



# CONTENIDO

## P. 4 SOBRE LA PUBLICACIÓN

- Información general y comité editorial

## P. 6 AVISOS

- **Conferencias de julio**  
Segundo ciclo de conferencias de ecología para estudiantes de secundaria y preparatoria
- **Conferencias de agosto**  
Segundo ciclo de conferencias de ecología para estudiantes de secundaria y preparatoria

## COMENTARIOS

- P. 10 • **¿Es posible la cosecha sostenible de productos forestales no maderables?**  
Angelina Martínez Yrizar

## CONTRIBUCIONES TEMÁTICAS SOBRE CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD EN MÉXICO

- P. 14 • **Editorial - La conservación de la biodiversidad como condicionante para nuestro futuro**  
Mariana Yolotl Álvarez Añorve y Luis Daniel Ávila Cabadilla
- P. 16 • **Nuevos bichos, viejos problemas: las enfermedades transmitidas por garrapatas en México**  
Sokani Sánchez-Montes, C. Ismar Miranda-Caballero y Pablo Colunga-Salas
- P. 22 • **Servicios ecosistémicos de polinización y declive de polinizadores en México**  
Mauricio Quesada, Silvana Martén-Rodríguez y Leopoldo D. Vázquez Reyes

- P. 32 • **Macrofauna de las playas de México: ecología y oportunidades para la gestión ambientalmente sostenible**  
Edlin Guerra Castro y Frank A. Ocaña

- P. 40 • **Importancia, amenazas y acciones para la conservación de anfibios y reptiles**  
Omar Hernández Ordóñez y Gabriela Parra Olea

- P. 50 • **Acciones prioritarias para una pesca sustentable**  
Edgar Torres-Irineo y Carmen Pedroza-Gutiérrez

- P. 56 • **Acciones prioritarias para mitigar la contaminación del agua**  
Ma. Leticia Arena Ortiz, Joanna María Ortiz Alcántara y Karen Ríos Contreras

- P. 64 • **Historias engarzadas: las abejas especialistas de la calabaza**  
Oliverio Delgado Carrillo, Sonja Glasser, Luis Alberto Villanueva Espino, Silvana Martén Roríguez y Mauricio Quesada

## CONTRIBUCIONES LIBRES

- P. 74 • **La restauración funcional de los ecosistemas áridos y semiáridos**  
Omar Alejandro Doria Treviño, Maritza Gutiérrez Gutiérrez, Dinorah O. Mendoza-Aguilar y Marisela Pando-Moreno

## P. 84 NORMAS EDITORIALES

- Información para autores

## P. 88 MEMBRESÍA

- Beneficios para socios

Da click sobre la página que deseas leer o descargar



**BOLETÍN** de la Sociedad Científica Mexicana de Ecología  
Órgano oficial de difusión de la SCME



El *Boletín de la SCME* es el órgano oficial de difusión de la Sociedad Científica Mexicana de Ecología (SCME). Es, también, el vehículo principal de la disseminación del conocimiento ecológico de la SCME hacia todo público interesado y servirá como medio de intercambio de descubrimientos, ideas e inquietudes sobre ecología, particularmente enfocándose en la actividad científica que se realiza en México.

El *Boletín de la SCME* es una publicación de divulgación sobre la ciencia de la ecología y temas afines. Los contenidos publicados en el *Boletín* son de absoluta responsabilidad de los autores y no comprometen al Comité Editorial ni a la Sociedad Científica Mexicana de Ecología. Con diez números por año, el *Boletín de la SCME* es editado y publicado por la Sociedad Científica Mexicana de Ecología ([scme.mx](http://scme.mx)). Se autoriza la reproducción parcial o total del trabajo citando apropiadamente la(s) fuente(s) y autor(es) respectivos.

