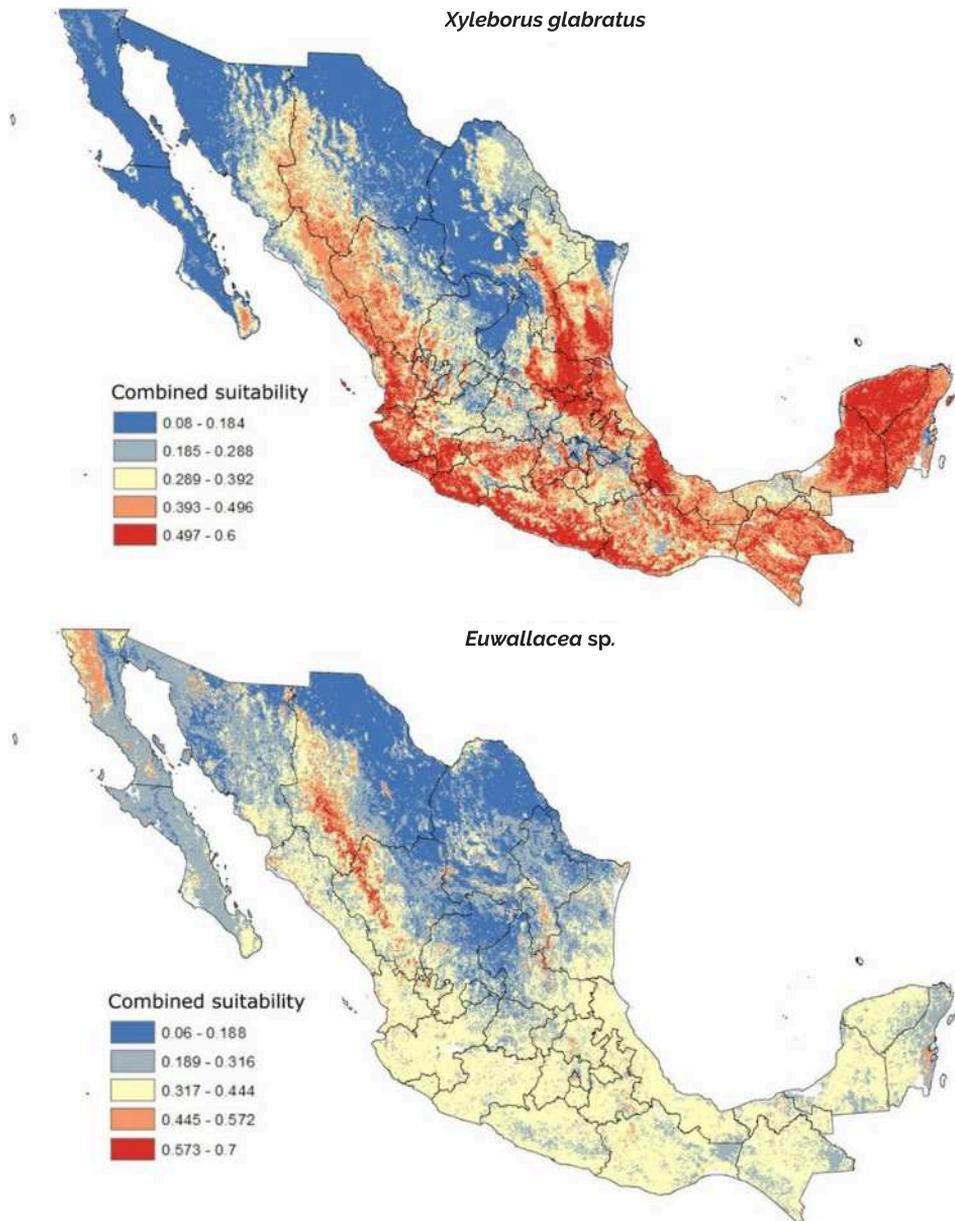


Figura 4. Distribución potencial para las dos principales especies de escarabajos (*Xyleborus glabratus* y *Euwallacea sp.*) que amenazan la flora y agricultura mexicanas. Los colores representan niveles de idoneidad ambiental, siendo mayor el rojo. Ilustración: Lira-Noriega et al. 2018 Scientific Reports

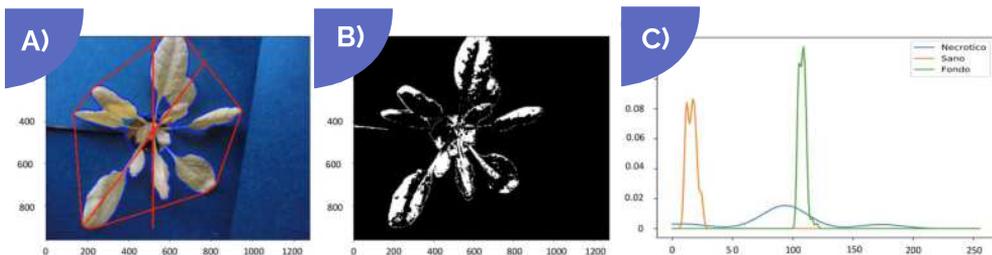
## Uso de imágenes para la detección y evaluación de daños de plantas por fitopatógenos

**Otra herramienta en la que se está trabajando es en el desarrollo de un sistema de monitoreo de la enfermedad en grandes superficies de cultivos y bosques basado en el uso de sensores e imágenes obtenidas con cámaras acopladas a diversos tipos de sensores remotos (como los drones).**

El éxito de este sistema de monitoreo depende de la capacidad para detectar de forma temprana con fotografías digitales los síntomas de la enfermedad causados por los hongos fitopatógenos asociados a los escarabajos ambrosiales en los árboles de huertos o bosques.

Con esta detección temprana se puede realizar un control dirigido y adecuado a las especies de plantas y al tipo de daño. En ese sentido, usamos imágenes obtenidas de cámaras especializadas para identificar las respuestas tempranas de las plantas a la infección por hongos en distintas fases o etapas de la enfermedad que son imperceptibles a simple vista.

Hoy contamos con un modelo de estudio basado en la planta *Arabidopsis thaliana* que nos permite conocer el desarrollo de la infección causada por distintas especies de hongos fitopatógenos del género *Fusarium* en el laboratorio. Esperamos pronto poder implementar y afinar esta detección temprana en invernaderos y campos de cultivo utilizando sistemas de análisis de monitoreo automatizados y drones (Figura 5).



## Agradecimientos

La investigación se ha realizado gracias al financiamiento del proyecto FORDECYT-CONACYT (actualmente denominado Fondo Presupuestario F003) "Generación de estrategias científico-tecnológicas con un enfoque multidisciplinario e interinstitucional para afrontar la amenaza que representan los complejos ambrosiales en los sectores agrícola y forestal de México" [292399, 2018]. Se agradece el apoyo de Patricia Romero Arellano y Ana L. Kiel M. en los estudios de electroantenografía y análisis cromatográficos, de Saúl Sánchez Valdés y José A. Rodríguez González del Centro de Investigaciones en Química Aplicada (CIQA) por el diseño y elaboración de la cápsula prototipo de atrayente, de Lucas A. Fadda por la estandarización del sistema de cría de *X. bispinatus*, de Gema M. Olguin Utrera y María Fernanda Cuevas Rivera y el equipo de percepción y robótica del Centro de Investigaciones en Óptica (CIO) por la estandarización del sistema y análisis de imágenes en el área de imagenología. Los autores reconocen el importante papel del Equipo Técnico-Administrativo coordinador del proyecto y de muchos alumnos, técnicos e investigadores que han apoyado de múltiples formas el desarrollo del proyecto.

### Para saber más

- Agricultura de precisión. [Click aquí](#)
- Cuatro especies de barrenadores casi idénticas. [Click aquí.](#)
- Técnica de electroantenografía. [Click aquí.](#)

# UN SISTEMA DE DIAGNÓSTICO PARA LA IDENTIFICACIÓN DE HONGOS AMBROSIALES

**Enrique Ibarra Laclette\***

Red de Estudios Moleculares Avanzados, INECOL

**Claudia Anahí Pérez Torres**

Red de Estudios Moleculares Avanzados, INECOL

Investigador por México, CONACyT

**Eric Edmundo Hernández Domínguez**

Red de Estudios Moleculares Avanzados, INECOL

Investigador por México, CONACyT

**Diana Sánchez Rangel**

Red de Estudios Moleculares Avanzados, INECOL

Investigador por México, CONACyT

\*enrique.ibarra@inecol.mx

La incidencia de las infecciones fúngicas (causadas por hongos) en el sector agroalimentario no sólo atenta contra los frutos, hortalizas y semillas que consumimos, también tiene un efecto directo sobre el desarrollo de las plantas ocasionando la muerte de éstas o, en el mejor de los casos, una merma considerable en su producción. Las enfermedades ocasionadas por hongos, principalmente ascomicetos filamentosos, suelen provocar síntomas como clorosis (amarillamiento del tejido foliar), necrosis (muerte prematura de las células de un tejido u órgano de la planta), canchros (úlceras que aparecen sobre la corteza de los árboles y que generalmente se acompañan de secreciones), tizones (manchas negras, principalmente en el tejido foliar y/o inflorescencias), pudrición, y marchitamiento, entre otros. **Si bien las infecciones fúngicas algunas veces pueden actuar de forma local, generalmente suelen desarrollarse provocando afectaciones en toda la planta.**

Actualmente se reconoce que el desarrollo de una enfermedad depende de la confluencia de diversos factores, tales como el estado nutricional de la planta afectada, de las condiciones ambientales, del grado de virulencia del patógeno y de su capacidad para diseminarse a través del sistema vascular. Interesantemente, la capacidad del hongo para enfermar a una planta (grado de virulencia) se relaciona con la habilidad de este para producir toxinas. **Su manera de dispersarse suele depender de insectos que fungen como vectores.** Estos insectos junto con sus hongos asociados, en muchas ocasiones son introducidos de forma accidental a nuevos ecosistemas que, por la falta de enemigos naturales y la disponibilidad de una gran diversidad de nuevas especies vegetales (potenciales hospederos), rápidamente se dispersan y pueden causar una severa afectación al ecosistema en el que buscan establecerse.



Ejemplos de hojas enfermas  
Fotografías: Katkin, Pixabay, John Tann e Ian Alexander, Wikimedia

Como ejemplo de lo anterior, hacemos referencia a *Fusarium kuroshium*, un hongo fitopatógeno polífago o generalista que es capaz de causar la enfermedad conocida como marchitez regresiva por *Fusarium* en un amplio número de especies vegetales (alrededor de 200, en su mayoría de gran importancia agrícola y forestal). El insecto vector es un escarabajo del género *Euwallacea*, cuyo nombre de la especie, *kuroshio*, hace alusión a la corriente marina del mismo nombre, la cual bordea el noroeste por la parte sur del archipiélago japonés, su lugar de origen. Este complejo insecto-hongo (*Euwallacea kuroshio* – *Fusarium kuroshium*) de origen asiático se introdujo accidentalmente en años recientes en la costa oeste de los Estados Unidos y se dispersó hacia el sur por el estado de California hasta cruzar la frontera con México. Actualmente existen reportes de su presencia en la zona conurbada que comprende Tijuana, La Joya y Rosarito en el estado de Baja California. La relación entre escarabajo y hongo es de tipo mutualismo obligado, es decir, ambas especies necesitan interactuar para poder sobrevivir.

**El hongo, que es transportado por el insecto al interior de sus mandíbulas en una estructura especializada llamada micetangia, necesita del insecto para dispersarse y poder colonizar nuevos hospederos.** Por su parte, el escarabajo, barrena galerías (túneles, Figura 1a, b y c) al interior del tronco de los árboles, posteriormente prepara una mezcla de trozos de madera y excremento llamado ambrosia sobre la cual inocula (siembra) al hongo. Esta mezcla, ambrosia y hongo, sirve de alimento tanto para los adultos como para las crías de los escarabajos (Figura 1d). Las especies de hongos asociadas a escarabajos ambrosiales, son generalmente saprófitas, es decir, viven de la materia orgánica en descomposición. Debido a lo anterior, estos escarabajos suelen colonizar árboles muertos o senescentes (que ya están en un estado avanzado de envejecimiento).

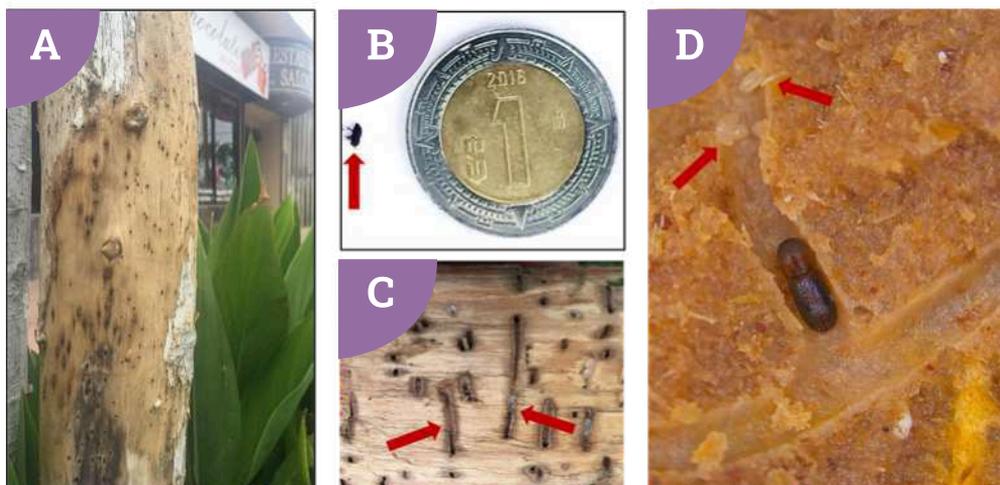


Figura 1. Árbol colonizado (se aprecian las perforaciones de ingreso en el tronco) (a) por el escarabajo *Euwallacea kuroshio* (b), en el cual es posible observar las galerías barrenadas por este (c), y al interior, algunos de sus huevecillos (d). Elaboración propia

Sin embargo, en otros casos, sobre todo cuando se trata de especies invasoras, los escarabajos infestan árboles sanos y sus hongos asociados se reproducen comportándose como fitopatógenos causando enfermedades en las plantas. Ante la presencia de plagas invasoras como las antes descritas, es indispensable contar con un sistema de diagnóstico rápido y eficaz, el cual permita identificar de la forma más certera posible, el agente causal de la enfermedad.

De esta manera, se pueden desarrollar e implementar programas fitosanitarios que, mediante el uso de diferentes estrategias de control, impidan la dispersión de las plagas y se mitigue el daño potencial que éstas pueden causar.

La iniciativa para desarrollar un sistema de diagnóstico se suma como uno de los muchos objetivos del proyecto *Generación de estrategias científico-tecnológicas con un enfoque multidisciplinario e interinstitucional para afrontar la amenaza que representan los complejos ambrosiales en los sectores agrícola y forestal de México* (FORDECYT 292399).

En lo que respecta a la capacidad de disponer de pruebas para el diagnóstico de hongos exóticos fitopatógenos, el objetivo fue desarrollar técnicas rápidas que permitieran identificar al agente causal de la enfermedad (*Fusarium kuroshium*), utilizando muestras colectadas directamente de los árboles presumiblemente colonizados por los escarabajos ambrosiales.



Fotografía: Cottonbro, Pexels

Es importante mencionar que el diagnóstico se realiza muchas veces mediante la observación de ciertas estructuras del hongo, tales como las hifas (filamentos que forman el micelio) y las conidias (estructuras de reproducción asexual) (Figura 2), y por tanto, es indispensable primero el aislamiento y cultivo de los mismos, seguido de un análisis de la forma de dichas estructuras. Este análisis debe ser realizado por personal calificado con vasta experiencia en la identificación. Como estrategia alternativa, en el INECOL se desarrolló un sistema basado en la detección de marcadores moleculares específicos para el género (*Fusarium*) y la especie de interés (*kuroshium*) utilizando para dicho fin la técnica de la reacción en cadena de la polimerasa (PCR por sus siglas en inglés). Esta es una prueba de diagnóstico que permite detectar un fragmento del material genético del patógeno, es decir, si este se encuentra o no presente en las muestras que se analizan.

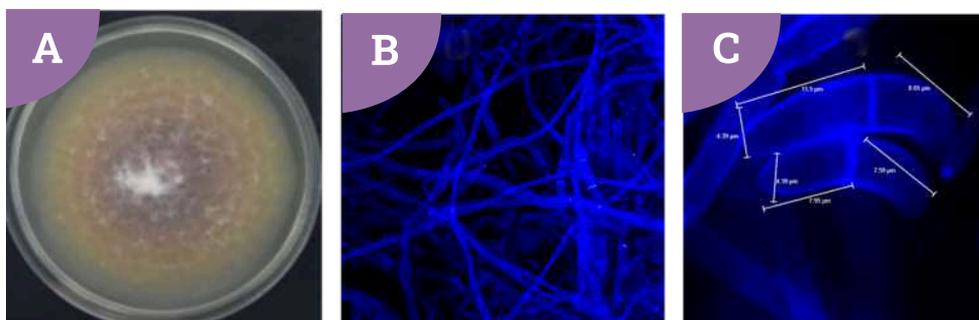


Figura 2. Aspecto macroscópico y microscópico del hongo *Fusarium kuroshium*. (a) hongo creciendo en medio de cultivo sólido de papa-dextrosa-agar (tomada de Sánchez-Rangel et al. 2018, licencia CC BY 4.0). Fotografías de b) micelio y c) conidias tomadas con un microscopio confocal, una técnica que permite observar la morfología de una muestra a través de la emisión de luz. dichas Las estructuras del hongo fueron teñidas con calco flúor, un tinte especial que permite mejorar la calidad de la imagen vista al microscopio. Fotografías: Luis Alberto Cruz Silva

Aún cuando para el desarrollo de esta tecnología se requiere de análisis complejos, el principio detrás es en realidad extremadamente simple. Básicamente la identificación de dichos marcadores moleculares se consigue luego de comparar todo el contenido génico de los hongos ascomicetos que hasta ahora han sido secuenciados (incluido el de *F. kuroshium*); e identificar de entre todos ellos, aquellos genes que comparten ciertos grupos, o que son específicos para una especie en particular (Figura 3). Dichos genes específicos son en realidad los marcadores moleculares utilizados para el diagnóstico, los cuales, mediante la PCR, permiten confirmar, con precisión, si ciertos hongos están presentes en una muestra que se analiza e incluso determinar su identidad (Figura 3).

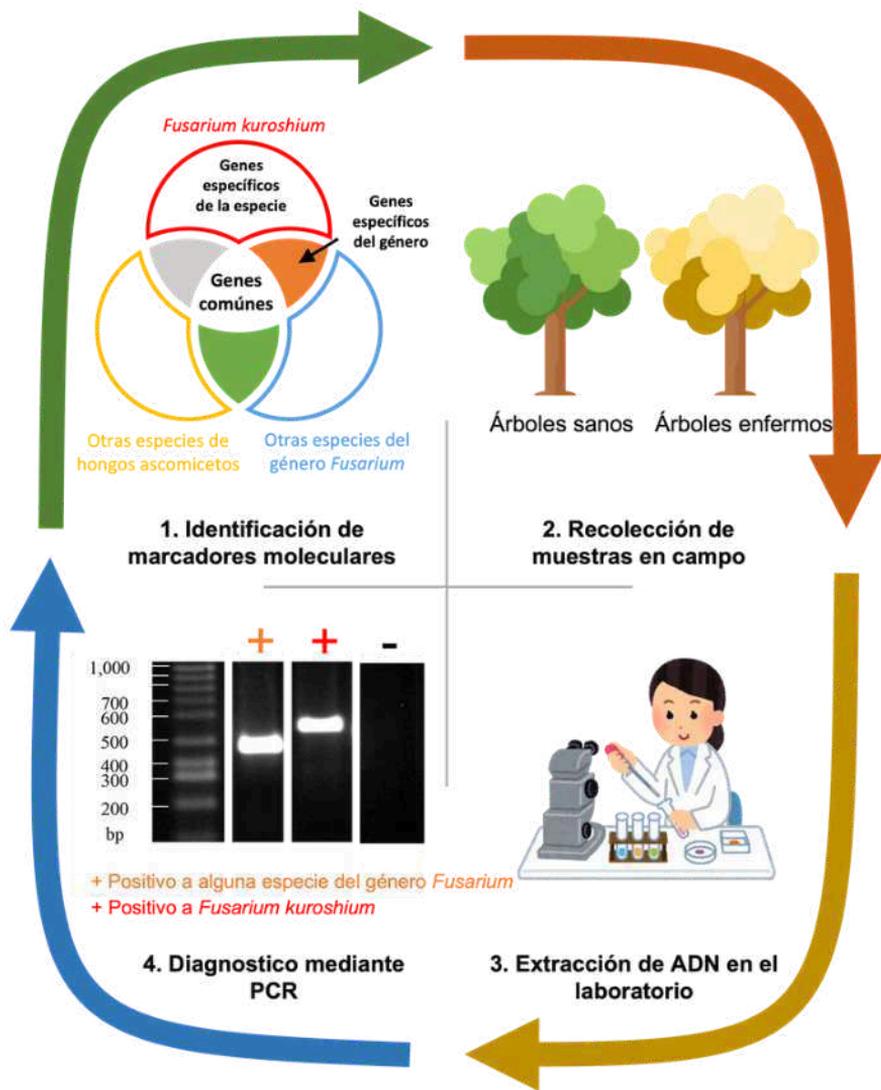


Figura 3. Esquema representativo de los pasos a seguir para realizar un diagnóstico molecular mediante PCR. Este comienza por: 1) la identificación de los genes marcadores, 2) recolección de muestras en campo, 3) extracción de ADN en el laboratorio y finalmente 4) su identificación (diagnóstico) en las muestras colectadas. Elaboración propia

**Agradecimientos:**

Agradecemos al Fondo Institucional de Fomento Regional para el Desarrollo Científico, Tecnológico y de Innovación del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (FORDECYT-CONACYT, actualmente denominado Fondo Presupuestario F003) por financiar el proyecto número 292399 titulado "Generación de estrategias científico-tecnológicas con un enfoque multidisciplinario e interinstitucional para afrontar la amenaza que representan los complejos ambrosiales en los sectores agrícola y forestal de México" y al Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria (CNRF) en especial a los Dres. José Abel López Buenfil, Clemente de Jesús García Ávila y a la Dra. Cynthia Cocchet Castañeda Casasola por brindarnos el apoyo para ingresar al CNRF y realizar experimentos con el hongo *Fusarium kuroshium*.

**Para saber más:**

Vázquez-Rosas-Landa M., et al. 2021. Design of a diagnostic system based on molecular markers derived from the ascomycetes pan-genome analysis: The case of *Fusarium dieback disease*. PLoS One. 28:16(1):e0246079. Solicitud de patente: MX/a/2020/000316



# ECO-ESTRATEGIAS PARA COMBATIR LA PLAGA DE LOS COMPLEJOS AMBROSIALES EXÓTICOS

Frédérique Reverchon\*, José A. Guerrero-Analco,  
Juan L. Monribot-Villanueva, Erika Valencia-Mejía,  
Felipe Barrera Méndez, Laura Stefany Licona  
Velázquez, Nicolaza Pariona Mendoza, José Luis  
Olivares Romero, Israel Bonilla Landa

Todos los autores pertenecen a la Red de Estudios  
Moleculares Avanzados, INECOL

\* frederique.reverchon@inecol.mx

**Los escarabajos ambrosiales (aquellos que "cultivan" hongos para utilizarlos como alimento) de origen asiático y los hongos con los cuales se asocian, han causado daños graves en bosques y cultivos a nivel mundial.** Algunos de los cultivos afectados son la macadamia, los cítricos y el aguacate. Este último es de gran relevancia para la economía de México, por lo que es importante buscar estrategias de control de los complejos (escarabajos y hongos) ambrosiales que, además de ser eficientes, sean amigables con el ambiente. Estas estrategias incluyen el uso de microorganismos benéficos, compuestos químicos obtenidos a partir de plantas, formulaciones basadas en nanotecnología (estudio y desarrollo de materiales en escala nanométrica,  $1 \text{ nm} = 0.001 \text{ }\mu\text{m} = 0.000001 \text{ mm}$ ) y la síntesis de insecticidas más selectivos hacia el escarabajo plaga.

### Microorganismos benéficos contra hongos fitopatógenos

Algunas bacterias y hongos tienen la capacidad de producir antibióticos, lo que les permite competir con otros microorganismos presentes en su entorno. Hemos encontrado que algunas bacterias llamadas *Bacillus* pueden producir compuestos antifúngicos, es decir compuestos que inhiben el crecimiento de los hongos fitopatógenos (aquellos que causan enfermedades en plantas) asociados con los escarabajos ambrosiales, evitando así que infecten a las plantas (Figura 1). También identificamos bacterias que emiten compuestos volátiles (en forma de gases) que impiden el crecimiento de hongos fitopatógenos.

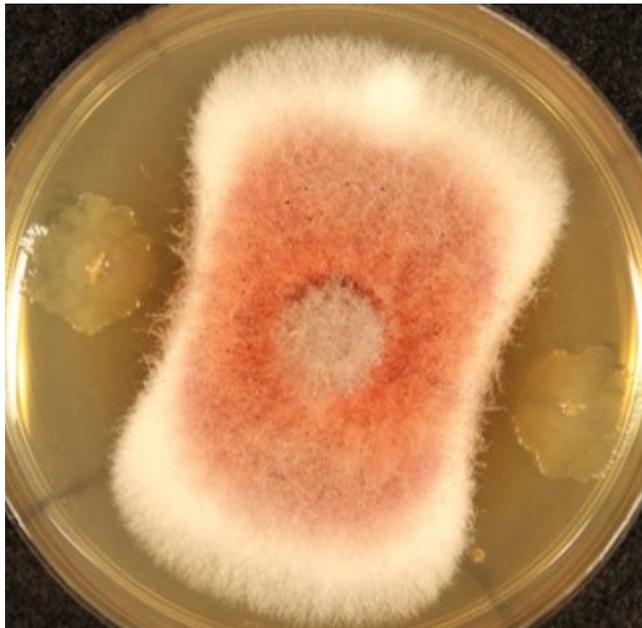


Figura 1: Inhibición del crecimiento del hongo fitopatógeno *Fusarium euwallaceae* por una bacteria proveniente de raíces de aguacate. Se observa la ausencia de crecimiento circular en el micelio del hongo. Fotografía: Kevin Moreno

**La eficacia de las bacterias que producen gases "anti-hongos" ha sido estudiado contra diferentes patógenos e incluso contra insectos plaga, y representa una alternativa sustentable para combatir los complejos ambrosiales.** Pero las bacterias no son los únicos microorganismos que tienen superpoderes. Algunos hongos también producen antibióticos y se han utilizado en la agricultura para reemplazar los agroquímicos, siendo menos nocivos para el ambiente.

En particular, el hongo *Trichoderma* es muy prometedor para el control de complejos ambrosiales, porque además de producir antibióticos y actuar como parásito de hongos, puede dañar el escarabajo. ¡Esto es lo que se llama "matar dos pájaros de un tiro"!



Fotografía: Quang Nguyen Vinh, Pexels

### Productos naturales de bosque nublado veracruzano

Otra estrategia desarrollada para el control de los complejos ambrosiales, en particular aquellos responsables de la enfermedad "marchitez por *Fusarium*", es el uso de productos naturales. Históricamente, estos productos se han considerado efectivos para el control de plagas y seguros para la salud humana y el ambiente. Un producto natural es cualquier compuesto químico producido por un ser vivo, pueden utilizarse puros o en mezcla para aumentar la potencia.

En nuestro caso, resultan de interés los productos naturales obtenidos de plantas del bosque de niebla de Veracruz, un ecosistema con gran diversidad biológica, y por ende también química. El área de Química de Productos Naturales del

INECOL determinó la actividad antifúngica e insecticida de 38 extractos obtenidos de 27 plantas del bosque de niebla. De estos extractos, nueve inhibieron entre el 30 y el 100% el crecimiento del hongo fitopatógeno *Fusarium* (responsable de la marchitez por *Fusarium*) en condiciones de laboratorio, y siete provocaron más del 70% de mortalidad de los escarabajos ambrosiales *Xyleborus* spp. Se identificaron los compuestos responsables de la actividad observada contra los complejos ambrosiales, lo cual resalta el potencial de los productos naturales para el control de organismos responsables de enfermedades de interés agroforestal (Figura 2).

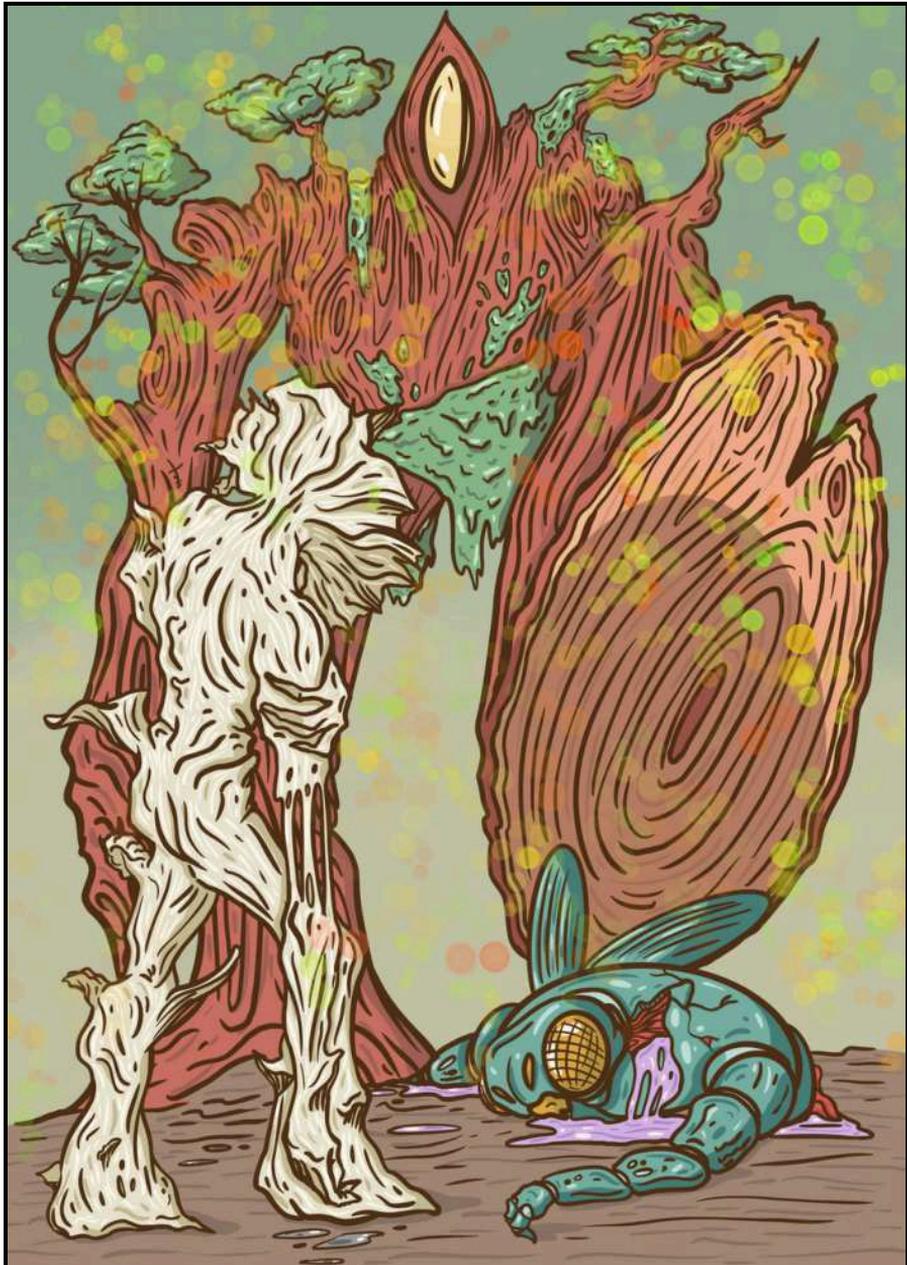
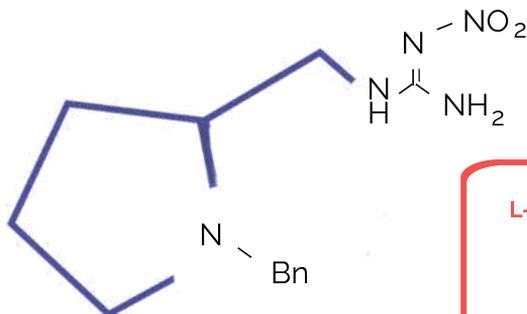


Figura 2: Potencial de los Productos Naturales botánicos (representados por círculos) para el control de organismos responsables de enfermedades de interés agroforestal. Ilustración: Mauricio Fabian Monribot Villanueva



**L-nitroguanidina enantiopura**  
**Alta actividad insecticida**  
**Menor toxicidad**  
**Cuatro pasos de síntesis**

**L-Prolina**  
**Análogo de neonicotinoide**

Compuestos neonicotinoides nuevos que incorporan amino ácidos para el control de los escarabajos ambrosiales

### Nanotecnología como herramienta de punta para el control de los complejos ambrosiales

En los últimos años, la aplicación de la nanotecnología en la agricultura ha crecido a pasos agigantados. El uso de nanomateriales (materiales más pequeños que 1  $\mu\text{m}$ , siendo el grosor de un cabello igual a 80  $\mu\text{m}$ ) para la protección de plantas es un área que ha llamado mucho la atención. Si bien es cierto que con el control biológico se han obtenido buenos resultados a nivel laboratorio, existen desventajas en su aplicación. Por ejemplo, la desventaja del empleo de extractos naturales antifúngicos es su poca solubilidad en agua, requiriendo de solventes orgánicos tóxicos para su aplicación.

Estos inconvenientes se pueden evitar utilizando la nanotecnología. La encapsulación de los extractos antifúngicos en nanoesferas biodegradables permite que éstas se dispersen directamente en agua, donde la liberación del ingrediente activo se realiza de manera lenta. Asimismo, el ingrediente activo es protegido de la luz solar, con lo cual aumenta la actividad antifúngica en un 5%. Por otro lado, el desarrollo de nanopartículas de cobre con actividad antifúngica ha demostrado tener gran potencial para el control de los hongos ambrosiales, inhibiendo casi el 100% del crecimiento del hongo y ocasionando una reducción de la descendencia del escarabajo ambrosial a nivel laboratorio (Figura 3).

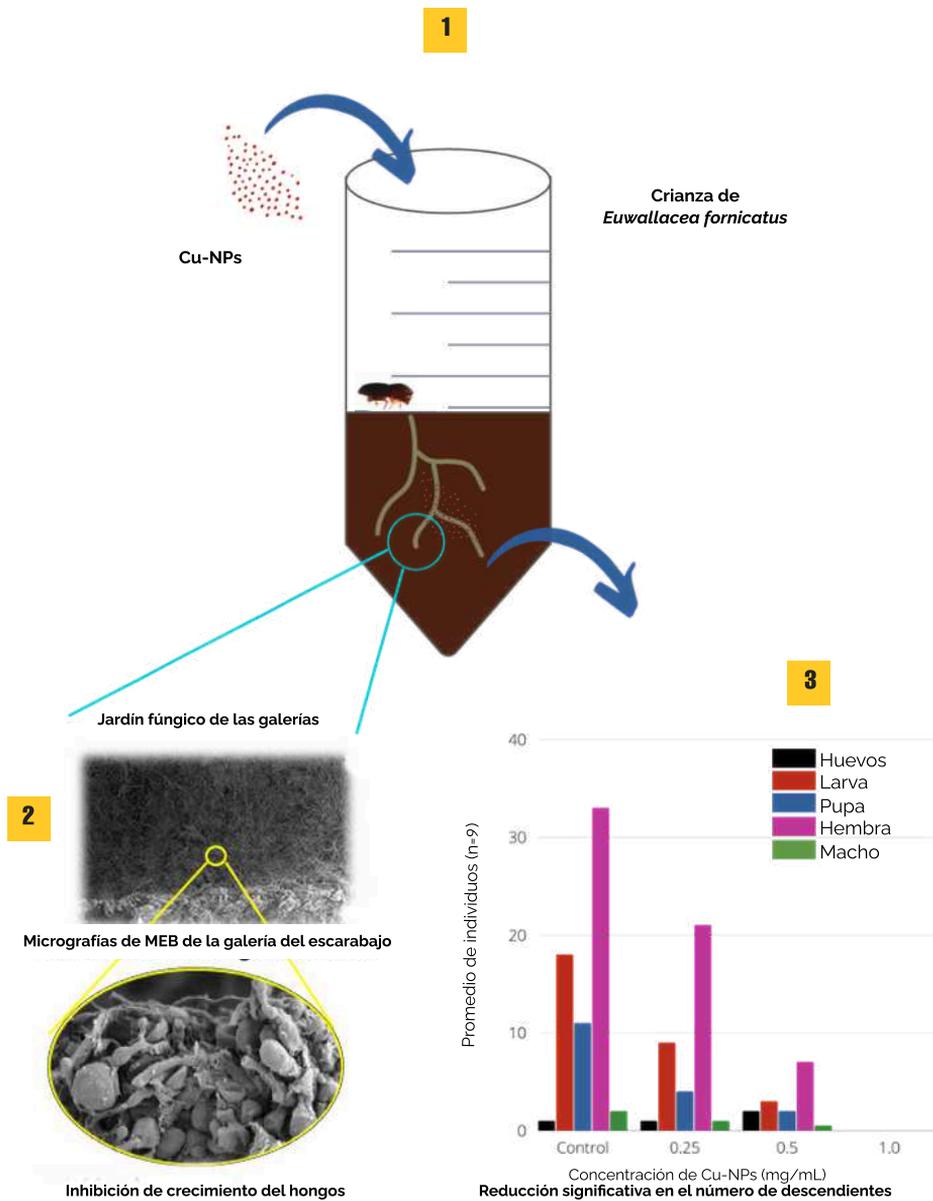


Figura 3: Efecto de las nanopartículas de cobre (Cu-NP) en el crecimiento de hongos de las galerías y la descendencia de *Euwallacea fornicatus*. Se observa, que al incorporar Cu-NPs en el medio de cultivo de los escarabajos (1), las Cu-NPs inhiben y alteran el crecimiento de los hongos (2), los cuales son alimentos de los escarabajos y en consecuencia se reduce el número de descendientes de los escarabajos (3). Micrografía (Microscopía Electrónica de Barrido). Elaboración propia. Fotografía: Greta Hanako Rosas Saito

## Síntesis de nuevos insecticidas a partir de compuestos quirales

La quiralidad (propiedad espacial de los objetos de no ser superponibles con su imagen especular) juega un papel muy importante en la naturaleza. Muchos compuestos presentan esta propiedad y el efecto que producen sobre un organismo vivo depende de su geometría tridimensional, lo que se conoce como "configuración". Un ejemplo de estos compuestos quirales son los neonicotinoides, que se usan para controlar plagas que atacan frutos de importancia económica y son la primera línea de defensa en contra de éstas.

**Una de las tareas del Laboratorio de Química Orgánica del INECOL consiste en el desarrollo de neonicotinoides selectivos a escarabajos ambrosiales nocivos, que no provoquen daños en otros insectos benéficos.** Tras varios años de investigación, se han logrado obtener más de 40 compuestos quirales formados por aminas (compuestos derivados del amoníaco) y aminoácidos. A través de modelos obtenidos en la computadora, observamos que los neonicotinoides que hemos preparado tienen una mayor afinidad con los receptores del escarabajo ambrosial, en comparación con un insecticida comercial.



Fotografía: Mixu, Pexels

Estos resultados fueron confirmados en el laboratorio, ya que estos compuestos ocasionaron la mortalidad de 90% de escarabajos ambrosiales, después de 12 horas. Un análisis farmacológico preliminar sugiere que el compuesto con mayor actividad insecticida tiene menor efecto neurotóxico sobre mamíferos que otros neonicotinoides comerciales. Estos resultados permiten pensar en la síntesis de insecticidas de nueva generación, menos nocivos para el ambiente.

En conjunto, las estrategias aquí presentadas son prometedoras y podrían combinarse para un manejo más integral de los escarabajos y hongos ambrosiales, que permita mantener la salud y la productividad de nuestros bosques y cultivos, salvaguardando la integridad del ambiente. ¡En equipo somos más fuertes!

## Agradecimientos

Agradecemos el apoyo del proyecto número 292399, financiado por el Fondo Institucional de Fomento Regional para el Desarrollo Científico, Tecnológico y de Innovación (FORDECYT-CONACYT, actualmente denominado Fondo Presupuestario F003), titulado "Generación de estrategias científico-tecnológicas con un enfoque multidisciplinario e interinstitucional para afrontar la amenaza que representan los complejos ambrosiales en los sectores agrícola y forestal de México".

### Para saber más:

- Bonilla-Landa I, Cuapio-Muñoz U, Luna-Hernández A, Reyes-Luna A, Rodríguez-Hernández A, Ibarra-Juárez LA, Suárez-Méndez G, Barrera-Méndez F, Caram-Salas N, Enríquez-Medrano JF, Díaz de León RE, Olivares-Romero JL. 2021. L-Proline as a valuable scaffold for the synthesis of novel enantiopure neonicotinoids analogs. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 69: 1455.
- Cortazar Murillo EM, Reverchon F, Guerrero Analco JA, Méndez Bravo A, Garay Serrano E. 2020. Los perfumes de las bacterias. *El Portal – Comunicación Veracruzana*, 6 de mayo 2020.
- Cruz LF, Cruz JC, Carrillo D, Mtz-Enriquez AI, Lamelas A, Ibarra-Juarez LA, Pariona N. 2021. Copper nanoparticles as a potential agent against the fungal symbionts of the invasive ambrosia beetle *Euwallacea fornicatus*. *Crop Protection*, 143: 105564.
- Luna-Hernández S, Bonilla-Landa I, Reyes-Luna A, Rodríguez-Hernández A, Cuapio-Muñoz U, Ibarra-Juárez LA, Suárez-Méndez G, Barrera-Méndez F, Pérez-Landa I, Enríquez-Medrano F, Díaz de León Gómez R, Olivares-Romero JL. 2021. Synthesis and insecticidal evaluation of chiral neonicotinoids analogs: The laurel wilt case. *Molecules*, 26: 4225.
- Reverchon F, Contreras-Ramos SM, Eskalen A, Guerrero-Analco JA, Quiñones-Aguilar EE, Rios-Velasco C, Velázquez-Fernández JB. 2021. Microbial biocontrol strategies for ambrosia beetles and their associated phytopathogenic fungi. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5: 737977.

# EN BUSCA DE ALTERNATIVAS BIOTECNOLÓGICAS PARA LA PROPAGACIÓN DEL AGUACATE

**José Luis Lorenzo-Manzanarez**

Red de Manejo Biotecnológico de Recursos, INECOL

**Carol Alexis Olivares-García**

Unidad de Investigación y Desarrollo en Alimentos, Instituto Tecnológico de Veracruz

**Eliel Ruíz-May**

Red de Estudios Moleculares Avanzados, INECOL

**Martín Mata-Rosas\***

Red de Manejo Biotecnológico de Recursos, INECOL

\*[martin.mata@inecol.mx](mailto:martin.mata@inecol.mx)

Fotografía: Sandid, Pixabay

En condiciones naturales los ecosistemas tienden a mantener un equilibrio entre los organismos y su entorno. Sin embargo, **existen factores tanto naturales como antrópicos (actividades humanas) que impactan negativamente este equilibrio y pueden provocar un desbalance, favoreciendo el crecimiento poblacional de algunas especies que pudieran convertirse en plagas**, por ejemplo, hongos, bacterias, virus, nematodos, etc., ocasionando enfermedades en sus plantas hospederas. En plantas de interés para los seres humanos, las plagas y enfermedades reducen las cosechas y la calidad del producto, además de limitar la disponibilidad de alimentos y materias primas. Ello conlleva un impacto social, económico y ecológico que puede ser muy grande.

Existen diferentes estrategias para prevenir, combatir o remediar los daños causados por las plagas y enfermedades, desde la selección de individuos resistentes o tolerantes a ellas, el uso de injertos, hasta estudios científicos que demuestran mecanismos genéticos de defensa al patógeno en cuestión, e inclusive la generación de plantas transgénicas.