Este boletín está impulsado por el Programa de Fortalecimiento de Actividades Vinculadas con la Promoción, Difusión y Divulgación de las Humanidades, Ciencias, Tecnologías y la innovación para Academias y Sociedades Científicas del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

**BOLETIN DE LA SCME**, año 2, No. 6, julio, 2022, es una publicación mensual editada por la Sociedad Científica Mexicana de Ecología, con domicilio en calle Cipreses, carretera federal México-Cuernavaca, No. 23.5, Colonia San Andrés Totoltepec, C.P. 14400, Tlalpan. Tel. (55) 56229005, Página web: <https://scme.mx/boletin-de-la-scme/> Editor responsable: **Germán Ávila Sákar**. Reserva de Derechos al Usos Exclusivo No. **04-2022-070717032400-102**, ISSN: en trámite; ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de actualización de este Número, Vinisa Romero, calle Cipreses, carretera federal México-Cuernavaca, No. 23.5, Colonia San Andrés Totoltepec, C.P. 14400, Tlalpan. Tel. (55) 56229005, fecha de última modificación, julio de 2022.

Publicación electrónica periódica de la  
**Sociedad Científica Mexicana de Ecología**

Año: 2022

Volumen: 2, Número: 6 · julio

Diseño editorial: Comité Editorial

Asistente de diseño y página web: Vinisa Romero

Asistente Editorial: Franceli Macedo Santana

En portada: Macho de *Amblyomma mixtum* recolectado sobre perro en el estado de Veracruz, México. Fotografía: Daniel Sokani Sánchez Montes

### Comité editorial

#### Editor-Jefe

Germán Ávila Sákar

#### Editoras y editores

Martha Bonilla Moheno

Ek del Val de Gortari

Arturo Flores Martínez

Mario González Espinosa

Miguel Martínez Ramos

Angelina Martínez Yrizar

Juan Jacobo Schmitter-Soto

Ileri Suazo Ortuño

### Consejo Directivo SCME 2020-2022

Ileri Suazo Ortuño

Miguel Martínez Ramos

Ek del Val de Gortari

Mayra Gavito Pardo

Julieta Benítez Malvido

Miguel Equihua Zamora

Karina Mariela Figueroa Mora



Regresar al índice

Segundo ciclo de conferencias de ecología para estudiantes de secundaria y preparatoria

**CONFERENCIAS DE JULIO 2022**  
10:00 - 11:00 HRS

06/07

Conservación de especies centinelas: el caso de la foca de puerto del Pacífico en costas mexicanas.  
Dra. Maricela Juárez Rodríguez



13/07

Los hongos: un mundo por conocer  
Dra. Julieta Álvarez Manjarrez



20/07

Los árboles: archivos históricos  
Dr. Teodoro Carlón Allende



27/07

Áreas naturales protectoras: nuestra primera línea de defensa.  
Dra. Claudia Leyva Aguilera



Si no puedes conectarte en vivo, el video está disponible en:



Segundo ciclo de conferencias de ecología para estudiantes de secundaria y preparatoria

**CONFERENCIAS DE AGOSTO 2022**  
10:00 - 11:00 HRS

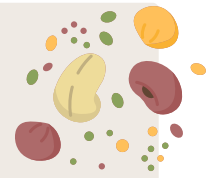
24/08

¿Cómo afecta el cambio climático a los insectos?  
Dra. Mariana Abarca Zama



31/08

¿Cómo las semillas se mueven y los animales les ayudan?  
Dra. Ellen Andresen



Si no puedes conectarte en vivo, el video está disponible en:



## COMENTARIOS

## ¿Es posible la cosecha sostenible de productos forestales no maderables?

**Angelina Martínez Yrizar**

Instituto de Ecología, UNAM, Unidad Hermosillo, Hermosillo, Sonora

Los productos forestales no maderables (e.g., semillas, frutos, hojas, cortezas, leña, fibras, látex, resinas) han sido cosechados por las poblaciones humanas para su subsistencia e intercambio de productos por miles de años. Aún hoy en día, millones de personas en todo el mundo derivan una parte muy importante de su dieta y de sus ingresos de la recolecta de estos productos que proveen gratuitamente los ecosistemas.

El intercambio comercial actual, la demanda creciente de plantas silvestres y la cosecha de volúmenes en aumento, en particular de plantas medicinales y aromáticas, han ocasionado la sobreexplotación de dichos recursos. Esto ha llamado la atención en los círculos de la conservación biológica, ya que numerosos estudios han demostrado que los efectos no regulados de la extracción pueden escalar del nivel de los individuos y sus poblaciones al de las comunidades y los ecosistemas.