Afortunadamente, **contamos con estrategias biotecnológicas como el Cultivo de Tejidos Vegetales, que han demostrado ser de gran utilidad en el estudio, propagación y conservación de un gran número de especies**, entre ellas a numerosas especies de interés comercial como el plátano, papaya, algodón, café, entre muchas más. El cultivo de tejidos vegetales abarca una gran variedad de técnicas que involucran el cultivo bajo condiciones asépticas y controladas de un gran número de estructuras vegetales como: hojas, tallos, raíces, ápices y otras, en un medio nutritivo.



Cultivo de tejido. Fotografía tomada por los autores

**La composición química de los medios de cultivo y las condiciones de incubación pueden ser modificadas para obtener las respuestas deseadas**, es decir, se pueden hacer experimentos y observar cómo crecen los tejidos vegetales modificando la composición química de los elementos que constituyen el medio (macronutrientes, micronutrientes, vitaminas y aminoácidos), así como aquellos compuestos que regulan el crecimiento de las plantas (fitohormonas).

El cultivo de tejidos vegetales es de gran utilidad para estudiar diversos aspectos fisiológicos, bioquímicos y moleculares de las plantas, con la finalidad de entender los procesos biológicos involucrados en el crecimiento celular. Otra de las grandes aplicaciones de esta técnica es la micropropagación para la producción a gran escala de plantas, tanto para fines de conservación, p. ej. plantas en peligro de extinción, como para producción masiva de plantas de importancia económica. Una de las ventajas del cultivo de tejidos vegetales o cultivo *in vitro*, es la posibilidad de producir grandes cantidades de plantas libres de patógenos y enfermedades de manera rápida y eficiente. Es de resaltar que las condiciones químicas y físicas de propagación *in vitro* deben establecerse experimentalmente para cada especie vegetal, ya que no existe una sola técnica que permita propagar todas las especies. De hecho, hay especies cuya propagación ha sido muy difícil, como es el caso de las especies leñosas, por ejemplo, el aguacate (*Persea americana*).

En las Figuras 1 y 2 se ilustra las dos principales vías de regeneración de plantas que se pueden obtener empleando las técnicas de micropropagación: la organogénesis y la embriogénesis somática.



Figura 1. Cultivo de tejidos por medio de Organogénesis de la planta carnívora *Pinguicula ibarrae*. a) Formación de múltiples brotes a partir del cultivo *in vitro* de hojas. b) crecimiento y consolidación de plantas completas de *P. ibarrae*. Fotografías: Martín Mata

La organogénesis es la formación de órganos vegetales, principalmente tallos y raíces, a partir del fragmento de tejido inicialmente cultivado. La embriogénesis somática es la formación de embriones que provienen de células o tejidos de cualquier parte de la planta, pero que a diferencia del embrión cigótico (semilla) no se formaron mediante la polinización (fecundación del óvulo por parte del polen). Los embriones somáticos tienen la capacidad de germinar y formar una planta completa de manera similar a la que se puede obtener mediante la germinación de una semilla (Figura 2).



Figura 2. Cultivo de tejidos por medio de embriogénesis somática de la magnolia. *Magnolia dealbata*. a) formación de múltiples embriones somáticos a partir de fragmentos de una plántula. b) Plantas de Magnolia obtenidas a partir de la germinación de embriones somáticos. Fotografías: Martín Mata

La cantidad de plantas que se puede obtener por cualquiera de las dos vías de regeneración antes descritas puede ser desde unas docenas hasta miles de ellas, de ahí su utilidad y el interés de poder establecer protocolos de micropropagación con el mayor número de especies posibles.

Para la producción masiva de árboles a gran escala, la embriogénesis somática es la vía de propagación más eficiente, ya que en pequeños espacios su puede producir miles de plantas idénticas (clones).

Desafortunadamente hay especies donde su cultivo *in vitro* se ha dificultado o no se ha logrado del todo, tal es el caso del aguacate, especie de gran interés biológico y económico que se ha estudiado por muchos años y que hasta la fecha no se ha logrado establecer un protocolo satisfactorio de propagación *in vitro* mediante embriogénesis somática.

Existe un gran interés mundial de propagar al aguacate variedad Hass, debido a que es la variedad más importante por su alto valor comercial, además de tener un alto valor nutricional, medicinal y cosmético. En 2019 se dedicaron 224,422 hectáreas a su cultivo, obteniendo una producción global de 7.2 millones de toneladas. México es el primer productor mundial de aguacate, aportando 30% de la producción total, con 2.3 millones de ton al año. Desafortunadamente, su producción se ha visto amenazada por diversas plagas y enfermedades, destacando la pudrición de raíz, antracnosis en fruto, mancha amarilla en las hojas y recientemente marchitez del árbol ocasionada por los complejos ambrosiales (escarabajos-hongos).

Con base a lo anterior, dentro del proyecto FORDECYT 292399, estamos tratado de comprender los mecanismos fisiológicos, bioquímicos y moleculares involucrados en el cultivo de tejidos del aguacate Hass que nos permitan entender cuáles pueden ser las causas de la baja regeneración y que nos guíen a mejorar los resultados de propagación *in vitro* que hasta la fecha se tienen.



Fotografía: Sandid, Pixabay

El protocolo básico que tenemos para la inducción de embriones somáticos en aguacate se detalla en las figuras 3 y 4. En la actualidad seguimos realizando múltiples ensayos modificando diversos componentes y condiciones físicas de los cultivos para tratar de mejorar y establecer un sistema que nos permita finalmente contar con un protocolo de propagación *in vitro* vía embriogénesis somática del aguacate, lo que representará una contribución significativa para la implementación de mejoras genéticas de la especie y la base para poder solventar los daños que pueden ocasionar las plagas y enfermedades.



Figura 3. Pasos que seguimos para el establecimiento y micropropagación vía embriogénesis somática de aguacate (*Persea americana* Mill.) a partir de embriones cigóticos inmaduros. a) Se seleccionan árboles sanos; b) Se colectan frutos de un centímetro de longitud y se desinfectan en el laboratorio con etanol al 96% y solución de cloro al 20%; c) en condiciones asépticas, se extrae el embrión cigótico; d) el embrión se siembra en medio de cultivo WP adicionado con reguladores del crecimiento para inducir la formación de embriones somáticos; e) los embriones somáticos se multiplican en medio de cultivo líquido; f) los embriones también se pueden multiplicar en medio semisólido; g) los embriones somáticos se cambian a otro medio de cultivo para su desarrollo y maduración; h) nuevo cambio de medio para la germinación y formación de plantas; i) las plantas producidas *in vitro* necesitan un periodo de aclimatación en invernadero; j) finalmente las plantas pueden usarse para la siembra en plantación. Figura elaborada por José Luis Lorenzo

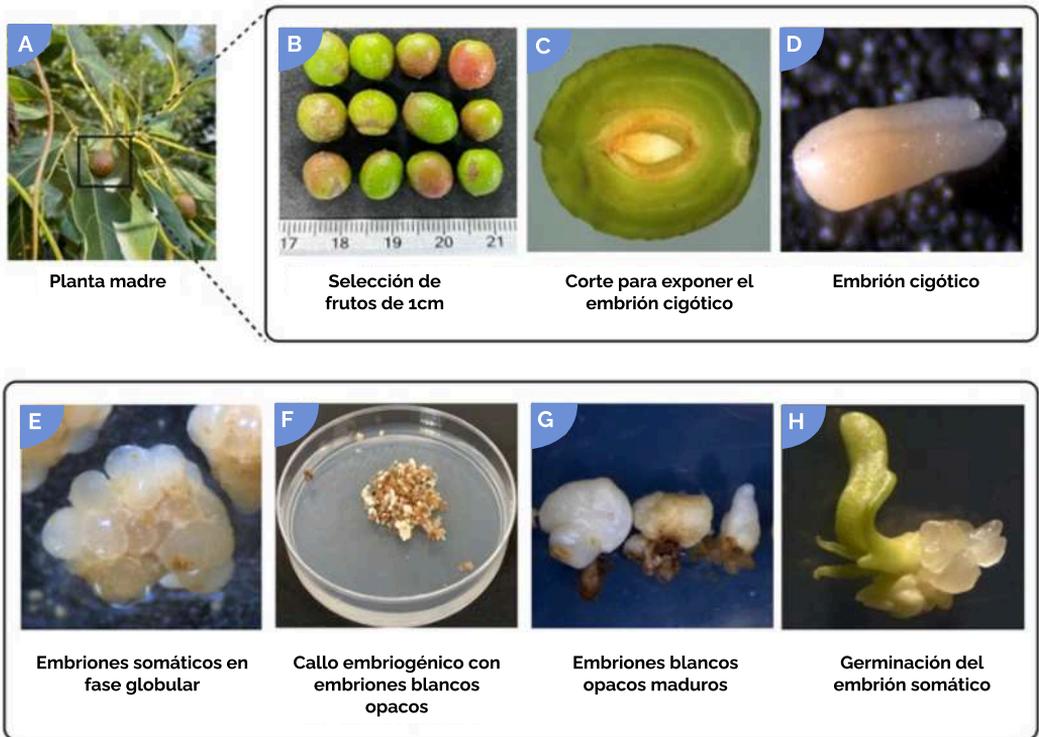
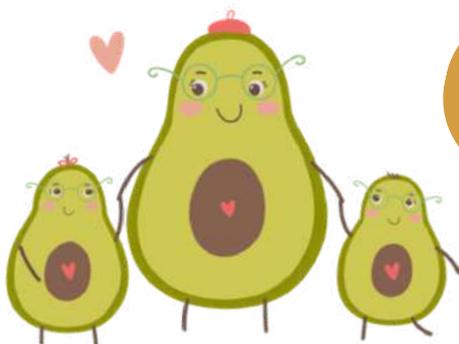


Figura 4. Proceso de propagación *in vitro* del aguacate mediante embriogénesis somática. a) Selección de plantas saludables para realizar la colecta de frutos pequeños; b) selección de frutos de un centímetro de longitud y sin señales de daños; c) en condiciones de laboratorio los frutos se desinfectan superficialmente y se cortan para extraer el embrión cigótico inmaduro; d) aspecto del embrión cigótico a cultivar *in vitro*; e) formación múltiple de embriones somáticos en fase globular a partir del cultivo *in vitro* del embrión cigótico; f) proliferación de callo embriogénico y embriones somáticos en etapas más avanzadas; g) aspecto de embriones maduros blancos opacos; h) inicio de la germinación y desarrollo de plántulas a partir de los embriones somáticos. Figura elaborada por José Luis Lorenzo



**Mami,  
cuéntanos otra  
vez cómo  
nacimos**

### Agradecimientos:

El presente trabajo se realizó gracias al apoyo del proyecto FORDECYT 292399

### Para saber más:

•Laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales (CTV): Implementación y puesta en marcha, SAGARPA, CONADESUCA. 2017.

[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/264918/Reporte\\_de\\_Proyecto\\_1\\_Laboratorio.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/264918/Reporte_de_Proyecto_1_Laboratorio.pdf)

[Click aquí](#)

•Suárez Padrón IE. 2020. Cultivo de Tejidos Vegetales. Fondo Editorial Universidad de Córdoba, Montería Colombia, 116 P. ISBN 978.958-5104-09-9 <https://repositorio.unicordoba.edu.co/bitstream/handle/ucordoba/2553/Libro%20Cultivo%20de%20Tejidos%20Vegetales%20Edición%2003-2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

[Click aquí](#)

•Hiti-Bandaralage JC, Hayward A, Mitter N. 2017. Micropropagation of avocado (*Persea americana* Mill.). American Journal of Plant Sciences, 8(11), 2898-2921.

# Ciencia Hoy

Fotografía: Pexels, Pixabay



# DEJARSE LLEVAR POR TODOS, UNA BUENA FORMA DE SER INVASORA

**Juan B. Gallego Fernández**

Departamento de Biología Vegetal y Ecología,  
Universidad de Sevilla, Sevilla, España

galfer@us.es



Flor de la "primavera de playa". Fotografía: Juan B. Gallego Fernández

Es bonita, con sus grandes flores amarillas. Ahí en las dunas, casi en la playa. Sin embargo, no salió del Golfo de México porque la eligieran. La metieron en un barco, por casualidad, y poco sabía ella que iría muy lejos, hasta el otro lado del mundo.

**La “primavera de playa”** (*Oenothera drummondii* subsp. *drummondii*) **es una mata herbácea perenne, de la familia Onagraceae.** Sus poblaciones nativas se encuentran en dunas costeras del sureste de Norteamérica, sobre todo en el Golfo de México, desde Florida, USA hasta Tabasco, México. Fuera de aquí, la encontraron por primera vez en 1871 en Egipto. En Palestina en 1902, y ahora ocupa las dunas de toda la costa de Israel. Tan común se ha hecho que alrededor de 1960 emitieron un timbre postal creyendo que era propia del país (Figura 1). En China, en Australia, en Marruecos, en España, en Sudáfrica y en Perú, entre 1912 y 1938. Mucho después, en Nueva Zelanda desde 1997 y su residencia más reciente en la costa mediterránea de Francia. Habita hoy, por tanto, en 12 países de los 5 continentes.

Como se podía esperar, **al ser una planta típica de las costas, se ha establecido en las playas y dunas de los diferentes países a los que ha llegado,** justo entre la orilla del mar y los primeros cordones dunares costeros. Pero curiosamente le ha importado muy poco el clima. Desde su cálido y húmedo origen tropical, se ha asentado en regiones frescas y lluviosas del norte de España y Nueva Zelanda, y en costas mediterráneas, cálidas y secas en verano, en Israel, en Egipto, en el oeste de Australia y suroeste de España. **La adaptación a nuevos climas ha sido una de las claves de su éxito.**

¿Quién la llevó desde el Golfo de México? Pues parece que fue de polizón en barcos mercantes. Fue un caso de introducción no intencionada, como muchas otras. Está documentado que llegó a Australia desde Texas, en barcos que iban de vacío a la costa este, a puertos como Newcastle, donde cargaban carbón. Antes de hacer la carga, vaciaban el lastre del barco, que en la primera mitad de siglo XX aún podía ser de lastre sólido, y lo depositaban en zonas inmediatas al puerto, a veces en dunas y playas.



Individuo en flor de "la primavera de playa" en paisaje de dunas costeras. Fotografía: Juan B. Gallego Fernández. Arriba a la derecha: Timbre postal. Disponible dando click aquí

El lastre, embarcado en Texas, lo formaban materiales pesados, baratos y cercanos al puerto, arena de playa y dunas, y todo lo que en éstas había, animales y plantas, frutos y semillas de la "primavera de playa". Este modo de dispersión, común en el pasado, pero hoy día improbable, también ha sido propuesto para otras especies de *Oenothera* que llegaron a Sudáfrica, incluyendo a la protagonista de la historia, *O. drummondii*. Desde los puertos de entrada a cada país, la "primavera de playa" fue expandiéndose a lo largo del litoral. Como resultado, **hoy día, sus poblaciones se extienden centenares de kilómetros a lo largo de la costa de Israel y del sur de España, y casi 3000 km en las costas orientales y occidentales de Australia.**

Pero ¿cómo lo ha hecho? Pues como ha podido, dejándose llevar, flotando. Sus semillas, como diminutos balones de rugby de apenas 1.2 x 0.6 mm (Figura 2), en su mayor parte no flotan, pero algunas, un 0.63%, sí son capaces de hacerlo, y además germinan. No parecen muchas, pero cada planta puede producir al año en torno a las 30,000 semillas, esto es, por cada planta, casi 200 semillas son capaces de flotar manteniendo su capacidad de germinación y pueden llegar a playas nuevas. Las semillas pueden iniciar su navegación cuando ocurren tormentas extraordinarias que, al erosionar la playa y dunas, arrastran la arena y las semillas que contiene. De esta manera, van haciendo escala de playa en playa. Tras una buena lluvia que les lave la sal pueden germinar e intentar establecer nuevas poblaciones.

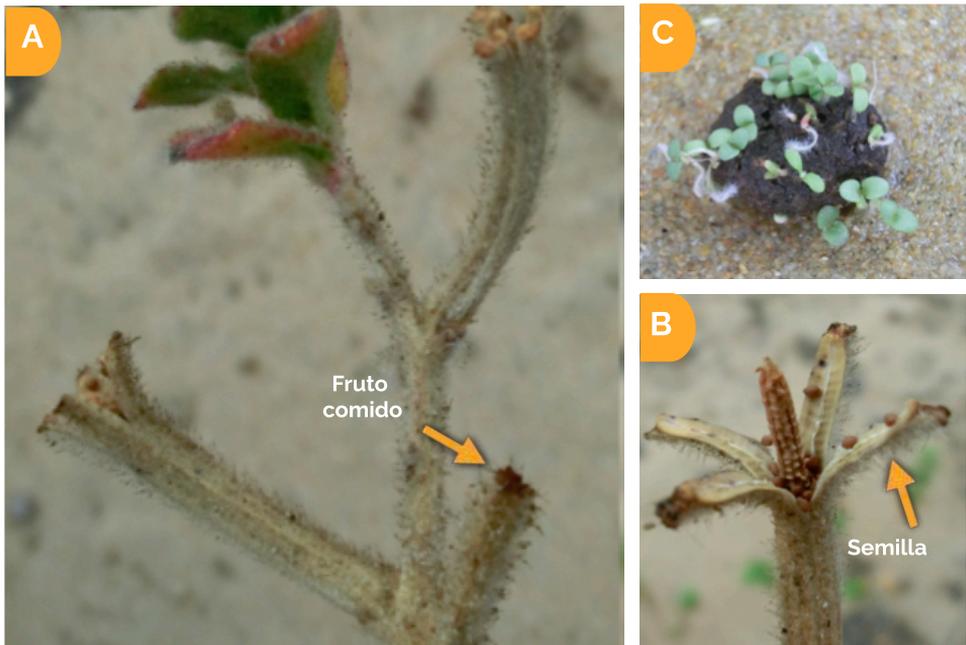


Figura 2. A) Frutos de *Oenothera drummondii*, intactos y depredados por liebre; B) fruto abierto con semillas; C) Plántulas germinadas en excremento de liebre.  
Fotografías: Juan B. Gallego Fernández



Observación en campo de "primavera de playa". Fotografía: Juan B. Gallego Fernández

**Las semillas de la "primavera de playa" están diseñadas para caer al suelo bajo la planta madre, al menos aparentemente, ya que no presentan estructuras morfológicas que indiquen lo contrario.**

De hecho, las poblaciones de esta especie presentan un banco de semillas con una densidad muy elevada bajo las plantas madre. Sin embargo, las semillas son como un grano de arena más, y eso en la costa significa dejarse llevar por el viento. Así es, en la playa alta desnuda de vegetación, en invierno después de lluvias copiosas que lavan la sal, se puede observar cómo miles de plántulas la ocupan, proceden de semillas que fueron arrastradas por el viento desde las primeras dunas y la playa. De igual modo, las semillas pueden ser transportadas hacia las dunas interiores. Las primeras sucumbirán por la acción del mar, en cambio las segundas podrán contribuir a mantener sus poblaciones.

En general, las poblaciones nativas y no nativas de la "primavera de playa" han podido expandirse y mantener las nuevas zonas ocupadas mediante estos cuatro modos de dispersión: gravedad, aire, agua y "comercio" (Figura 3). Son poblaciones de reducido tamaño, con aparente irrelevancia en la vegetación de dunas costeras. Sin embargo, en el sur de España se localizan dos poblaciones muy extensas y numerosas, una de ellas, en las dunas del Dique en Huelva, que alcanza a tener unos 4 millones de individuos en 80 ha. Aquí ya hablamos de la americana "primavera de playa" como conquistadora, invasora, es decir, una especie de planta exótica que deprime la biodiversidad del ecosistema receptor y altera su funcionamiento. A diferencia del resto de poblaciones del mundo, en el Dique las semillas de la "primavera de playa" han encontrado otra forma de dejarse llevar. Las liebres comen sus frutos y en sus heces dispersan miles de semillas, sembrando la planta en todos los rincones del arenal.



Figura 3. Escalas espaciales de dispersión de semillas de *Oenothera drummondii*.  
Modificado de Gallego-Fernández et al. (2021)

Pero no basta dejarse llevar por todos para que una planta llegue a ser invasora. Adaptarse al nuevo clima, poder reproducirse y encontrar sistemas de polinización eficientes también ha sido clave. Queda por saber cuáles fueron los caminos que tomó la especie desde el Golfo de México, y que dieron lugar a la distribución mundial actual, pero eso es otra historia que cuenta la genética, y que ahora se está desentrañando en el INECOL.

### Agradecimientos:

Proyecto: Identificación de los factores que contribuyen al éxito invasor de *Oenothera drummondii* en dunas costeras (CGL2015-65058-R, España). Equipo: Marisa Martínez, José G. García Franco, Jorge González Astorga, Alejandro Espinosa y Raquel Hernández (INECOL); Gabriela Mendoza y Frida Castillo (UNAM-Sisal); María Zunzunegui, MariCruz Díaz, José Angel Morales (Universidad de Sevilla).

**Para saber más:**

•Castillo-Infante, F.R.; Mendoza-González, G.; Rioja-Nieto, R.; Gallego-Fernández, J.B. 2021. Range Shifts in the Worldwide Expansion of *Oenotheradrummondii* subsp. *drummondii*, a Plant Species of Coastal Dunes. *Diversity* 13: 603. <https://doi.org/10.3390/d13110603>

[Click aquí](#)

•Gallego-Fernández JB, Martínez ML, García-Franco JG, Zunzunegui M. 2019. The impact on plant communities of an invasive alien herb, *Oenotheradrummondii*, varies along the beach-coastal dunes gradient. *Flora* 260:151466. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2019.151466>

[Click aquí](#)

•Gallego-Fernández JB, Martínez ML, García-Franco JG, Zunzunegui M. 2021. Multiple seed dispersal modes of an invasive plant species on coastal dunes. *Biological Invasions* 23:111-127. <https://doi.org/10.1007/s10530-020-02359-6>

[Click aquí](#)

•Gallego-Fernández JB, García-Franco JG. 2021. Floral traits variation in *Oenotheradrummondii* subsp. *drummondii* across a wide latitudinal range of native and non-native populations. *Flora* 280: 151851. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2021.151851>

[Click aquí](#)

\*Primavera de playa!. Fotografía: Juan B. Gallego Fernández

# EL GARAMBULLO: ACTOR Y ESCENARIO DE UNA TRAMA COMPLEJA DE INTERACCIONES

**Alicia Callejas Chavero\***

Departamento de Botánica, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN

**Carlos Fabián Vargas Mendoza**

Departamento de Zoología, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN

**Arturo Flores Martínez**

Departamento de Botánica,  
Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN

\*[alicallejas@hotmail.com](mailto:alicallejas@hotmail.com)

Matorral xerofilo en el sitio de estudio, Huichapan, Hidalgo.  
Fotografía: Arturo Flores Martínez

Los organismos en condiciones naturales no se encuentran solos, conviven con diferentes especies al mismo tiempo, afectando positiva o negativamente a los individuos con los que interactúan. Estas interacciones entre especies son importantes en procesos evolutivos, en el ensamble y estructura de las comunidades, para el mantenimiento de la biodiversidad y en el funcionamiento de los ecosistemas. El estudio de las interacciones puede ser relativamente sencillo si se consideran solamente relaciones entre dos especies, como cuando estudiamos el efecto de un escarabajo depredador de semillas sobre la germinación de éstas. Pero también puede ser complejo cuando se incluyen varias especies del sistema a la vez. A este enfoque se le conoce como estudio de interacciones multitróficas o multiespecíficas. Las plantas son un buen escenario de interacciones multitróficas ya que interactúan simultáneamente con

organismos del suelo, polinizadores, herbívoros, dispersores, patógenos, competidores y facilitadores. Los estudios de interacciones multitróficas que involucran plantas han permitido conocer con mayor detalle, por ejemplo, si las plantas o sus enemigos naturales regulan la dinámica de las comunidades de sus herbívoros y cómo algunas interacciones pueden mediar o intensificar los efectos de otras interacciones.

En el Laboratorio de Ecología Vegetal de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del IPN llevamos más de 10 años trabajando con sistemas que involucran varias especies. El sistema que hemos estudiado con mayor detalle es el que tienen como actor principal al garambullo, *Myrtillocactus geometrizans*, una cactácea endémica común en las zonas áridas del centro de México (Figura 1). Este cactus establece relaciones directas e indirectas con numerosas especies de artrópodos.



Figura 1. Garambullo, *Myrtillocactus geometrizans*, en un matorral xerófilo en Huichapan, Hidalgo. Fotografía: Arturo Flores Callejas

El garambullo no solo es importante desde el punto de vista ecológico, sino también debido a que localmente las personas lo aprecian por sus flores y frutos, además de usarlo como cerca viva y combustible. Tal es su importancia, que hace algunos años se solicitó al senado de la república diseñar una estrategia dirigida a su conservación, ya que sus poblaciones se han venido reduciendo en distintas zonas del centro de México. En este contexto, conocer los factores que pueden afectar al garambullo, incluidas las interacciones que sostiene con otras especies, adquiere mayor relevancia.

Sobre este sistema hemos estudiado a dos especies de insectos fitófagos (esto es, se alimentan de plantas) conocidos como escamas por su forma aplanada: *Opuntiaspis philococcus* (Hemiptera), llamada escama armada, y *Toumeyella martinezae* (Hemiptera), escama blanda. Esta última establece una relación mutualista con la hormiga escamolera *Liometopum apiculatum* (Himenoptera) donde ambas especies se ven beneficiadas (Figura 2).

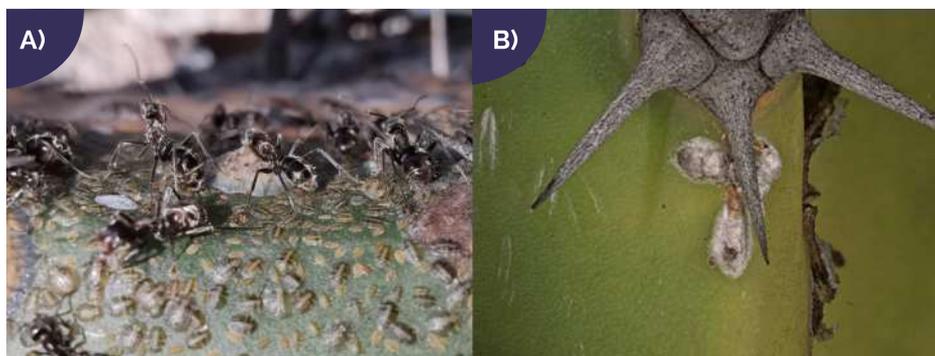


Figura 2. A) Escama blanda, *Toumeyella martinezae*, con su hormiga mutualista, *Liometopum apiculatum*, y B) Escama armada, *Opuntiaspis philococcus*. Fotografías: (A) Arturo Flores Martínez, (B) Diana Martínez Hernández

La hormiga acicala y protege a la escama blanda para obtener de ella un líquido rico en carbohidratos (ambrosia) que usa como alimento. Además, la hormiga protege a la escama de sus enemigos naturales (depredadores y parasitoides) y la mueve a lugares favorables para su establecimiento. La escama armada no tiene la capacidad de producir ambrosia ni se ha reportado asociación alguna con hormigas.

Ambas escamas, en su primera fase de desarrollo se mueven y colonizan ramas jóvenes de la planta, posteriormente se establecen y se mantienen sésiles hasta completar su ciclo de vida. Las dos especies de escamas se pueden encontrar simultáneamente en el garambullo y son, a su vez, utilizadas como hospederos por diferentes especies de parasitoides (insectos cuyas larvas se desarrollan en el interior de otro insecto, del cual también se alimentan) (Figura 3).

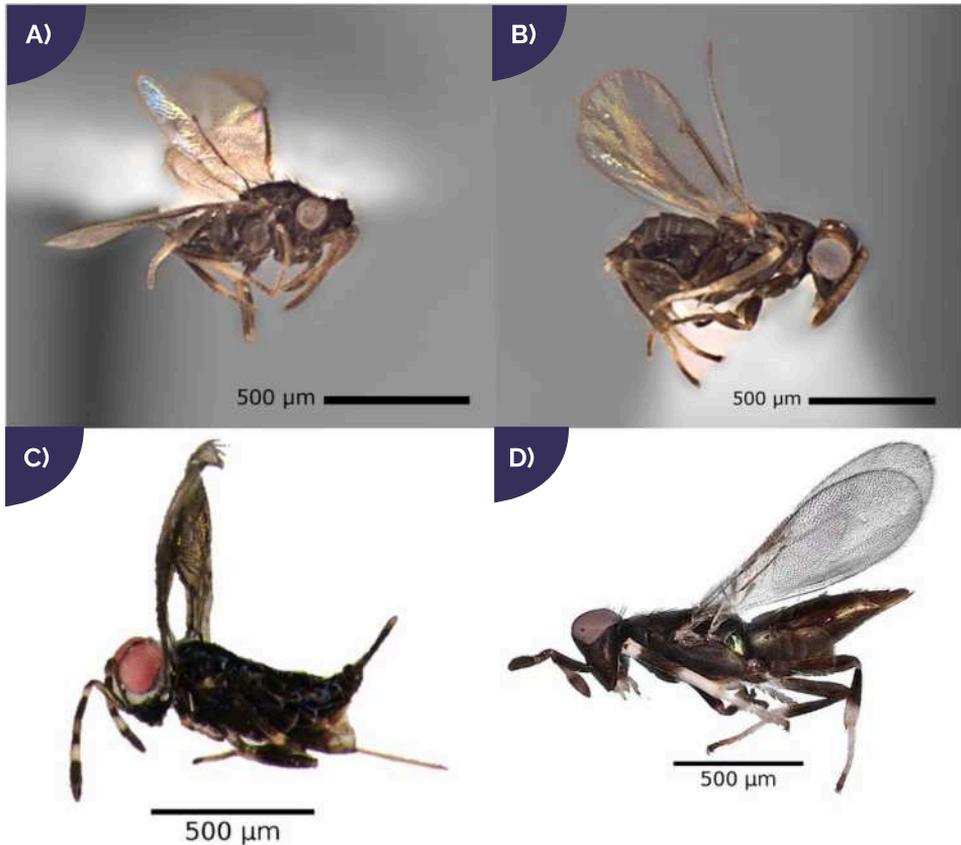


Figura 3. Parasitoides de la escama blanda, *Toumeyella martinezae*; A) *Mexidalgus toumeyellus* (Hymenoptera) y B) *Coccophagus ruizi* (Hymenoptera). Fotografías: Jorge Valdez Carrasco. Parasitoides de la escama armada, *Opuntiaspis philococcus*; C) *Plagiomerus diaspidis* y D) *Ablerus bajacalicornicus*. Fotografías: Alejandra Islas Estrada

Hemos encontrado también que existe una relación de competencia asimétrica entre las escamas, esto es, el efecto que se producen entre ellas es de magnitud diferente y varía en función de la presencia de las hormigas. La escama blanda resiente menos la presencia de su competidor en presencia de la hormiga, lo cual se refleja en abundancias mayores que la de su competidora, la escama armada (Figura 4A). En cambio, en ausencia de la hormiga, el efecto del competidor es más fuerte y la abundancia de la escama blanda se reduce considerablemente (Figura 4B).

Los dos insectos fitófagos afectan negativamente a la planta hospedera tanto en su crecimiento, como en la producción de flores, frutos y semillas; sin embargo, la magnitud con la que lo hacen difiere entre especies. La escama armada causa menor daño al garambullo que la escama blanda. También hemos observado que cuando las poblaciones de la escama blanda son muy altas, la ambrosía secretada y no aprovechada por las hormigas facilita la aparición de un hongo (*Fumagospora* sp.) que causa la muerte de las ramas y en algunos casos de la planta completa.

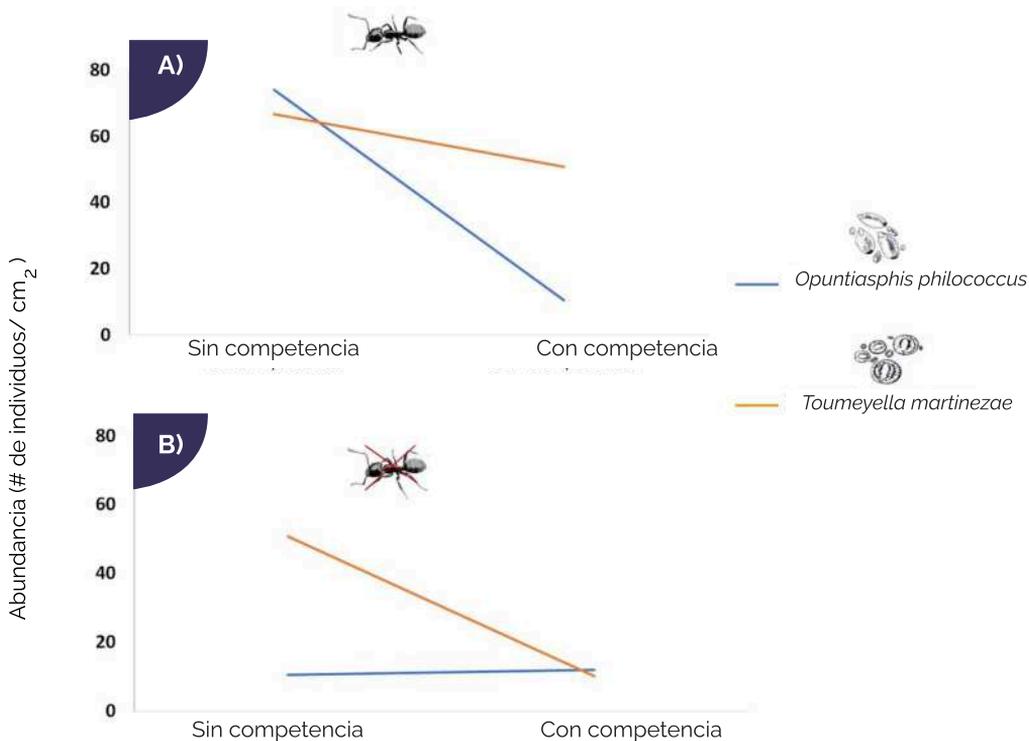


Figura 4. Efecto de la competencia entre las escamas del garambullo en presencia y ausencia de la hormiga escamolera. (A) La abundancia de las escamas se reduce en presencia de su competidor y que esta reducción es más marcada en la escama armada *O. philococcus*. (B) La reducción en el número de la escama blanda es mayor cuando no está presente su hormiga mutualista. Figura y resultados: Alejandra Moncada Orellana

Estamos en proceso de evaluar el resultado neto de la interacción entre el garambullo con las hormigas. Tenemos dos hipótesis, la primera es que, al fomentar el crecimiento de la población de la escama blanda, las hormigas producirían un efecto indirecto negativo sobre el garambullo. La segunda hipótesis es que el efecto neto de las hormigas sobre el cactus puede ser positivo ya que, al visitar a las flores y los frutos de la planta, posiblemente ahuyentan a otros herbívoros incrementando la producción de semillas.

El otro componente en este sistema son los parasitoides de las escamas, unos pequeños insectos cuyas larvas crecen dentro del cuerpo de las escamas y al final de su desarrollo le ocasionan la muerte. Hasta ahora solo hemos evaluado su efecto sobre la escama blanda (*Toumeyella martinezae*) y encontramos, por ejemplo, que el porcentaje de escamas atacadas por parasitoides se reduce a la mitad cuando es protegida por la hormiga.



Garambullo infestado por el hongo negro cuya presencia se ve favorecida por el exceso de ambrosía secretada por la escama blanda. Fotografía: Arturo Flores Martínez

También, a partir de un estudio demográfico, encontramos que la tasa de crecimiento poblacional de la escama blanda depende de la hormiga y es más importante cuando los parasitoides están presentes; si las escamas no son atendidas por las hormigas su tasa de crecimiento poblacional es negativa. En este escenario multitrófico, los parasitoides y las hormigas se afectan mutuamente de manera negativa: las hormigas evitan que los parasitoides tengan acceso a sus hospederos (escamas) y, a su vez, los parasitoides afectan la sobrevivencia de las escamas y, con ello, la disponibilidad de alimento para las hormigas.

**A pesar de que ahora conocemos más la ecología del garrapato y sus especies asociadas, por cada respuesta que obtenemos surgen otras preguntas de investigación; explorarlas nos ha permitido entender la complejidad de la red de interacciones en torno al garrapato y de los factores y procesos que estructuran algunas comunidades de zonas áridas.** Es importante aclarar y resaltar que los resultados antes mencionados son producto del trabajo de alumnos y colegas, que han derivado en seis tesis de licenciatura y tres de maestría concluidas, así como cuatro más que están en proceso.



Algunos integrantes del laboratorio de Ecología Vegetal, ENCB-IPN.  
Fotografía: Arturo Flores Martínez

**Para saber más:**

•Callejas-Chavero A, Martínez-Hernández D, Flores-Martínez A, Moncada-Orellana A, Díaz-Quiñonez Y, Vargas Mendoza CF. 2020. Herbivory in Cacti: Fitness effects of two herbivores, one tending ant on *Myrtillocactus geometrizans* (Cactaceae). In Núñez-Farfán J, Valverde PL (eds.), *Evolutionary Ecology of Plant-Herbivore Interaction*. Springer International Pub. pp: 109-134. ISBN: 9783030460143. DOI: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-46012-9>. [Click aquí](#).



Matorral xerófilo en el sitio de estudio, Huichapan, Hidalgo  
Fotografía: Arturo Flores Martínez



# Jovenes Científicos

Fotografía: Yaroslav Shuraev, Pexels



# PECES Y CANGREJOS, INDICADORES DE LA RESTAURACIÓN EN EL MANGLAR

**Karla María Carrera-Barojas**  
Posgrado, INECOL

**Ana Laura Lara-Dominguez\***  
Red de Ecología Funcional, INECOL

\*ana.lara@inecol.mx

Fotografía: larsen9236, Pixabay

**Los manglares son bosques que se encuentran en la transición entre la tierra y el mar.** Se distribuyen principalmente en las regiones tropicales y subtropicales del mundo creciendo en las orillas de estuarios, deltas de ríos y lagunas costeras. La vegetación que los conforma está bien adaptada a las condiciones extremas de la zona costera como son la salinidad, mareas, fuertes vientos y altas temperaturas.

**Los árboles de mangle presentan adaptaciones morfológicas y fisiológicas únicas que les permiten crecer de forma exuberante en ambientes tropicales extremos.** Algunas de estas adaptaciones son: raíces respiratorias expuestas sobre el suelo (conocidas como neumatóforos), estructuras de soporte adicionales al tronco (contrafuertes y raíces aéreas), hojas con glándulas excretoras de sal y propágulos vivíparos. Los propágulos son semillas que permanecen en el árbol hasta que germinan, de modo que una vez que se liberan en el agua, la semilla puede comenzar a echar raíces inmediatamente (Figura 1 y 2).



Figura 1. Árbol de mangle rojo (*Rizophora mangle*) en el manglar asociado a la Laguna de Sontecompan, Veracruz. Fotografía: Moises Rivera Rodríguez

**Debido a sus características estructurales y funcionales los ecosistemas de manglar ofrecen múltiples servicios ambientales.** Por ejemplo, protegen y estabilizan la zona costera, capturan grandes cantidades de carbono, fertilizan las aguas costeras con nutrientes, mejoran la calidad del agua y proporcionan productos forestales. Además, son considerados un hábitat ecológico importante para numerosas especies tanto de origen terrestre como marino.

**El manglar es el área de reproducción, crianza, refugio y alimentación de una gran diversidad de organismos como peces y cangrejos.** Los peces forman parte de una compleja red trófica, sirven de alimento para cocodrilos, aves y otros organismos que habitan en el manglar. Además, favorecen el intercambio de energía entre ecosistemas adyacentes, ya que varias especies migran hacia ecosistemas marinos en alguna etapa de su ciclo de vida.

Los cangrejos, son habitantes del manglar que desempeñan un papel muy importante dentro del bosque porque al excavar sus madrigueras, remueven el suelo, favoreciendo el intercambio de gases y la acción de microorganismos que se encargan de descomponer la materia orgánica (Figura 3). Por lo anterior, los científicos estudiamos la presencia de estos organismos como indicador de la salud del ecosistema y también para visualizar la trayectoria de su recuperación.

En México, al igual que en el resto del mundo, se ha perdido entre una tercera parte y la mitad de la cobertura original de manglares.



Figura 2. Semilla vivípara de mangle rojo (propágulo) colgando del árbol padre.  
Fotografía: Ángel Zaragoza Méndez



Figura 3. Madriguera de cangrejo en el manglar.  
Fotografía: Karla María Carrera-Barojas



Montículos para elevar el microrelieve en el área en restauración cubiertos por plántulas de mangle. Al fondo se observan las chimeneas de la Central Termoeléctrica "Adolfo López Mateos". Fotografía: Karla María Carrera-Barojas

Esta pérdida se atribuye a la presencia de diferentes acciones humanas que pueden ser directas (que suceden dentro de los bosques de mangle) e indirectas (que suceden fuera del manglar, pero su cercanía provoca importantes efectos negativos). Por ejemplo, de manera directa la extracción de madera no regulada ocasiona la pérdida de la cobertura vegetal y destrucción del bosque.

De manera indirecta, la construcción de caminos o carreteras, la urbanización de las zonas costeras y el desarrollo de obras de infraestructura para la explotación y transporte de petróleo o líneas de distribución de energía eléctrica alteran los flujos de agua y sedimentos en el manglar, los cuales son seguidos por cambios estructurales y alteraciones de las funciones ecológicas. En casos de alteraciones extremas de estos flujos, se ocasiona la muerte del manglar.

Ante la degradación de los manglares, en los últimos años se ha prestado especial atención a su recuperación mediante programas de restauración que permitan mitigar o revertir los impactos de las modificaciones de este ecosistema, las cuales en su mayoría afectan la hidrología y topografía del sitio. Un ejemplo de degradación del funcionamiento del manglar se observa en la Laguna de Tampamachoco en el estado de Veracruz. En este caso, la construcción de tres terraplenes para ubicar torres de alta tensión de la "Central Termoeléctrica Adolfo López Mateos", provocó la degradación de aproximadamente 60 ha de manglar. Los terraplenes bloquearon el flujo del agua con lo que se modificó totalmente el hidroperiodo, reflejándose en el incremento de la salinidad a niveles no tolerados por los manglares.