¿Cómo lograr la extracción sostenible de estos recursos naturales? Además del conocimiento taxonómico preciso, es decir, de la identificación correcta de las especies aprovechadas, así como de sus propiedades químicas, la sostenibilidad requiere, como mínimo, que las tasas de cosecha no excedan la capacidad de las poblaciones silvestres de reemplazar a los individuos extraídos en un tiempo determinado. Esto es particularmente importante en el caso de especies con múltiples usos, especies raras o especies susceptibles al corte, para las que la extracción puede llevar a un decremento poblacional significativo o incluso hasta la extinción local de sus poblaciones.

A pesar de su importancia crítica para la extracción sostenible, el enfocarse en las poblaciones, y por tanto en una sola especie, puede soslayar el deterioro de procesos a otras escalas ecológicas. Por ejemplo, aun cuando la cosecha pueda tener un efecto poco importante o nulo sobre la dinámica poblacional, desde la perspectiva ecosistémica el efecto puede ser significativo si la remoción de biomasa involucra especies con una alta influencia en los almacenes de carbono y flujo de nutrientes. Otras consecuencias ecológicas de la cosecha de recursos forestales no maderables, que impiden la sostenibilidad en el largo plazo, van de la alteración de las interacciones herbívoro-planta y la modificación de la estructura de la vegetación, a la degradación de la tierra ocasionada por el disturbio generado por la extracción.

Lo anterior hace imperativo contar con información cuantitativa sobre los límites de cosecha basados en datos demográficos de las especies; es decir, de su abundancia, tasas de natalidad y mortalidad, tolerancia y respuesta al corte, así como de los mecanismos de regeneración natural y la variabilidad bajo distintas condiciones climáticas y edáficas. Esta información es crucial para el diseño de estrategias de manejo y marcos regulatorios que aseguren la persistencia de las poblaciones y la integridad de los ecosistemas en el largo plazo. Un elemento adicional a tomar en cuenta en los programas de extracción es el cambio climático global (aumento de temperatura y alteración de los patrones de precipitación), que se predice impactará significativamente la provisión de recursos naturales en todas las regiones del mundo.

Los aspectos ecológicos del aprovechamiento de plantas silvestres, con fines medicinales, ceremoniales, alimenticios, entre otros usos, no pueden considerarse aislados de los factores políticos, socioeconómicos y culturales a escala local y regional, ya que todos están intrínsecamente y dinámicamente relacionados. Maximizar los beneficios de la extracción, incluyendo los beneficios para las generaciones futuras, a la vez que se maximiza la conservación biológica y la provisión de los servicios ecosistémicos, requiere de estrategias de manejo que integren la información existente, el conocimiento tradicional y la interlocución entre los científicos, los pobladores y los tomadores de decisiones.

### Lecturas recomendadas:

- Rendón-Carmona H, Martínez-Yrizar A, Maass JM, Pérez-Salicrup DR, Búrquez A. 2013. La extracción selectiva de vara para uso hortícola en México: implicaciones para la conservación del bosque tropical caducifolio y sus recursos. *Botanical Sciences*, 91:1-11.
- Tapia-Tapia EC, Reyes-Chilpa R. 2008. Productos forestales no maderables en México: Aspectos económicos para el desarrollo sustentable. *Madera y Bosques*, 14:95-112.
- Ticktin T. 2004. The ecological implications of harvesting non-timber forest products. *Journal of Applied Ecology*, 41:11-21.



[Regresar al índice](#)

**CONTRIBUCIONES  
TEMÁTICAS**

## EDITORIAL

## La conservación de la biodiversidad como condicionante para nuestro futuro

Mariana Yolotl Álvarez Añorve y Luis Daniel Ávila Cabadilla

Escuela Nacional de Estudios Superiores Unidad Mérida, Universidad Nacional Autónoma de México, Mérida, Yucatán

La conservación de la diversidad biológica es vital, no solamente por su valor utilitario, sino debido a que la preservación de la misma regula procesos que afectan directamente nuestra salud y existencia, además de las implicaciones éticas del propio acto de su conservación. Con el presente número del *Boletín de la SCME* se busca dar un panorama diverso de las amenazas a diferentes grupos de especies y ecosistemas, así como de su estatus y acciones concretas que se han identificado para su conservación, mediante diferentes acciones individuales y colectivas, incluyendo la generación de conocimiento ecológico básico.

La diversidad de grupos taxonómicos y ecosistemas abordados en este número, refleja la diversidad tan amplia de ambientes y problemáticas asociadas que podemos encontrar a nivel global, y específicamente en México, y presenta evidencia de que los procesos y patrones generales en la respuesta de la biodiversidad al cambio ambiental, engloban a todo tipo de ecosistemas y a todo tipo de organismos y linajes evolutivos. Por ello resulta indispensable y urgente seguir generando conocimiento básico, por ejemplo, acerca de su historia natural, de los factores que determinan la heterogeneidad en su distribución y de los procesos ecológicos en los que participan, ya que estos sustentan el funcionamiento de los ecosistemas y de los servicios que nos brindan. Contar con este conocimiento es cada día más apremiante debido a la alta tasa de pérdida de la biodiversidad y de transformación de los ecosistemas, sobre todo, cuando las tasas más altas de pérdida ocurren en aquellas regiones con mayor biodiversidad.

En este sentido, las áreas naturales protegidas y los ecosistemas conservados cobran gran relevancia a pesar de las dificultades intrínsecas a su establecimiento y manejo, por su gran efectividad para preservar la diversidad biológica, fungiendo como reservorio y fuente de especies que definen el grado de resiliencia de los ecosistemas a nivel regional. Son este tipo de áreas y ecosistemas, los que garantizan el curso de los procesos de regeneración de los ecosistemas y con ello, su resiliencia y permanencia.

En este número abordamos las amenazas, los estatus y las acciones necesarias de conservación para ecosistemas acuáticos, costeros y terrestres, así como para grupos de organismos y procesos ecológicos que repercuten no solo en la conservación, sino también en la sustentabilidad, la seguridad alimentaria y la salud pública.

De manera general, sobre todos los grupos y ecosistemas analizados, se ciernen como amenazas un escaso conocimiento ecológico, la transformación y pérdida de hábitats y recursos, la falta de áreas protegidas, la contaminación, la extracción desmedida/desregulada de organismos, las especies invasoras, el aumento de temperatura y el incremento de parásitos y patógenos, entre otros. En el caso de los sistemas y organismos costeros y terrestres se suma, además, una gran preocupación por la urbanización.

Ninguna de estas amenazas es nueva; en esencia son las mismas que detectamos hace varias décadas y continúan ocurriendo incluso con más intensidad que antes. Esto significa que aún no hemos alcanzado el cambio general que nuestra sociedad necesita para priorizar el interés común y la preservación de la biodiversidad sobre los intereses económicos y políticos. El cambio requerido es mucho más drástico de lo que hemos logrado hasta ahora y cada día que pasa se vuelve más crítico. Esto significa también que las acciones de conservación hacia el patrimonio natural deben intensificarse y empoderarse exponencialmente, o no podremos garantizar la permanencia de la mayoría de los ecosistemas y la supervivencia de la mayoría de los organismos de la tierra, incluyéndonos.

¿Qué acciones de conservación debemos implementar? De acuerdo a nuestros diferentes autores, tampoco son nuevas, pero sí muy amplias y cada día están más claras y cimentadas. Estas van desde generar el conocimiento científico fundamental, hasta acciones a nivel de gobierno y sociedad e incluyen: a) generar cada vez más conocimiento básico para entender la historia natural y ecología de organismos, poblaciones, comunidades y ecosistemas (lo que requiere de un ejército de especialistas tales como biólogos, taxónomos y ecólogos), b) identificar a los indicadores ambientales clave, c) desarrollar sólidos programas y sistemas de monitoreo, d) incrementar significativamente la protección y restauración de hábitats, al tiempo que se limita la interacción entre especies domésticas y silvestres, e) fortalecer la legislación y los programas de tratamiento de residuos, g) difundir mucho más el conocimiento sobre las amenazas, h) cambiar drásticamente hábitos y estilos de vida (lo cual ya demostramos que es posible hacer si hay suficiente información sobre las amenazas), i) intensificar la educación ambiental y la educación para la salud, j) priorizar e institucionalizar las prácticas sustentables y amigables con la biodiversidad y k) construir estructuras de gobernanza e interacciones fuertes y altamente resilientes. Lo que está en juego finalmente, es nada más y nada menos que el derecho inalienable de los organismos a existir y nuestros derechos a vivir en un ambiente saludable, a no realizar actividades que deterioren al ambiente, a tener acceso a información certera y actualizada acerca del estado del ambiente y a promover abierta y agueridamente la conservación de especies y ecosistemas.