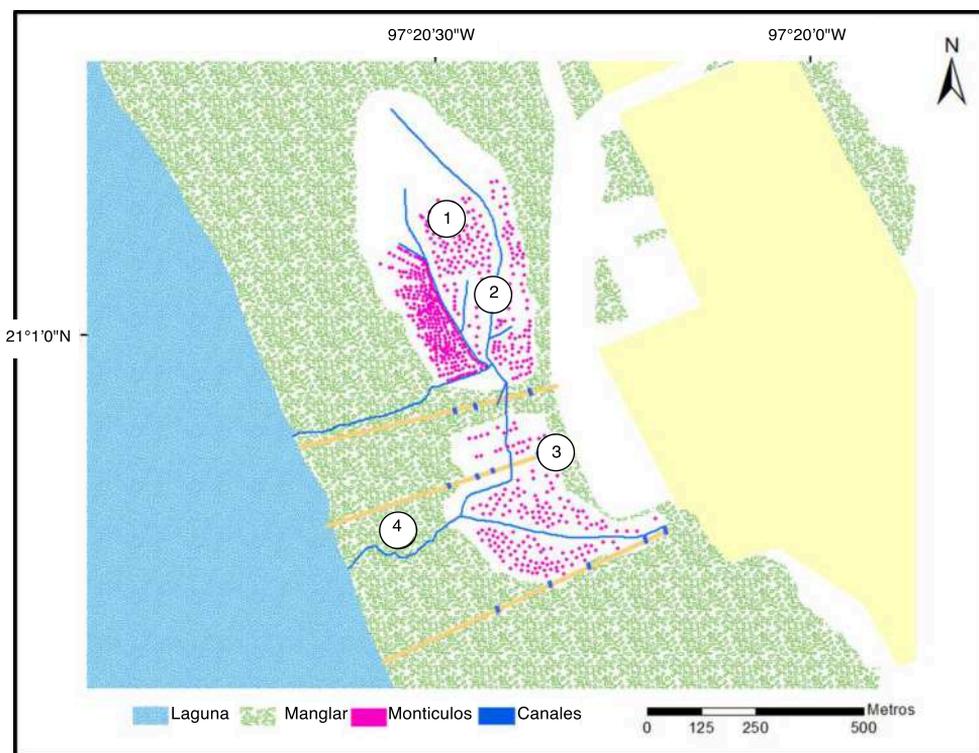


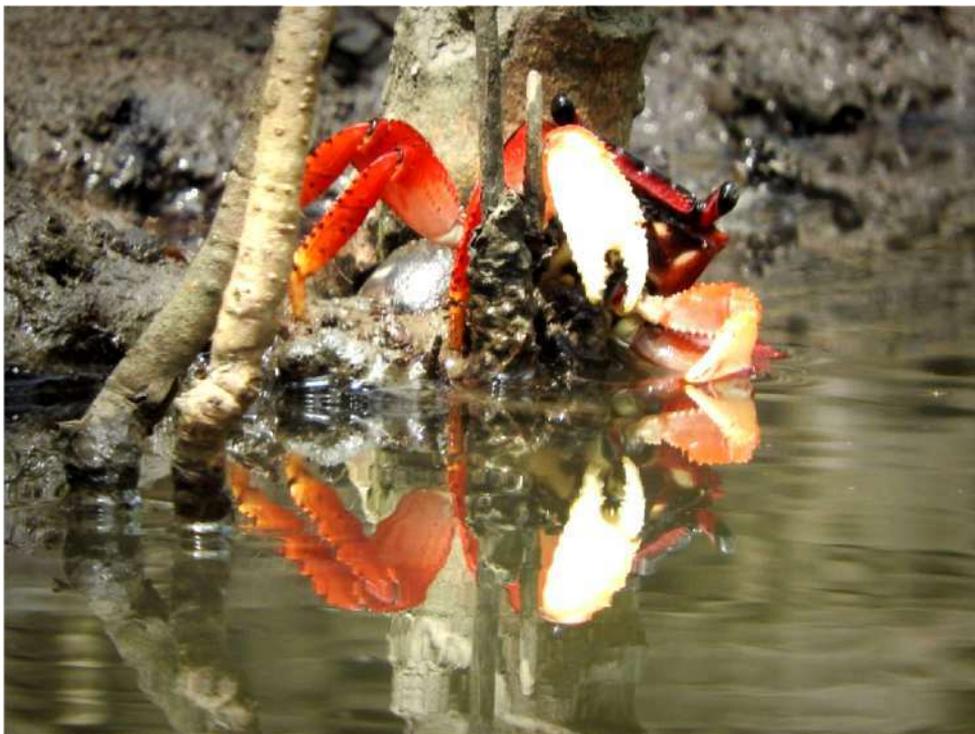
Figura 4. Sitio de estudio en el manglar asociado a la laguna de Tampamachoco, Tuxpan, Veracruz. 1) Montículos para elevar el microrelieve, 2) Canales en el área de manglar muerto, 3) Canales transversales a los terraplenes para permitir el flujo de agua entre las áreas norte y sur de manglar en restauración, 4) Canales que conectan el área de manglar en restauración con la laguna y las áreas de manglar conservado. Mapa: Karla María Carrera-Barojas

Para atender esta problemática, a partir del 2011 investigadores del INECOL han realizado diversos proyectos de restauración que inicialmente permitieron comprender la dinámica del ecosistema deteriorado, lo que facilitó el desarrollo de las siguientes estrategias: 1) Apertura de canales transversales a los terraplenes que permitieron el flujo de agua entre las áreas de manglar muerto; 2) Apertura de canales que permitieron conectar la zona de manglar muerto con la laguna y áreas de manglar conservado; 3) Creación de montículos (5 m de diámetro y 40 cm de altura) a lo largo de las zonas con manglar muerto para facilitar el establecimiento de propágulos (Figura 4). Como parte del monitoreo y evaluación de las estrategias de restauración implementadas, estamos realizando un estudio en el que: 1) Evaluamos la abundancia de peces en los canales dentro del área en restauración, en los canales adyacentes al manglar conservado y en la laguna,

ya que es de donde los peces ingresan al sistema de canales, y 2) cuantificamos la densidad de madrigueras de cangrejo en los montículos dentro del área en restauración y las comparamos con la densidad presente en el manglar conservado. Los resultados preliminares del estudio muestran una tendencia de recuperación de los atributos del ecosistema de manglar, lo que permite la recolonización de organismos que anteriormente no se registraban en el área degradada. La abundancia de peces ha sido la misma en las tres áreas de muestro (laguna, canales adyacentes al manglar conservado y canales dentro del área en restauración). Hasta el momento se han registrado 16 especies, de las cuales, cuatro son de importancia comercial (mojarras, robalos, sábalos y lebranchas). Cabe destacar que la mayoría de los individuos capturados en los canales son de talla pequeña, lo que nos indica que se están utilizando como sitios de crianza y alimentación.



Muestreo de peces en canales artificiales dentro del área en restauración.  
Fotografía: Karla María Carrera-Barojas



Cangrejo rojo (*Goniopsis cruentata*) en el manglar asociado a la Laguna de Tampamachoco, Tuxpan, Veracruz. Fotografía: Karla María Carrera-Barojas

Con respecto a los cangrejos, hemos observado que los montículos ofrecen una mayor disponibilidad de hábitat para las especies que viven en el manglar y las áreas en restauración. La densidad de madrigueras ha sido mayor en el manglar conservado, pero cuando este permanece inundado por un largo periodo los cangrejos migran a las áreas cercanas (incluidos los montículos) para establecer sus madrigueras.

La información generada en este estudio es fundamental para conocer la eficacia de las estrategias de restauración implementadas y a su vez, para evaluar los cambios graduales y el avance de las acciones de restauración hacia el ecosistema de referencia. Además, el estudio de los peces y cangrejos como indicadores de la recuperación de los atributos del manglar nos permite comprobar la importancia que representan las estrategias de restauración para los diferentes grupos de fauna.

### Agradecimientos:

A los Drs. Fabiola López Barrera, Jorge Alejandro López-Portillo Guzmán y Luis Armando Ayala Pérez, por su asesoramiento en el desarrollo de este proyecto. Al Instituto de Ecología A.C. (INECOL) por brindarme el espacio para realizar mis estudios de posgrado, al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por otorgarme la beca no. 1066676. A los técnicos participantes en el proyecto de restauración: Biol. Moises Rivera Rodríguez, Biol. Arlene Ibarra Villanueva, Biol. Mauricio Hernández Sánchez, y Biol. Yuridiana Gonzáles Gonzáles.

### Para saber más

•Calderón C, Aburto O, Ezcurra E. 2009. El valor de los manglares. *Biodiversitas* 82, 1-6. [Click aquí](#)

•López-Portillo J, Lara-Domínguez AL. 2019. Los manglares como bioindicadores. En: Rivera-Arriaga E, Sánchez-Gil P, Gutiérrez J (eds). *Tópicos de Agenda para la Sostenibilidad de Costas y Mares Mexicanos*. Universidad Autónoma de Campeche. Red RICOMAR. pp. 69-86. [Click aquí](#)

Valiela I, Bowen JL, York JK. 2001. Mangrove forests: one of the world's threatened major tropical environments at least 35% of the area of mangrove forests has been lost in the past two decades, losses that exceed those for tropical rain forests and coral reefs, two other well-known threatened environments. *Bioscience* 51:807-815.

# LA ESTRECHA RELACIÓN ENTRE PLANTAS Y DUNAS AMORTIGUA EL IMPACTO DE LAS TORMENTAS

**Carmelo Maximiliano-Cordova\***

Posgrado del INECOL

**M. Luisa Martínez**

Red de Ecología Funcional, INECOL

\*[cmcordova14@gmail.com](mailto:cmcordova14@gmail.com)

Fotografía: Pixabay, Pixabay

## Playas, dunas y plantas dan origen a las biogeofomas

Las dunas costeras y las plantas que crecen sobre ellas mantienen una relación estrecha. Por un lado, las dunas son el hábitat para diferentes especies vegetales y determinan su distribución en el gradiente playa-duna. Por otro, las plantas modifican el relieve gracias a la acumulación de arena alrededor de sus ramas y hojas (Figura 1). **Una característica peculiar de las plantas de dunas es la capacidad de mantener su crecimiento aun cuando son cubiertas por arena.** De esta manera, captan arena y las dunas continúan creciendo. Durante este proceso, las plantas dan forma a las dunas y, dependiendo de las características de

cada especie se desarrollan distintas formas de dunas. También, las plantas brindan estabilidad y resistencia a las dunas previniendo su erosión por el viento o por el oleaje.

La relación entre las plantas y las dunas da origen a las biogeofomas. El nombre hace referencia a que los seres vivos (bio) (en este caso las plantas) le dan forma a la topografía (geoforma) y a la inversa, las formas de las dunas determinan los hábitats para el crecimiento de las plantas.

**Las biogeofomas son importantes en la dinámica de los paisajes, por ejemplo, frente al impacto de ciclones y tormentas.**



Figura 1. Dunas formadas por la especie *Ipomoea pes-caprae* (riñonina) en El Farallón, una playa del centro de Veracruz. Fotografía: C. Maximiliano

## Ciclones y tormentas también moldean playas y dunas

Los fenómenos naturales como ciclones tropicales y tormentas invernales influyen en la relación planta-duna y moldean el relieve costero. Las marejadas ocasionadas por las tormentas desplazan la arena y también pueden inducir inundaciones. Estos eventos forman parte de la dinámica natural de las costas y mantienen el movimiento de la arena y la presencia de una gran biodiversidad (Figura 2). A este tipo de interacción entre elementos bióticos (seres vivos), abióticos (ambiente donde se desarrollan) y los disturbios (tormentas) se le conoce como régimen de disturbios biogeomorfológicos. **El estudio de estos regímenes es importante para conocer la respuesta de las biogeofomas ante disturbios y cómo podrían responder ante cambios globales naturales o inducidos por los seres humanos.**

## Alteraciones en la dinámica natural de playas y dunas

Asociado con el calentamiento global, en las últimas décadas se ha registrado un creciente número de huracanes de mayor intensidad. Durante estas tormentas, el oleaje rompe en la parte alta de las playas o sobre las dunas y es posible que remueva la arena hacia el mar, a profundidades desde donde el oleaje y el viento no podrán transportarla de vuelta a la playa. De esta forma se dificulta la recuperación de las dunas durante la época de calma. Aunado a lo anterior, **existe un fuerte déficit de sedimentos en muchas playas del mundo provocado por una gran variedad de construcciones tales como presas en los ríos o estructuras de protección en las costas**, los cuales interrumpen la dinámica sedimentaria del litoral. Además, en muchas zonas turísticas las playas se mantienen aplanadas y sin vegetación. Todas estas alteraciones han dado como resultado la pérdida de las biogeofomas provocando el deterioro del funcionamiento del sistema. La ausencia de las barreras naturales que representan las biogeofomas aumenta la probabilidad de eventos de erosión e inundación por marejadas.



Las dunas cubiertas por vegetación ya se utilizan para la protección de construcciones. Fotografía: M.L. Martínez

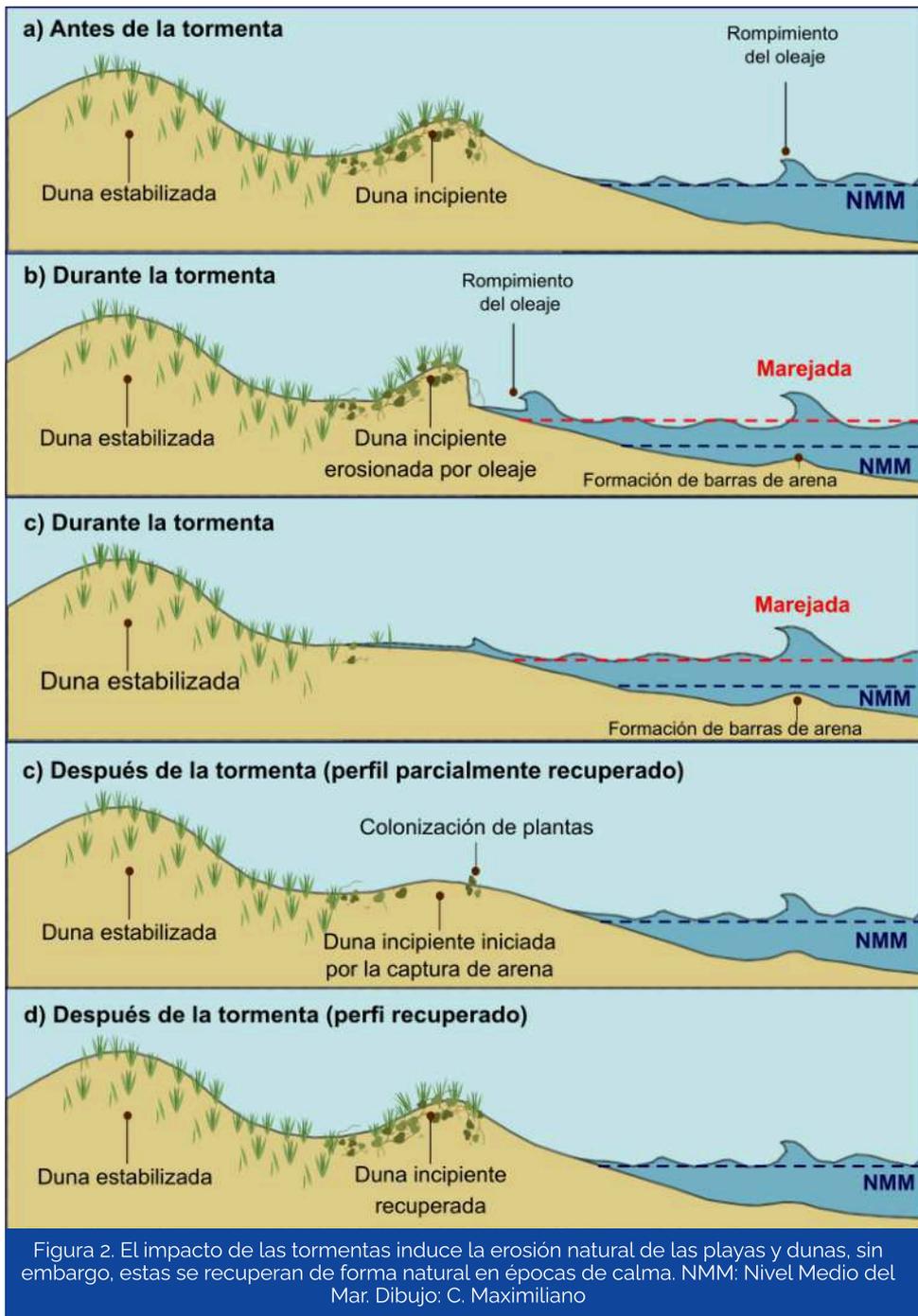


Figura 2. El impacto de las tormentas induce la erosión natural de las playas y dunas, sin embargo, estas se recuperan de forma natural en épocas de calma. NMM: Nivel Medio del Mar. Dibujo: C. Maximiliano

## Las inundaciones y la erosión se perciben como un problema

A los problemas anteriores, se suman las poblaciones humanas. **Las costas sólo cubren el 2% de la superficie terrestre, pero albergan al 10% de la población mundial.** Si a esta situación le sumamos una mayor incidencia de tormentas y una pérdida de la protección natural ofrecida por las biogeofomas, tenemos una condición de mayor riesgo de que los asentamientos humanos sufran inundaciones y erosión inducidos por las marejadas (Figura 3). En consecuencia, **a pesar de que la erosión y las inundaciones son procesos naturales, en presencia de humanos se clasifican como problemas o catástrofes.**



Figura 3. Estructura de una casa construida en una playa de Progreso, Yucatán. Debido a su cercanía al mar y la ausencia de dunas, el oleaje ha removido la arena afectando a la estructura. Fotografía: C. Maximiliano

## Las biogeofformas nos ayudan a proteger los bienes humanos

Debido a la necesidad de proteger los bienes humanos y conservar la dinámica del litoral, **se ha propuesto usar a los ecosistemas costeros como barreras naturales contra las tormentas.** Las dunas costeras y su vegetación mitigan el impacto de las marejadas y, gracias a la estrecha relación entre las plantas y las dunas, son capaces de adaptarse a las nuevas condiciones del litoral. Sin embargo, para implementar este tipo de soluciones, primero es necesario investigar qué elementos de las biogeofformas las hacen resistentes. Por ello, investigadores y estudiantes del Instituto de Ecología, A. C. y del Instituto de Ingeniería de la UNAM hemos estudiado la manera en que las plantas mitigan la erosión causada por el oleaje. Los experimentos de laboratorio han demostrado que **las dunas con plantas se erosionan menos que las dunas sin plantas.** También, se ha observado que la capacidad de las plantas para retener arena depende de la especie y sus rasgos morfológicos (por ejemplo, forma y tamaño de las hojas, formas de crecimiento, etc.). Finalmente, se ha demostrado que incrementar el número de especies que cubren la duna no siempre es benéfico para retener la arena.

### Las observaciones más recientes

**Las investigaciones nos han permitido conocer qué características de las plantas favorecen la retención de la arena y también nos generaron nuevas preguntas.** Por ejemplo: ¿El incremento de la cobertura vegetal sobre las dunas ayuda a retener más arena?, ¿La topografía de las playas y las dunas determina la erosión? y ¿Cuál es el efecto conjunto de la topografía y la cobertura vegetal sobre la erosión?



Las dunas cubiertas por vegetación ya se utilizan para la protección de construcciones. Fotografía: M.L. Martínez

Para responder estas preguntas estudiamos tres playas ubicadas en el centro del estado de Veracruz. Las playas eran distintas en cuanto a su forma y sus plantas. En cada una, antes y después de una tormenta invernal, medimos la topografía, las especies de plantas que ahí se encontraban y qué superficie cubrían. Los resultados mostraron que cada playa respondió de manera diferente, y los factores que modificaron la erosión fueron diversos. La menor erosión e inundación se midió en las playas con dunas altas y con plantas que cubrían densamente las dunas, y la erosión fue mayor en las playas con dunas bajas y sin vegetación. Estas observaciones demuestran que **es importante considerar el efecto conjunto de las plantas y la topografía ya que esto determina la respuesta de las playas frente al impacto de las tormentas.**

### Conclusión

Las plantas y las dunas son importantes para amortiguar el impacto de las marejadas, ya que al modificar la topografía (biogeofomas) determinan la respuesta del perfil ante la erosión que induce el oleaje de tormenta. La conservación de plantas y dunas podría beneficiar a poblaciones costeras que son vulnerables al embate de las tormentas.



Las biogeofomas (plantas y dunas) constituyen una barrera natural de protección. Fotografía: M.L. Martínez

### Agradecimientos

La investigación fue financiada por el CEMIE-Océano (Centro Mexicano de Innovación en Energía Océano) proyecto FSE-2014-06-249795, CONACYT SENER-Sustentabilidad Energética. El CONACYT otorgó la beca 584584 para estudios de doctorado de CMC.

### Para saber más:

•Martínez ML. 2009. Las playas y dunas costeras: un hogar en movimiento. México D.F., México: Fondo de la Cultura Económica 189 pp. ISBN 978-607-16-0362-3.

•Dunas costeras. Biodiversidad Mexicana. CONABIO  
<https://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/dunasCosteras>  
Click aquí

# ENFOQUES CONTEMPORÁNEOS EN EL ESTUDIO DE ENFERMEDADES INFECCIOSAS

**Brenda Solórzano-García\***

Laboratorio de Parasitología y Medicina de la Conservación.  
ENES-Mérida, UNAM

**Gerardo Pérez Ponce De León**

Laboratorio de Parasitología y Medicina de la Conservación.  
ENES-Mérida, UNAM  
Departamento de Zoología, Instituto de Biología, UNAM

\*[brenda\\_solorzano@enesmerida.unam.mx](mailto:brenda_solorzano@enesmerida.unam.mx)



Ilustración: elaboración propia

### ***“La salud conecta a todas las especies del planeta”***

(A. Aguirre et al. 2002)

**No cabe duda de que en este mundo todos los organismos vivos estamos interconectados y lo que pasa en un componente del ambiente afecta lo que sucede en algún otro.** Ejemplo de esto es la situación mundial que vivimos actualmente con la pandemia generada por el SARS-CoV-2, en donde ciertas actividades que se realizan en un lugar del planeta han traído importantes consecuencias a escala global, afectando gravemente no solo la salud pública, sino también trastornando las actividades sociales y económicas.

**El estudio de las enfermedades que afectan a los seres humanos siempre ha formado parte de las prioridades en la investigación científica, pues de su conocimiento, manejo y control depende en gran medida nuestra sobrevivencia y calidad de vida.** A pesar de que la relación enfermedad – ambiente ha estado presente a lo largo de la historia de la medicina, las aproximaciones tradicionales tienden a considerar a cada agente causal de la enfermedad (conocidos como agentes etiológicos) de forma aislada, dejando de lado factores socio-ambientales y evolutivos que pudieran estar influyendo en su origen y proliferación.

A partir 1970, el brote y rebrote de enfermedades, la incidencia de epidemias y la pérdida de fauna silvestre debido a enfermedades infecciosas, dejaron en evidencia que el surgimiento y propagación de enfermedades era un fenómeno complejo y que la salud de todas las especies, incluyendo a los humanos, estaba fuertemente ligada con la salud del ambiente. Además, el rápido crecimiento poblacional y el constante desarrollo económico han llevado a aumentar de manera importante la llamada "huella ecológica" o el grado de impacto de la sociedad sobre el ambiente, ocasionando daños en los ecosistemas y alterando las interacciones entre las especies que los conforman. Esto llevó a la comunidad científica a replantearse la manera en cómo se abordaban los problemas de salud y a buscar un enfoque más integral.

**Existen actualmente tres grandes paradigmas que buscan abordar el estudio, manejo y control de enfermedades desde una perspectiva multidisciplinaria, conjuntando la medicina humana con la medicina veterinaria, la ecología y el desarrollo social.** Todos se basan en el principio de interconectividad entre animales-sociedad-ambiente y en que la salud de cualquiera de estos elementos está directamente ligada a la salud de los otros dos (Figura 1).