[Regresar al índice](#)





Fotografía: Galitskaya, Canva Pro

## Nuevos bichos, viejos problemas: las enfermedades transmitidas por garrapatas en México

Sokani Sánchez-Montes

Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, región Tuxpan, Universidad Veracruzana, Tuxpan, Veracruz

C. Ismar Miranda-Caballero

Centro de Medicina Tropical, Unidad de Medicina Experimental, Facultad de Medicina, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México

Pablo Colunga-Salas

Instituto de Biotecnología y Ecología Aplicada, Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz

### Resumen

El aumento en el número de enfermedades emergentes ha tenido consecuencias a nivel mundial en términos de salud, economía, seguridad pública y seguridad sanitaria. A pesar de la importancia que se les da a los agentes que causan dichas enfermedades, es importante no olvidar aquellos patógenos que han estado presentes en las poblaciones humanas y que siguen causando brotes importantes en el país, como las rickettsiosis y borreliosis. En este sentido, es urgente reforzar la vigilancia epidemiológica, lo que representa un esfuerzo para conocer el panorama epidemiológico a nivel federal, que resulta ser importante para realizar esfuerzos preventivos en poblaciones humanas.

### Palabras clave

biodiversidad, enfermedades emergentes, enfermedades reemergentes, patógenos

Las enfermedades infecciosas han representado históricamente un severo problema para la salud pública, el desarrollo económico y social a nivel global. Actualmente se calcula que 65% de los padecimientos infecciosos que aquejan a las poblaciones humanas son de origen zoonótico, es decir, son causadas por microorganismos que se transmiten a los humanos desde otros vertebrados o viceversa (Ecker *et al.* 2005, Allen *et al.* 2017, ver Boletín de la SCME marzo 2022).

Un grupo particular de estas enfermedades, que afectan a poblaciones humanas vulnerables en regiones tropicales de Latinoamérica, son las enfermedades transmitidas por animales invertebrados hematófagos, conocidos como vectores, tales como piojos, pulgas y garrapatas. Dentro de este grupo desatendido de artrópodos, las enfermedades transmitidas por garrapatas son las que resaltan en importancia, pues su incidencia en poblaciones humanas ha ido en aumento, provocando la emergencia de enfermedades en varios lugares de Latinoamérica (Reisen 2010, Dantas-Torres *et al.* 2012, Sánchez-Montes *et al.* 2021).

A nivel mundial se reconoce la existencia de alrededor de 950 especies de garrapatas, pertenecientes a cuatro familias, dentro de las cuales destacan los miembros de las familias Ixodidae (garrapatas duras, con una placa en el dorso que limita el aumento de su tamaño al alimentarse) y Argasidae (garrapatas blandas, sin placa rígida, lo que les permite engullir mayor cantidad de sangre). Múltiples especies de garrapatas transmiten agentes virales (*e.g.* virus de Crimea Congo o algunos virus causantes de encefalitis), parasitarios (*e.g.* *Babesia* y filarias) y bacterianos (*Rickettsia* y *Borrelia*) (Figura 1). Este conjunto de patógenos presenta ciclos de vida complejos, que requieren la presencia de múltiples hospederos vertebrados a partir de los cuales se alimentan las garrapatas, así como variables ambientales favorables que permitan la persistencia de estas últimas (Colunga-Salas *et al.* 2020, Sánchez-Montes *et al.* 2021).