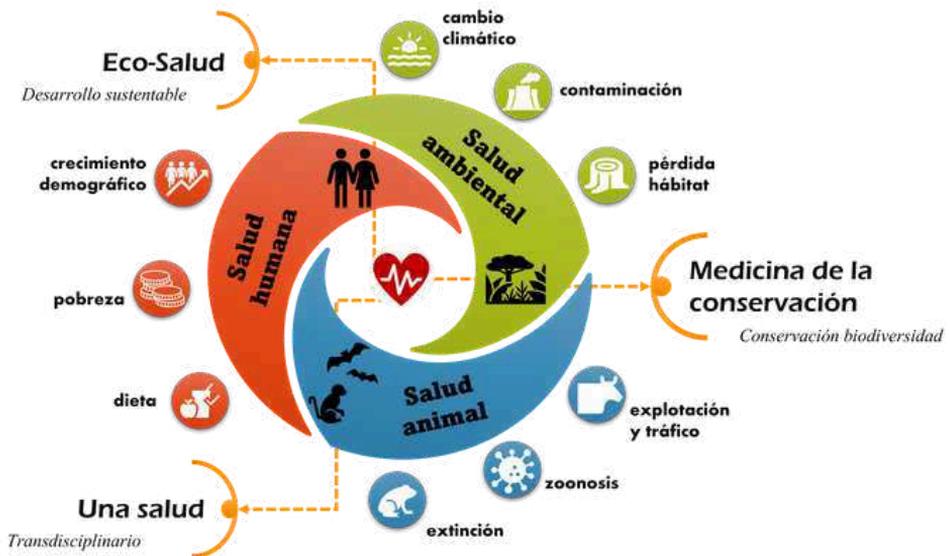


Figura 1. Esquema de los tres paradigmas contemporáneos en el estudio de enfermedades infecciosas (Eco-salud, Medicina de la conservación, Una salud), mostrando la unión entre salud animal, salud humana y salud ambiental y los distintos factores que las afectan. Elaboración propia

El primero de estos paradigmas es la *Medicina de la Conservación*, disciplina que busca abordar el contexto ecológico de la salud, enfocándose en el estudio de enfermedades y sus impactos en la biodiversidad, así como los procesos ecológicos que rigen las dinámicas de transmisión y emergencia de enfermedades. Ésta surge a finales de los años 90's como respuesta a la crisis ambiental, reconociendo a la salud como un componente principal para la conservación de la biodiversidad. **A través de esta disciplina se busca determinar los efectos que el cambio climático, contaminación, sobreexplotación, entre otras problemáticas ambientales, tienen en la salud humana y animal.** Uno de sus principales objetos de estudio es la transmisión de patógenos y parásitos entre la fauna silvestre y los humanos (Figura 2), y los factores ecológicos, biológicos y sociales que pudieran alterar las relaciones entre hospederos y los agentes infecciosos, para proveer soluciones en la interfase ambiente-salud.

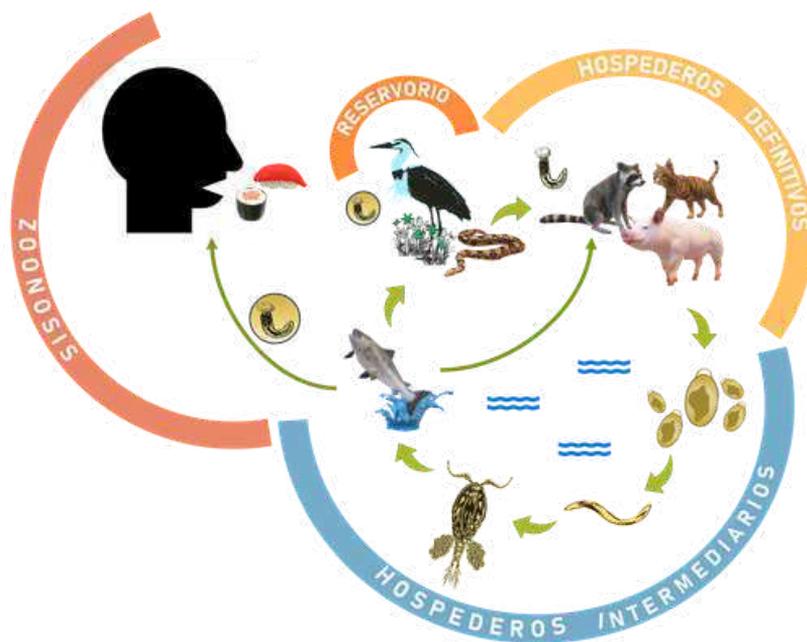


Figura 2. Ciclo de vida del parásito *Gnathostoma*, nemátodo que utiliza hospederos definitivos, hospederos intermedios y reservorios (aquellos hospederos que albergan al parásito sin desarrollar síntomas de enfermedad) en su desarrollo y el cual puede llegar a transmitirse al humano mediante el consumo de pescado crudo infectado con las larvas de este parásito. Elaboración propia

El paradigma de *Eco-Salud* es más reciente pues surge a principios del siglo XXI a partir de la necesidad de mejorar la salud humana a la vez que se promueve el desarrollo de comunidades prósperas dentro de ambientes sustentables (Figura 1). Se basa en la premisa de que la prosperidad de las comunidades humanas solo es posible teniendo personas y ambientes sanos.

La *Eco-Salud* busca enfrentar problemáticas asociadas a ciclos de enfermedad, pobreza y degradación ambiental a través de la promoción de estrategias de uso y manejo de ecosistemas que permitan un bienestar humano y ambiental considerando las dimensiones ecológica, cultural, económica y de gobernanza.

**Dentro de este enfoque se evalúan los efectos que tienen los promotores de cambio social y ambiental a gran escala sobre la salud humana y se identifican los elementos claves en la interacción ambiente–desarrollo–salud para generar bienestar y desarrollo sustentable.**



Deforestación de selvas para el establecimiento de tierras agrícolas y ganaderas o bien para la construcción de un nuevo poblado una región selvática al sureste del país. Fotografías: Brenda Solórzano-García, Gerardo Pérez Ponce De León

Finalmente, tenemos el paradigma de *Una Salud*, el cual proviene del concepto original de *Una Medicina* propuesto en los años 70's por el veterinario Calvin Schwabe para describir el vínculo entre las ciencias médicas humanas y las veterinarias en la gestión de la salud. El concepto de *Una Salud* considera a la salud humana, animal y la de los ecosistemas como parte de un continuo, en donde para lograr una de ellas es necesario trabajar en las otras (Figura 1). Su aplicación implica abordar temas en donde convergen sociedad–fauna silvestre–ambiente, con el fin de encontrar soluciones a problemas de salud de índole global, nacional y local.

**El marco de *Una Salud* reconoce que la comunicación y colaboración entre disciplinas es fundamental para promover la salud de todas las especies, integrando actividades clínicas, prácticas veterinarias y de salud pública, política e investigación científica.**

Las aceleradas tasas de deterioro ambiental, el crecimiento poblacional humano, la demanda de alimentos, las políticas de globalización, el tráfico/cacería ilegal de fauna silvestre, y la resistencia a los antibióticos, traerán importantes desafíos para el estudio y el control de enfermedades (Figura 3).

Aunque la especialización científica y médica nos ha permitido tener un conocimiento profundo y detallado de ciertos fenómenos, **la aplicación de estos esquemas integrales y multidisciplinarios nos ayudará a entender la complejidad de las dinámicas de los estados de salud y enfermedad**, así como su evolución, las cuales están lejos de ser fenómenos unifactoriales.

La comunicación y retroalimentación continua entre especialistas de distintas disciplinas contribuirá a encontrar respuestas a los problemas de salud desde distintos frentes, y a enfrentar los retos futuros con éxito, garantizando la salud y bienestar para todas las especies que compartimos el planeta.



Figura 3. Datos sobre salud humana global y algunos factores que influyen en ella. Elaboración propia

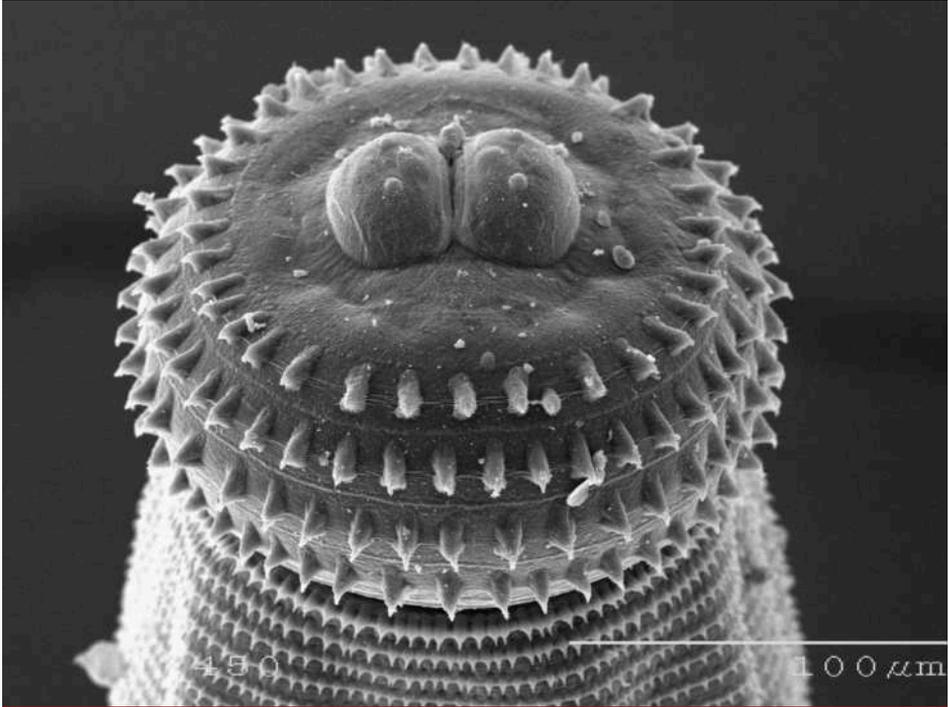
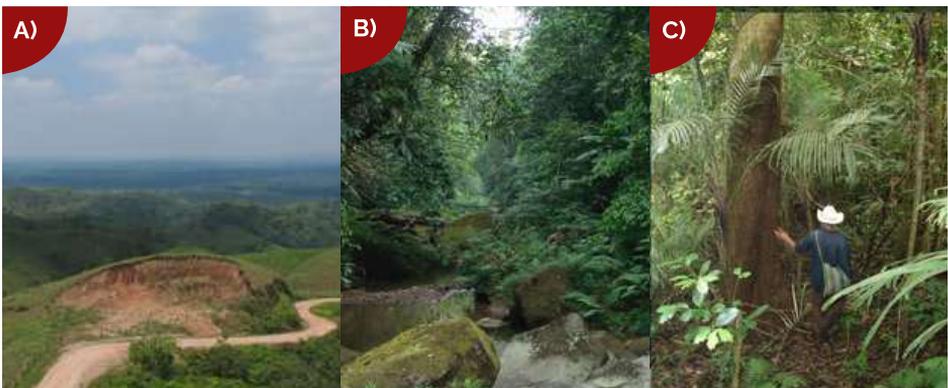


Imagen de microscopía electrónica de barrido del parásito *Gnathostoma binucleatum* de una rana *Lithobates forreri* en Laguna de Tres Palos, Guerrero. Fotografía: Cortesía de Berenit Mendoza Garfias



Contraste entre; A) la vista de un paisaje fragmentado con manchones de selva, pastos ganaderos & B) y C) caminos con la vista de paisaje conservado en la selva lluviosa. Fotografías: Brenda Solórzano-García, Gerardo Pérez Ponce De León. [Click aquí para ampliar](#)

**Agradecimientos:**

Agradecemos a Berenit Mendoza Garfias por permitirnos utilizar sus fotografías del nemátodo *Gnathostoma binucleatum*, a Fátima Galbos por sus sugerencias de estilo, así como el apoyo financiero del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología a través del proyecto SEP-CONACYT No. A1-S-21649.

**Para saber más:**

- Daszak P, Tabor GM, Kilpatrick AM, Epstein J, Plowright R. 2004. Conservation Medicine and a new agenda for emerging diseases. *Ann. N.Y. Acad. Sci.* 1026: 1-11
- Charron DF (ed). 2012. *Ecohealth research in practice: Innovative applications of an ecosystem approach to health.* Springer.
- Zunino P. 2018. History and perspectives of the One Health approach. *Veterinaria (Montevideo)*, 58 (210): 46-51.

# EL ADN MITOCONDRIAL Y LAS TRUCHAS ENDÉMICAS DE MÉXICO

**Angélica Colín\***

Laboratorio de Genética para la Conservación, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste

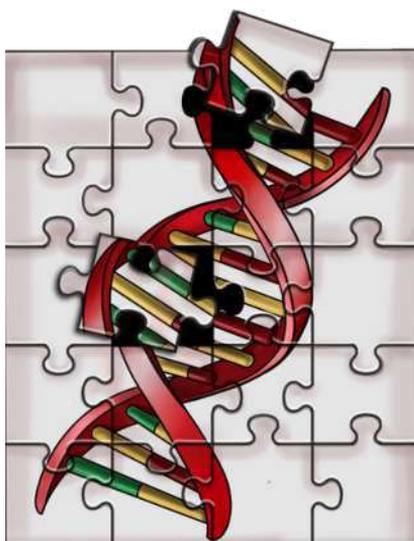
**Francisco Javier García-De León**

Laboratorio de Genética para la Conservación, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste

\*acolin@pg.cibnor.mx

Las células están compuestas por pequeñas estructuras (organelos) y cada una se encarga de realizar una función distinta. La mitocondria, por ejemplo, es el organelo encargado de la respiración celular. Al respirar se crea la moneda energética que es una molécula conocida como Adenosín Trifosfato o ATP. El ATP permite realizar muchas funciones, tales como: la creación de moléculas, el transporte activo de moléculas, el movimiento de los espermatozoides, etc. Otra particularidad de la mitocondria es que posee un ADN (material genético que contiene las instrucciones para el desarrollo y funcionamiento de los organismos) que se hereda de madre a hija de forma

independiente al ADN del núcleo de las células. Es decir, **en el núcleo está el material genético tanto del padre como de la madre, pero en la mitocondria sólo está el de la madre.** Esto se debe a que, en el momento de la fecundación, el espermatozoide contribuye sólo con su genoma (conjunto total de genes) nuclear, pero pierde el de la mitocondria. Así, con el genoma mitocondrial se construyen árboles filogenéticos (o de relaciones evolutivas entre especies) que permiten rastrear el ancestro común de los organismos. Con estos árboles filogenéticos se puede conocer la historia evolutiva y la manera en que las especies se dispersaron por el planeta.



Representación de ADN y ATP. Ilustraciones: Miguel Cadena Pichardo

A diferencia del genoma nuclear, el mitocondrial es circular y pequeño, y puede tener entre 16,000 y 17,000 pares de bases (bloques que constituyen las cadenas de ADN) dependiendo de si se analizan vertebrados, plantas u hongos. Partes de este genoma han sido estudiadas desde hace más de 40 años, pero es hasta hace relativamente poco que las nuevas tecnologías han permitido analizar el genoma mitocondrial completo. Esto es posible gracias a la técnica conocida como secuenciación de última generación, que replica el ADN de forma masiva obteniendo millones de copias que son armadas como piezas de rompecabezas para obtener el genoma completo.

Como todas las novedades tecnológicas al inicio era un proceso complicado, muy costoso, tardado y requería de gran infraestructura, pero ahora, aunque sigue igual de complicado, el costo se ha vuelto más accesible, e incluso existen aparatos que se pueden guardar en nuestras mochilas de campo y obtener los genomas en el momento en que se recolecta a los organismos.

El gran salto tecnológico en el estudio del ADN ha revolucionado la forma en la que se resuelven diversos problemas en biología y ecología. **Gracias al análisis del genoma mitocondrial se ha podido distinguir entre especies crípticas (especies genéticamente diferentes pero difíciles de distinguir por su forma), comprender procesos evolutivos, o estudiar los genes responsables de las adaptaciones de las especies frente a condiciones ambientales específicas o extremas.**



Figura 1. Cultivo de Trucha Arcoíris en la estación del Zarco, Edo. de México.  
Fotografía: Fco. García De León

Muchos de los estudios que usan ADN mitocondrial para responder preguntas específicas se han hecho en peces, por el interés que existe en sus adaptaciones a ambientes extremos como pueden ser bajos niveles oxígeno, temperaturas muy altas o muy bajas, zonas con poca luz, etc. Entre los peces que despiertan la curiosidad del humano encontramos a las truchas por su importancia en la dieta alimenticia y el ocio (pesca deportiva); además, por su gran colorido atraen a muchos amantes de los peces. En México tenemos un gran número de especies de truchas nativas distribuidas principalmente en la Sierra Madre Occidental. A nivel mundial, representan las especies más sureñas entre las truchas del hemisferio norte. El cultivo de truchas o truticultura se basa en una especie principalmente: la trucha arcoiris (Figura 1), que es criada en diferentes partes del mundo (América, Europa, Asia y Oceanía) y que fue introducida a México en 1883.

La trucha arcoiris procede del Pacífico sur de Estados Unidos, y es genética y morfológicamente distinta de las truchas mexicanas. A pesar de la gran diversidad de truchas mexicanas, la mayoría no han sido descritas o clasificadas taxonómicamente (Figura 2). Así que, la preferencia por cultivar una trucha introducida más que las nativas, se debe esencialmente a dos factores: el primero es el desconocimiento de las especies nativas y el segundo es que la crianza para la producción de las truchas nativas no está tan desarrollada como lo es para la trucha arcoiris (Figura 3).

Uno de los grandes problemas que ha generado la truticultura en México es la mezcla genética (hibridación) entre individuos de la trucha arcoiris con las nativas debido a que algunos individuos no nativos se fugan de los criaderos a los ambientes naturales, dando origen a individuos híbridos.



**Trucha Dorada Mexicana**  
(*Oncorhynchus chrysogaster*)



**Trucha del Río Concho**



**Trucha del Río Piaxtla**

Figura 2. Truchas nativas de México recolectadas en: a) Río Verde, Municipio de Balleza, Chihuahua; b) Arroyo Ureyna, Cuenca del Río Conchos, Chihuahua; c) Arroyo La Plazuela, Municipio San Dimas, Durango. Especies no descritas formalmente (b y c). Fotografías: Fco. García De León



Figura 3. Granja Trutícola Vencedores, Municipio San Dimas, Durango.  
Fotografía: Fco. García De León

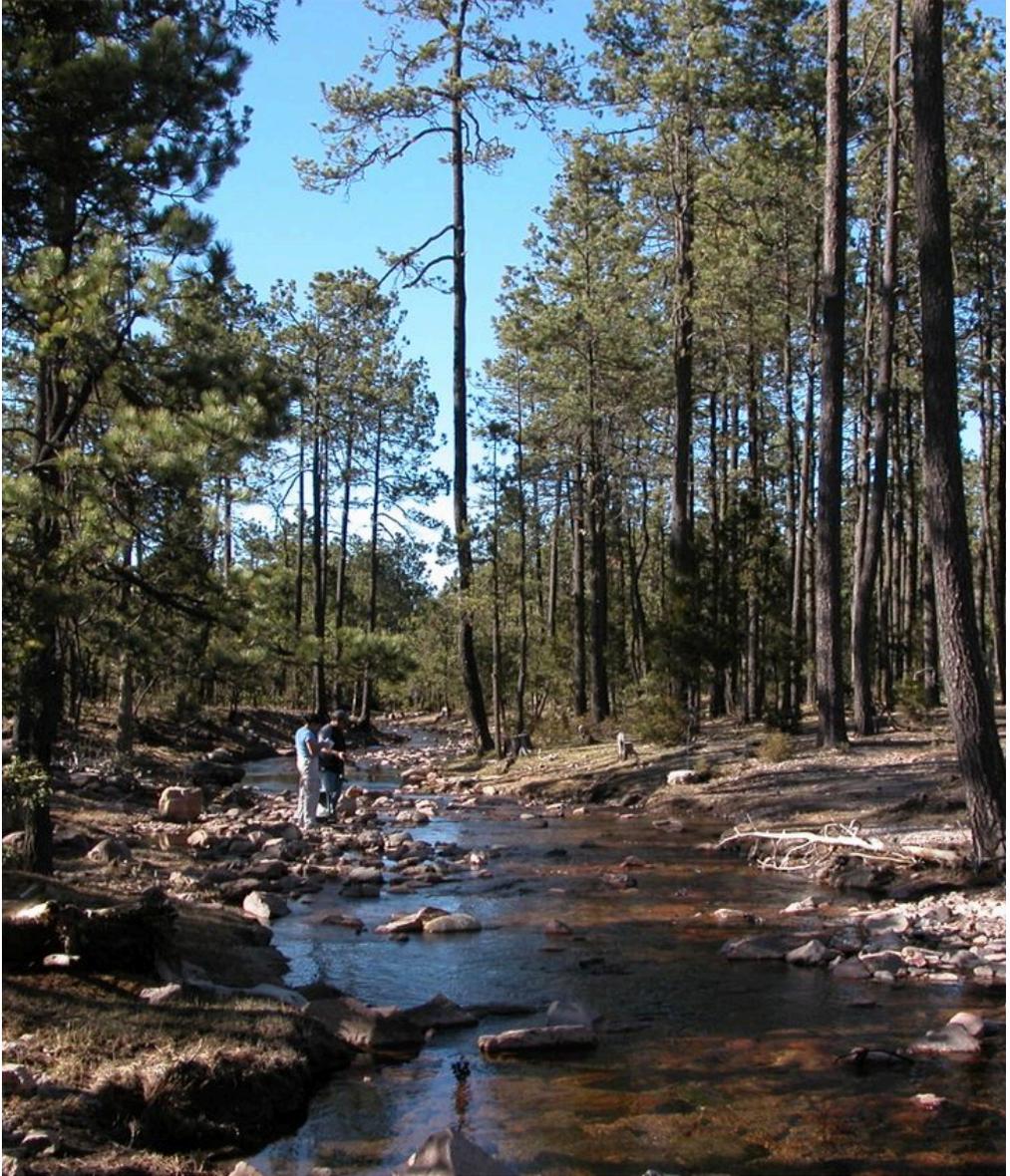
Se ha documentado la presencia de estos híbridos entre la trucha arcoíris y la trucha dorada mexicana en los ríos del Noroeste de México, esta última es la única especie de trucha descrita de la Sierra Madre Occidental. La mezcla genética de individuos cercanos a los criaderos de trucha arcoíris se ha podido detectar gracias a los análisis genéticos.

Sin embargo, para el resto de las especies que no se han caracterizado morfológicamente, poco se conoce sobre el grado de hibridación entre especies. Esto pone en riesgo el valioso acervo genético de las truchas nativas poseedoras de genes adaptados a temperaturas más cálidas que el resto de las truchas del mundo. Es decir, la hibridación podría ocasionar la pérdida de estos genes exclusivos de las truchas nativas, que por otra parte, puede ser de gran interés para la truticultura mundial ante el cambio climático que experimenta el planeta.

En el CIBNOR se están desarrollando proyectos que permitirán conocer la diversidad genética de las truchas nativas mexicanas y la caracterización genética de los híbridos. Asimismo, se estudian los genomas mitocondrial y nuclear, para determinar los genes ligados a la adaptación a temperaturas cálidas, y así poder usar esta información en la truticultura para generar criaderos que promuevan la conservación del patrimonio genético nacional. Además de la introducción de la especie exótica, las truchas mexicanas se enfrentan a problemas de deforestación de los bosques de coníferas, fragmentación del hábitat y la sobre explotación de recursos, por lo que es de vital importancia el conocimiento y conservación de la biodiversidad nativa, un patrimonio poco conocido de México.



Vista del Río Oteros, Cuenca del Río Fuerte, Chihuahua.  
Fotografía: Fco. García De León



Localidad Las Veradas, Cuenca del Río San Lorenzo, Durango.  
Fotografía: Fco. García De León

## Agradecimientos

Los autores agradecen al CONACYT por la beca otorgada a Angélica Colín (No. 1193058) para su estancia posdoctoral con el proyecto "Contribución a la genómica y transcriptómica de las truchas nativas mexicanas de la Sierra Madre Occidental". Al CIBNOR por las facilidades para desarrollar las investigaciones con truchas en el Laboratorio de Genética para la Conservación desde el 2014, y a Miguel Cadena Pichardo por las ilustraciones del artículo.

## Para saber más

•García AE. 2018. Lynn Margulis (1938-2011): la bióloga con visión revolucionaria. *Ambiociencias* (9), 57-69.

<https://buleria.unileon.es/bitstream/handle/10612/2324/ACC.g.Uno%20de%20los%20nuestros.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

[Click aquí.](#)

•Aguilar GKA, Vilchis PA, Valdés LV. 2018. Los códigos genéticos mitocondriales: características, origen y evolución. *Revista de Educación Bioquímica* 36(4), 129-140.

<https://www.medigraphic.com/pdfs/revedubio/reb-2017/reb174e.pdf>

[Click aquí.](#)

•Romero OAM, Almazán ATM. 2018. Mitocondrias–El "ying-yang" de la vida. *Recursos Naturales y Sociedad* 4(1), 12-21.

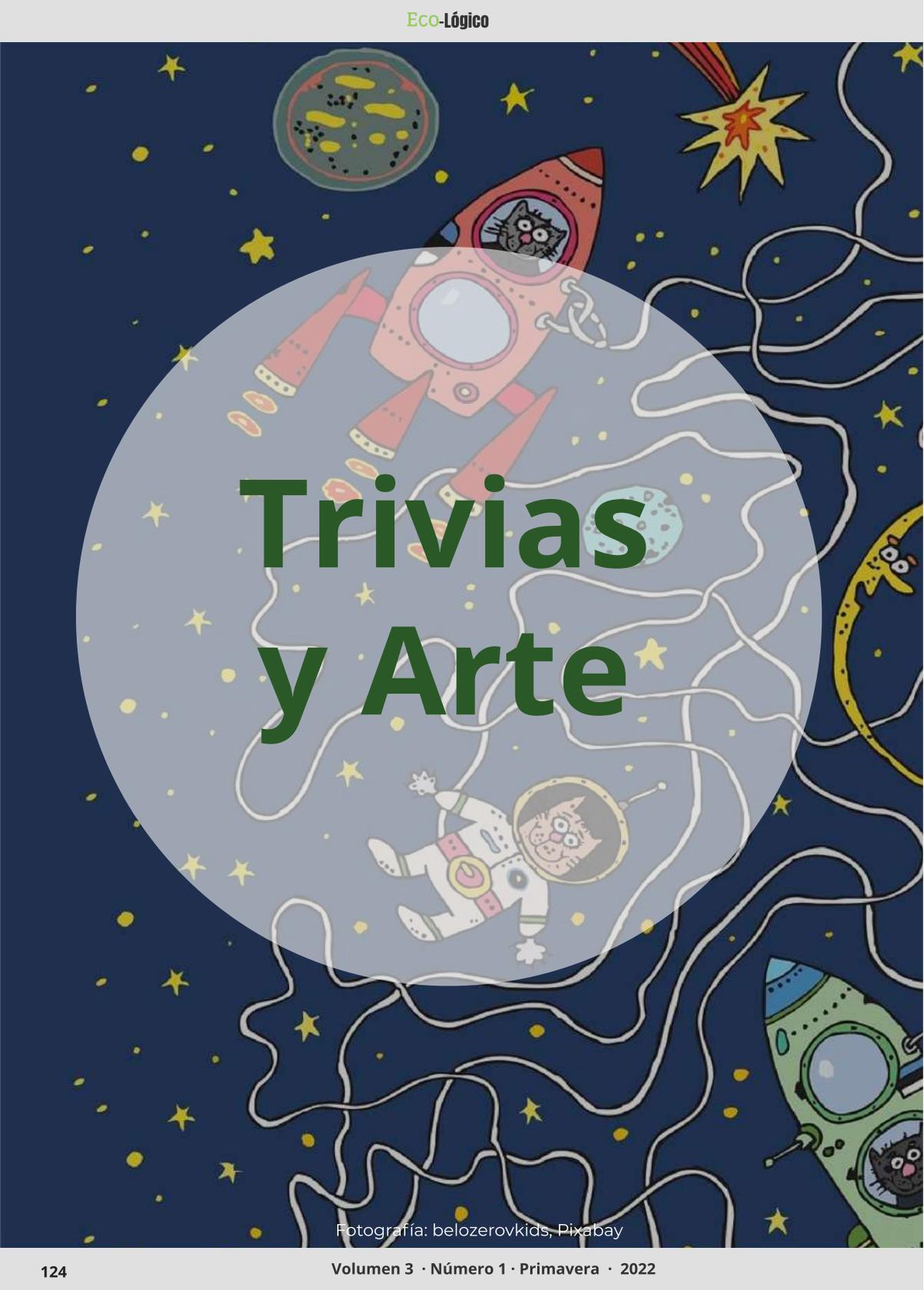
<https://doi.org/10.18846/renaysoc.2018.04.04.01.0001>

[Click aquí.](#)

•Ruíz-Luna A, García-De León FJ. 2016. La trucha dorada mexicana. CIAD-CIBNOR, México.

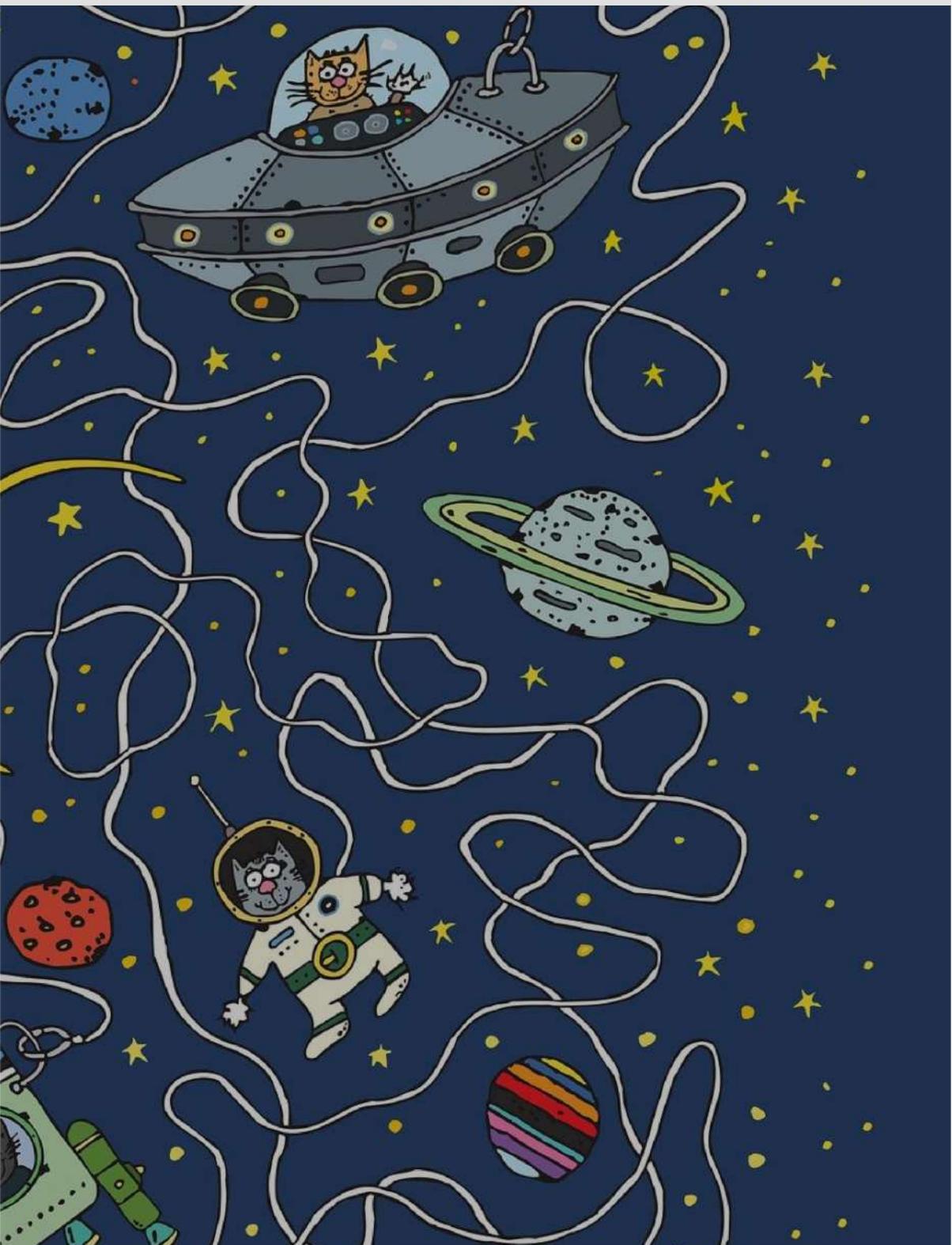
<http://cibnor.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1001/1364>.

[Click aquí.](#)



# Trivias y Arte

Fotografía: belozerovkids, Pixabay



## BIOTRIVIA

# NO SOLO ALGUNOS SERES MITOLÓGICOS TIENEN CUERNOS

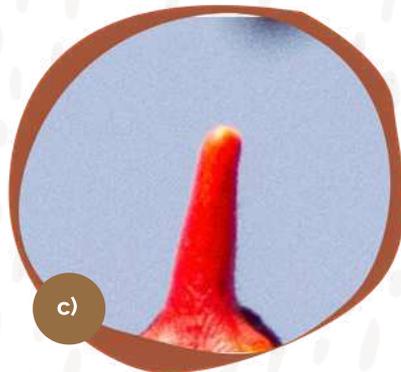
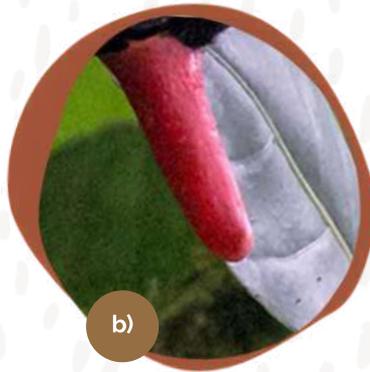
Fernando González-García

Red Biología y Conservación de Vertebrados. INECOL, A.C. · fernando.gonzalez@inecol.mx

En la naturaleza muchos organismos se caracterizan por presentar algunas estructuras corporales de formas, tamaños y colores caprichosos, los cuales pueden tener distintas funciones, y que de primera instancia parecerían pertenecer a seres de otros mundos.

**La siguiente serie de imágenes busca motivar tu imaginación para que adivines de qué tipo de organismo se trata:**

- a) Una oruga peluda
- b) Un colorido hongo
- c) Un pájaro unicornio



## Respuesta

Respuesta: c) Un pájaro unicornio.

Se trata de un ave unicornio, debido a su peculiar cuerno de color ojo coral sobre la cabeza. El pavón *Oreophasis derbianus*, cuyo nombre genérico significa faisán de montaña (*oros* = montaña, *phasis* = faisán), es pariente de las chachalacas, pavas y hocofaisanes. La distinción entre los machos y las hembras solo es posible a través de sus vocalizaciones, ya que sus formas son iguales. Este unicornio habita los bosques de niebla en el sur de México y Guatemala. En nuestro país, se encuentra en Chiapas, a lo largo de la Sierra Madre y se sospecha que también habita en los Chimalapas en Oaxaca. Su dieta se basa principalmente en el consumo de frutos, pero también ingiere hojas verdes y flores. Al consumir muchos frutos, funciona como un verdadero jardinero de los bosques de niebla, ya que dispersa numerosas semillas.

Los pavones practican la poligamia, esto es, los machos adultos, durante la época reproductiva (noviembre-mayo) se aparean con distintas hembras, pero no de forma simultánea, sino de forma secuencial. Es decir, el cortejo con una segunda hembra inicia una vez que la primera ya se encuentra en el nido incubando dos huevos blancos, y así sucesivamente, hasta tener acceso a por lo menos a 4 o 5 hembras durante la estación reproductiva. Además, el macho también tiene que invertir tiempo en la búsqueda de sitios para anidar, sitios para "bañaderos" e incluso tiene que alimentar a cada una de las hembras con las que pretende aparearse.

La incubación, que se prolonga por 35-36 días así como el cuidado de los polluelos, es responsabilidad de la hembra, en tanto que la labor del macho consiste en defender el territorio y conquistar a otras hembras. De acuerdo con diversos organismos nacionales e internacionales de conservación el pavón es una especie en peligro de extinción debido a la destrucción de su hábitat. Su papel en la regeneración de los bosques al dispersar sus semillas es fundamental para el funcionamiento de estos ecosistemas. Por lo anterior, su conservación y protección son de gran relevancia.



**Descubre las fotos completas en la siguiente página**



Figura 1. La copulación en los pavones es uno de los eventos menos documentados. Reserva de la Biosfera El Triunfo, Chiapas, México. Fotografía: Apolinar Basora



Figura 2. Los pavones son de hábitos principalmente arbóreos, se alimentan en el estrato medio y alto del bosque. Fotografía: Fernando González-García



Figura 3. Como parte del cortejo, los pavones toman baños de tierra y exponen su plumaje al sol. Fotografía: Fernando González-García

**Para saber un más:**

- 1.- *Oreophaps derbianus*. [Click aquí](#)
- 2.- Enciclovida. [Click aquí](#)
- 3.- Naturalista. [Click aquí](#)
- 4.- Protocolo de monitoreo poblacional. [Click aquí](#)
- 5.- Biología reproductiva y vocalizaciones del pavón. [Click aquí](#)

Figura 4. Durante la época reproductiva los machos adultos emiten un llamado similar a un mugido cuya función es atraer a una hembra a su territorio. Fotografía. Josh Beck

# ¿QUÉ TANTO SABES?

## ¿DE DÓNDE VIENEN LAS IMÁGENES SATELITALES?

Juan José Von Thaden Ugalde y Ricardo Clark Tapia

Universidad de la Sierra Juárez, Oaxaca, México. · juanvonthaden@gmail.com

En la actualidad las imágenes satelitales son elementos claves para observar y predecir fenómenos meteorológicos, para la confección de cartografía (mapas), para el espionaje militar y para la investigación oceanográfica, topográfica, geológica, arqueológica, entre muchas otras. También se utilizan para las comunicaciones y para transmisiones de señales de los celulares. Sin embargo, a veces se sabe poco de los satélites artificiales de donde viene toda esta información y que utilizamos en nuestro día a día. En esta sección, después de cada pregunta, presentamos cinco datos curiosos sobre los satélites artificiales que giran alrededor de nuestro planeta.

1

¿En qué año se lanzó el primer satélite?

a) 1957

b) 1977

c) 1997

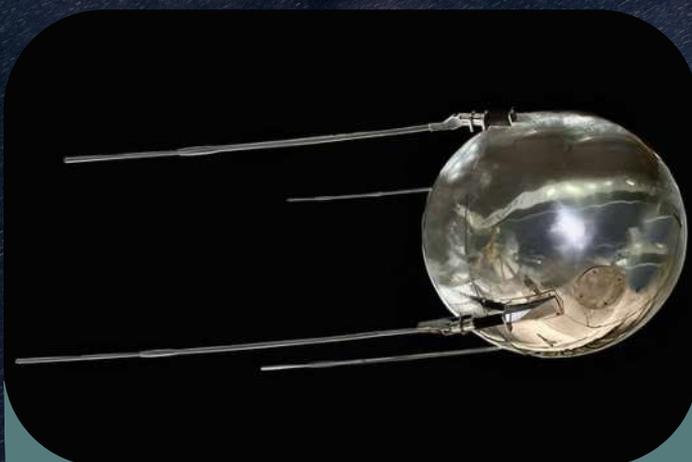


Figura 1. Réplica de Sputnik 1, el primer satélite artificial en el mundo, listo para ser puesto en órbita. Esta réplica se encuentra en el Museo Nacional del Aire y el Espacio (Washington D. C., Estados Unidos).

Fotografía: NASA, Dominio público

## Respuesta

A) El primer satélite artificial fue lanzado por Rusia el 4 de octubre de 1957 y se nombró Sputnik-1 (sí, como las vacunas del Covid-19) lo que significa "compañero de viaje". Este satélite tenía un peso aproximado de 83 kg y estaba diseñado para transmitir ondas de radio (Figura 1).



Figura 2. Imagen satelital Corona de la Cd. de Xalapa en 1966. Fotografía: Historic Corona Satellite Imagery, adquirida por el autor

### Dato curioso

En esa época Estados Unidos y Rusia se encontraban en la Guerra Fría, por lo que Estados Unidos lanzó en 1958 su satélite llamado "Corona" (sí, también como el virus) para tomar imágenes satelitales de la Tierra entre 1958-1972. Estas imágenes fueron clasificadas como el primer proyecto secreto de fotografía espacial. Pero en 2018, Estados Unidos decidió desclasificar estas imágenes y las puso a disposición del público en general. Pero, el que se hayan desclasificado imágenes te hace pensar, ¿cuánta información existe aún que no conocemos?, ¿algún día se tendrá acceso a esa información?, son preguntas que quizás no tengamos respuesta en un corto plazo.

En la Figura 2 puedes observar una imagen de la ciudad de Xalapa de 1966 tomada a partir de este satélite Corona. Esta información permite realizar estudios que nos ayudan a conocer las tendencias de cambio de uso de suelo en los últimos años; así podemos analizar cómo ha crecido, por ejemplo, la ciudad de Xalapa.

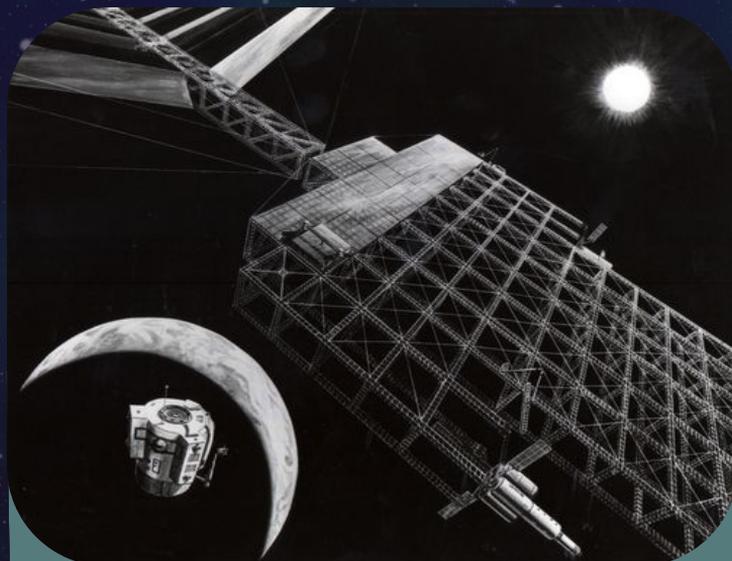
2

## ¿Cuántos satélites hay en la órbita de la Tierra?

a) Menos de 100

b) Entre 300 - 500

c) Más de 1,000



Diferencia de tamaño entre dos satélites. Fotografía: NASA on The Commons, Dominio Público

## Respuesta

B) De acuerdo con la Oficina de Naciones Unidas para Asuntos del Espacio Exterior (UNOOSA), actualmente (febrero 2022) se encuentran en órbita 8,366 satélites de los 12,282 que se han lanzado al espacio. Todos estos satélites están en órbita baja (LEO, o Low Earth Orbit), que abarca la región de 160 a 2,000 kilómetros de altitud. El poner un satélite en la órbita de la Tierra tiene un precio elevado y se debe de cumplir con toda la regulación satelital nacional e internacional.

Dato curioso

El costo promedio para poner un satélite convencional en órbita puede alcanzar los 500 millones de dólares. Sin embargo, existen satélites más pequeños, conocidos como nanosatélites, que tienen un menor tiempo en su desarrollo y por lo tanto un menor costo (medio millón de dólares). Las desventajas de estos nanosatélites es que tienen capacidad reducida para albergar instrumentos de alta resolución óptica, y para almacenar energía, por lo que su vida útil es más corta.

3

¿Es posible que los satélites choquen entre sí?

a) Sí

b) No

c) No se sabe porque están en el espacio



Visualización de un satélite pequeño orbitando la Tierra.

Fotografía: EUMETSAT, Dominio Público



Visualización de dos satélites en la órbita de la Tierra.  
Fotografía: NASA on The Commons, Dominio Público

## Respuesta

A) Sí, pueden chocar, pero la probabilidad que suceda esto es muy baja. Una de las razones por las que la probabilidad es baja es que la mayoría de ellos tienen menos de dos metros de diámetro y quizás hasta 10 metros con antenas y otras estructuras. De igual forma, tienen más área para volar que la superficie de la Tierra y están a diferentes altitudes. Entonces, las posibilidades de que dos satélites se golpeen entre sí son escasas.

Además, hay varias estaciones de radar en tierra que monitorean los satélites y avisan a los propietarios cada vez que dos satélites se están acercando.

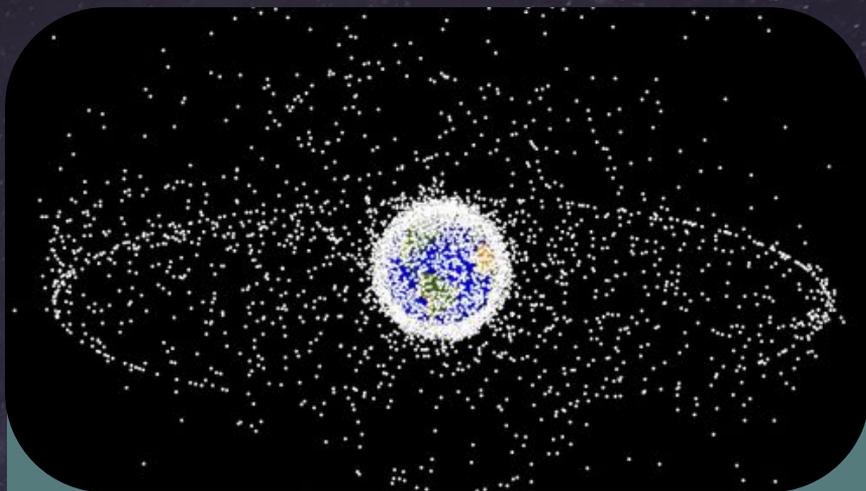
El primer reporte de choque entre dos satélites se dio en el 2009. Este choque ocurrió a unos 780 kilómetros de altitud cuando un satélite ruso, que ya no estaba funcionando, y un satélite de comunicación activo estadounidense colisionaron accidentalmente.

Dato curioso

4

¿Qué pasa con los satélites a los que se les terminó su vida útil?

- a) Lanzan un cohete desde la Tierra para derribarlos
- b) Quedan orbitando en el espacio de la Tierra
- c) Todas las anteriores



Representación generada por computadora de los desechos espaciales que orbitan la Tierra en 1980. Nota: el tamaño de los objetos fue incrementado para facilitar su análisis. Fotografía: NASA Orbital Debris Program Office, Dominio Público

## Respuesta

C) Los satélites cuentan con una vida útil definida, y al finalizar ésta existen varias soluciones posibles para evitar que estorben en la órbita operacional o se conviertan en basura espacial. Una de las soluciones es regresarlos a la Tierra y que mediante la fricción que se genera al atravesar la atmósfera se desintegren. Otra forma es destruir un satélite mediante un misil lanzado desde la Tierra; sin embargo, esto generaría una lluvia de basura espacial. La opción más utilizada es mover los satélites hacia el "Cementerio de los Satélites", que es una zona orbital que ha sido establecida como "lugar de retiro" para los satélites que finalizan su vida útil y se ubica aproximadamente a 300 km por encima de la órbita funcional.



En Noviembre del 2021, Rusia lanzó un misil contra uno de sus viejos satélites generando cerca de 1,500 pedazos de basura que ahora orbitan en el espacio. Esto generó el enojo de Estados Unidos acusando que esto podía provocar accidentes con sus estaciones espaciales, sin embargo, Rusia negó que esto fuera posible.

## 5 ¿Cuántos satélites tiene México?

- a) 7
- b) 17
- c) 27

### Respuesta

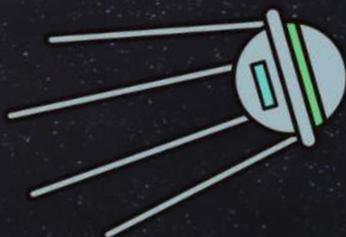
B) Al 2022, México cuenta con 17 satélites en órbita, de los cuales 7 ya están inactivos. Fue en 1982 cuando el gobierno mexicano adquirió sus primeros dos satélites, llamado Sistema Morelos (Morelos I y Morelos II), y estos fueron puestos en órbita en 1985. Ambos satélites con enfoque en telecomunicaciones.



Imagen del satélite UNAMSAT-1. Fotografía: Programa Universitario de Investigación y Desarrollo Espacial. Acervo histórico del cómputo en la UNAM

Dato curioso

En 1991, la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) creó el Programa Universitario de Investigación y Desarrollo Espacial (PUIDE) con el proyecto UNAMSAT-1 (primer satélite de fabricación mexicana) para crear un satélite para el estudio estadístico de las trayectorias de impacto de los meteoritos en la atmósfera terrestre. El último y exitoso proyecto mexicano de puesta en órbita de un satélite ocurrió en diciembre del 2012, con el lanzamiento del Mexsat 3 o Satélite Bicentenario, que se lanzó desde Kourou, Guyana Francesa.



# COLORIDOS CONTRASTES

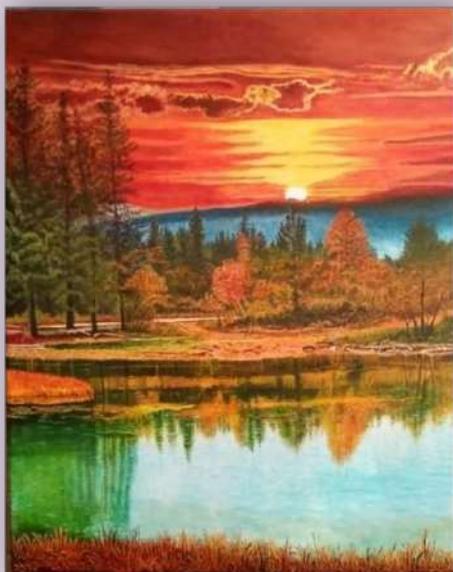
**Magda Arcos**

Artista independiente · magdaarcos@gmail.com

Soy una amante de la naturaleza y de los atardeceres, los cuales son preciosos en el desierto, donde vivo. Pinto paisajes que siempre tengan agua por el contraste que representan respecto a mi entorno, y además soy piscis y me encanta el agua. Cuando pinto me lleno de mucha paciencia, tranquilidad y satisfacción al ver los cuadros terminados.

En particular, la pintura me ha ayudado mucho a sobrellevar la pandemia. Mis hijos y esposo me convencieron de que volviera a pintar, actividad que no realizaba desde hacia casi 20 años. Estoy muy agradecida a ellos por su insistencia pues este pasatiempo me ha ayudado muchísimo durante esta época tan difícil y en la que además he perdido, por diferentes causas, a varios seres muy queridos para mí.





# Pastoema

**Beatriz Araceli Velázquez Sierra**

Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Ciencias Naturales,  
Herbario Jerzy Rzedowski · beatriz.velazquez@uaq.mx

*En deportes yo fui protagonista,  
crecí como alfombra de beisbolistas.  
Zacate de Bermuda me decían,  
pero ya sólo en las banquetas me veían.*

*Hablo el lenguaje del viento,  
el que toca tiernamente mis pequeñas espiguillas,  
casi siempre asisto a conciertos urbanos,  
con sonido de claxon sin necesidad de abejas.*

*Para volar y moverme entre el gris concreto,  
no necesito alas ni patas,  
me basta con mis estolones coquetos,  
y poco a poco arrastrarme entre delgadas grietas.*



*Cynodon dactylon* (Zacate de Bermuda).  
Fotografía: @leonardohe

*Mi carnal el Zacate blanco otra técnica posee,  
como viajero entre las junglas del asfalto,  
las pequeñas cerdas dentadas entre sus flores,  
se adhieren a transeúntes y perros despistados.*

*Bello y feo cadillo, que protege al embrión  
viaja entre calcetines causando comezón.  
Llega a su destino, donde el polvo se acumuló,  
y en donde la escoba no barrió.*



*Setaria grisebachii* (Zacate blanco)  
Fotografía: ©mvz-juangonzalezromero

*Otra intención tiene mi primo el pasto rosado,  
ser acariciado ansiosamente por manos inquietas,  
que al sentir sedosas inflorescencias,  
el resultado son frutos en pedazos arrancados.*



*Melinis repens* (pasto rosado). Fotografía:  
Jorge Gabriel Sánchez Ken



*No gastes tus lágrimas por un desamor,  
mejor espera a la primavera por el Zacate  
amor  
porque con las lluvias veraniegas y el calor,  
crecerá el perfecto follaje para amar.*

*En donde no llega el taxi en la periferia,  
me abro camino creciendo en las orillas,  
mi familia es fuerte y aguerrida,  
en un año hago toda mi vida.*



*Eragrostis mexicana* (Zacate amor,  
Zacate casamiento). Fotografía: ©  
Enrique Pérez Carrillo

*Uno de mis parientes más vistosos y a la moda,  
es el Zacate Buffel o pasto cola de zorra.  
Forma pasarelas amacolladas en las esquinas,  
en espera de una lluvia dorada canina.*

*Ornamental y al mismo tiempo escapista,  
pues no hay quien impida colonizar la avenida.  
La única amenaza es la segadora asesina,  
que, a las plantas banqueteras osa terminar su vida.*

*No conforme el zacate cola de zorra,  
además de ser estrella de jardinera,  
anhela conquistar adyacentes ángulos de muros,  
y con sus tallos pájaros construyen sus refugios.*



*Cenchrus ciliare* (Zacate  
Buffel). Fotografía: ©Daniel

*No se olviden tan rápido de los pastos,  
estamos en todos los platos y vasos,  
Desde arroz chino, hasta un mexicano taco,  
Tarro de cebada fermentada y vodka de centeno de un trago.*

*Canas verdes hacemos crecer a  
estudiosos taxónomos y agrostólogos,  
pues nombrarnos y examinarlos ha sido complicado,  
ni aunque fumen flores y coman pastos, pueden descifrarlos.*

*Fin*

#### Para saber más:

- Albert S. Gandhi D. 2021. Characterization of lemma and palea in nine different species of Eragrostis (poaceae). Notulae Scientia Biologicae 13(3), 10807.
- Melgoza Castillo A, Baladrán Valladares MI, Mata-González R, Pinedo Álvarez C. 2014. Biología del pasto rosado Melinis repens (Willd.) e implicaciones para su aprovechamiento o control. Revista mexicana de ciencias pecuarias 5(4), 429-442.
- Pensiero JF 1999. Las especies sudamericanas del género Setaria (Poaceae, Paniceae). Darwiniana 37(1/2), 37–151.
- Pérez-Postigo I, Vibrans H, Bendix J, Cuevas-Guzmán R. 2021. Floristic composition and potential invasiveness of alien herbaceous plant in Western Mexico. Revista de Biología Tropical 69(3), 1037-1054.
- Taliaferro CM. 1995. Diversity and vulnerability of Bermuda Turfgrass Species. Crop Science, 35: 327-332

# Técnica de grabado

Rubén Montiel Ral

Artista independiente · rubenm.ral19@gmail.com

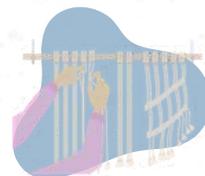


3/3

RL



**¡Tú puedes ser parte de esta sección! Comparte tu arte en [eco-logico\\_MS@inecol.mx](mailto:eco-logico_MS@inecol.mx)**



# ANÉCDOTAS DE BATAS Y BOTAS

Fotografía: Pexels, Pixabay





# La incubadora de hongos ... a 120 °C

**Abraham Vidal Limón**

Red de Estudios Moleculares Avanzados, INECOL

abraham.vidal@inecol.mx

**Para muchos de nosotros, el ingreso a los laboratorios puede ser deslumbrante, pero para otros, puede pasarse de flamante.** Cuando me incorporé como estudiante de pregrado al grupo del Dr. Wily Hansberg en el Instituto de Fisiología Celular de la UNAM, me encontré con el fascinante mundo de la tensión oxidante. Éste es un fenómeno ocasionado por diversas sustancias químicas producidas por los seres vivos y que producen reacciones de oxidación, las cuales están relacionadas con el deterioro de los componentes de las células e incluso el envejecimiento. Comencé a trabajar con un modelo experimental de hongos filamentosos, que son organismos microscópicos que crecen como "pequeños tapetes de terciopelo" sobre las tortillas y el pan.

**En mis primeras actividades en el laboratorio, cometí un error gravísimo debido a mi poca experiencia "real".** Permitanme poner en contexto a los estudiantes virtuales actuales, ya que las prácticas de laboratorio en las facultades son, en muchas ocasiones, prácticamente virtuales debido al elevado número de alumnos.

En aquel entonces, trabajaba con un hongo filamentoso conocido como *Neurospora crassa*, el cual es microorganismo modelo debido a su fácil y rápido cultivo a 37 °C en medios de cultivo semisólidos, parecidos a las gelatinas. Lo anterior era con el objetivo de poner a crecer a este hongo, para realizar diversos estudios. La única indicación fue "La incubadora está junto a tu lugar". Resulta que justo debajo de mi mesa de trabajo se encontraba la incubadora (la cual no vi), pero al lado, estaba la autoclave. La autoclave sirve para esterilizar los medios de cultivos. Es decir, mediante alta temperatura y presión se eliminan los contaminantes, como si estuvieran en una olla a presión. Recuerdo ver a mis compañeros meter allí sus matraces con hongos, así que me dije a mi mismo: "¡Aquí es!".



No pregunté y muy seguro metí mis cultivos, me cercioré de que el equipo contase con agua suficiente (me recuerdo sorprendido al pensar que era un equipo muy moderno porque mantenía la humedad) y dejé mis cultivos.

**Resulta que dejé mis cultivos incubando, pero a 120 °C. El resultado de exponer a mis cultivos a esta elevadísima temperatura en lugar de 37 °C fue que mis hongos murieron, tras ser sometidos a temperatura y presión muy por arriba de su hábitat natural.**

Terminé con una caricatura en la pared del laboratorio, como el estudiante que incubaba hongos hipertermófilos, es decir, organismos que necesitan temperaturas altas para sobrevivir.

La seguridad en los laboratorios es fundamental para salvaguardar la integridad del grupo de trabajo y el correcto funcionamiento de los equipos.

Es básico preguntar por todas las actividades que se realizarán y confirmar que los estudiantes comprendan cómo se deben ejecutar las tareas que se les asignan, ya que podrían terminar incubando en una autoclave.



**La autoclave aún sigue en el laboratorio 103 oriente, esperando que otro estudiante descuidado quiera utilizarla como incubadora**



[Ir al índice](#)



# Sorpresa entre las hojas

**Gonzalo Castillo Campos**

Red de Biodiversidad y Sistemática, INECOL

gonzalo.castillo@inecol.mx

**El trabajo de campo de un biólogo es muy interesante y bonito, pero tiene riesgos como caídas, resbalones, desprendimiento de ramas, piquetes de animales ponzoñosos o mordeduras de serpientes. Por ello, es muy importante ser observador y cuidadoso al caminar.**

Un día salí a campo con un colega. Teníamos como objetivo explorar los márgenes de una laguna para evaluar su estado de conservación. Aquel día había llovido mucho y el nivel del agua subió por lo que todo a su alrededor estaba inundado y no quedó otra opción más que andar por veredas y caminos usados normalmente por el ganado vacuno local. Al introducirnos más en aquellos caminos, le advertí a mi acompañante que fuera cuidadoso y que observara bien por dónde caminaba y de dónde se agarraba ya que los animales que, normalmente tiene sus madrigueras en el suelo, ahora por las inundaciones era probable encontrarlos en los troncos y arbustos sobresalientes del agua.

**Le advertí de no acercarse mucho a los mogotes de vegetación y que revisara siempre la superficie de donde iba a meter las manos o sostenerse. Le sugerí que revisara y fuera abriendo camino con un palo o con el machete con la intención de eliminar las hojas y revisar la vegetación circundante para verificar sobre la presencia de alguna serpiente que pudiera estar durmiendo en esos sitios.**

Mi acompañante no hizo mucho caso a mis recomendaciones y se movía con mucha libertad y rapidez por los caminos pensando probablemente que yo lo quería asustar para suspender los recorridos, quizás porque yo tenía flojera. Sin embargo, yo permanecía tomando mis precauciones avanzando con cuidado y sobre todo muy alerta a los movimientos de mi acompañante.



Más adelante, nos encontramos un lodazal y mi compañero para brincar lo intentó agarrarse de unos troncos o postes cubiertos por una planta de hojas anchas que estaban a un lado del lodazal. Afortunadamente lo vi a tiempo y le dije **¡cuidado!, ¡no te agarres de ese tronco porque puede estar algún animal!**. Se detuvo sonriendo, pensando que probablemente yo estaba exagerando. Luego me acerqué, y con el machete levanté cuidadosamente las hojas de la planta donde quería poner la mano y ¡sorpresa!, efectivamente ahí estaba la serpiente conocida localmente como cuatro narices o nauyaca. La serpiente se encontraba dormida pero, al levantar las hojas se despertó y se puso en guardia levantando la cabeza. Nosotros inmediatamente tomamos distancia y nos retiramos con las debidas precauciones, ya que es una serpiente muy venenosa.



Después de esa experiencia que hizo sonrojar a mi acompañante, comprendió lo importante de seguir las precauciones para evitar poner en riesgo su vida o la de los demás. Y en las siguientes salidas a campo fuimos más cuidadosos y precavidos en nuestros recorridos en el área de estudio.

**Moraleja: No pongas en riesgo tu vida. Disfruta de la naturaleza del campo y siempre ten cuidado al moverte y sujetarte de las ramas, no sin antes verificar que no hay una nauyaca dormida!**

Cada salida al campo independientemente de sus objetivos y ambientes por explorar, tiene sus riesgos, por lo que siempre es una aventura nueva que hay que disfrutar ya que, nos ayuda a crecer en conocimientos, a disfrutar de la vida y a ser más fuertes física y mentalmente.



# ECONOTICIAS

Fotografía: Ekrulila, Pexels

# #OrgulloINECOL

El Sistema Nacional de Investigadores ha reconocido la muy destacada trayectoria académica de tres colegas del INECOL, quienes fueron nombrados Investigadores Nacionales Eméritos:



Dra. Patricia  
Moreno-Casasola  
Barceló



Dr. Mario  
Enrique Favila  
Castillo



Dr. Martín Ramón  
Aluja-Schuneman  
Hofer

## ¡Felicidades!

Ir al índice 



# GRADUADOS EN INECOL

Del 04 de enero al 21 de marzo 2022

## Romero Santamaría, Arturo

### Maestría en Ciencias

Tesis: Sistemática y biogeografía de las especies americanas de *Commicarpus Standl.* (Nyctaginaceae)

Directora: Dra. Patricia Hernández Ledesma

## Hernández Gómez, Carlos Alberto

### Maestría en Ciencias

Tesis: Uso del hábitat de dos especies de zorrillos del género *Mephitis* en la Reserva de la Biosfera de Mapimí, Durango México

Directora: Dra. Sonia Antonieta Gallina Tessaro

## Loría Amores, Luz Irene

### Doctorado en Ciencias

Tesis: El mono cariblanco (*Cebus imitator*) y su comportamiento en cultivos de maíz: caracterización sociocultural y ecológica en la provincia de Chiriquí, Panamá

Directores: Dra. Sonia Antonieta Gallina Tessaro y Dr. Juan Carlos Serio Silva

## Fuentes Jacques, Luis Javier

### Doctorado en Ciencias

Tesis: Ecología de interacciones entre insectos fitófagos y pteridofitas, con énfasis en lepidópteros esporófitos y helechos del género *Amauropelta*

Directores: Dr. Klaus Volker Melhtreter y Dr. Vicente Hernández Ortiz



### **Robledo Ospina, Luis Eduardo**

#### **Doctorado en Ciencias**

Tesis: Functional significance of colouration and visual signalling in spiders: a visual ecology perspective

Director: Dr. Vijendra Dinesh Rao



### **Osuna López, Felipe de Jesús**

#### **Doctorado en Ciencias**

Tesis: Distribución del conejo de los volcanes (*Romerolagus diazi*) y factores relevantes para su presencia en las sierras Chichinautzin y Nevada, México

Director: Dr. Jesús Alejandro Espinosa de los Monteros Solís

### **Villada Bedoya, Sebastián**

#### **Doctorado en Ciencias**

Tesis: Condición corporal, selección sexual y respuestas fisiológicas de los escarabajos del estiércol mediadas por la exposición subletal a pesticidas agrícolas

Director: Dr. Daniel Matías González Tokman



### **Gregorio Cipriano, María del Rosario**

#### **Doctorado en Ciencias**

Tesis: Erysiphales causantes de cenicillas en especies de Cucurbitaceae cultivadas y silvestres en México: Etiología, diversidad genética y filogenia

Directora: Dra. María Dolores González Hernández

### **Corro Méndez, Erick Joaquín**

#### **Doctorado en Ciencias**

Tesis: Macroecología de las redes de interacción entre plantas y murciélagos frugívoros en el Neotrópico

Directores: Dr. Wesley Francisco Dáttilo da Cruz y Dr. Crisoforo Fabricio Villalobos Camacho



*¡Muchas felicidades!*

Ir al índice 

# Eco-Lógico

## LAS CIFRAS DE LA REVISTA SON:



**115**

Artículos  
elaborados



**266**

Autores  
(INECOL y externos)



**21,316**

Personas  
alcanzadas



**8**

Números  
publicados



**44**

Redes académicas e  
instituciones externas  
(13 INECOL, 31 externas)



**40**

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, EUA, Argentina, Costa Rica, Brasil, Guatemala, Chile, Venezuela, España, Bolivia, Panamá, Uruguay, Canadá, El Salvador, Francia, Honduras, Sudáfrica, Rep. Dominicana, Alemania, Finlandia, Paraguay, Australia, U.K., Bélgica, Cuba, Nicaragua, Israel, India, Italia, Luxemburgo, Mozambique, Países Bajos, Puerto Rico, Singapur, Emiratos Árabes Unidos, Polonia, Portugal.

**¡Gracias por compartirla!**



**FORMA PARTE DE**  
**Eco-Lógico**

Fotografía: Vinisa Romero

**Eco-Lógico**, año 3, volumen 3, No. 1, enero-marzo (primavera) 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/eco-logico>. Editor responsable: Ma. Luisa Martínez Vázquez. Reservas de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2021-090106574400-203, ISSN electrónico en trámite, 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, 23 de marzo de 2022.

**AÑO 3 · VOLUMEN 3 · NÚMERO 1 · ENERO - MARZO (PRIMAVERA) · 2022**