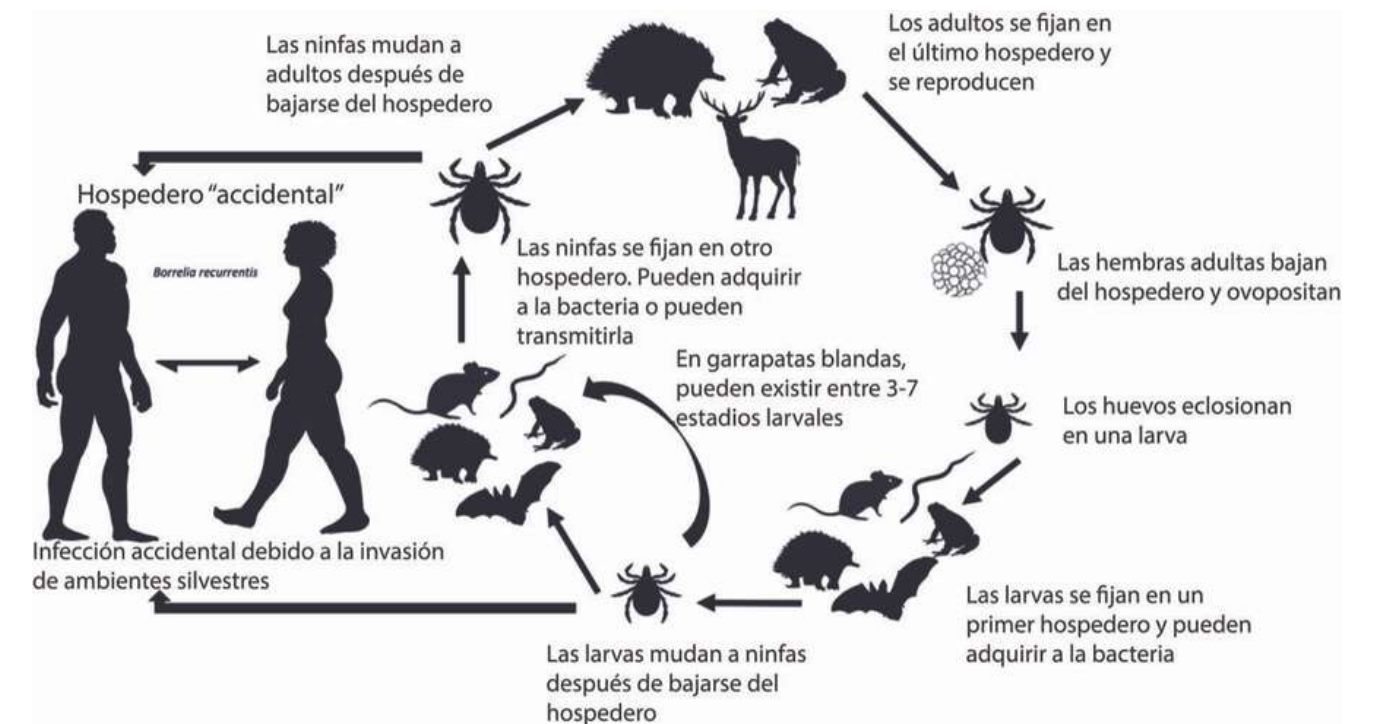
En México, se reconoce la existencia de al menos 14 especies de rickettsias y 6 de borrelias en garrapatas (algunas de ellas causantes de rickettsiosis y fiebres recurrentes). Pese a que el reporte de estos agentes bacterianos proviene de inicios del siglo XX, es escaso el conocimiento relacionado con su eco-epidemiología en zonas tropicales. Las fiebres recurrentes y rickettsiosis constituyen patologías causantes de fiebre, dolor de cabeza y muscular, que pueden agravarse causando falla respiratoria, renal y neuronal, llegando a causar la pérdida de la vida en más del 30% de los casos. En los últimos años se han incrementado los reportes de fiebre recurrente y/o maculosa causada por *Rickettsia parkeri* en los estados de Sonora y Yucatán, respectivamente (Colunga-Salas *et al.* 2020, Sánchez-Montes *et al.* 2021).



**Figura 1.** Especies de garrapatas infectadas por *Borrelia* o *Rickettsia*. *Ixodes* cf. *affinis* (superior izquierda) que ha sido asociada a la transmisión de *Borrelia* y *Rickettsia* en fauna silvestre. *Amblyomma dissimile* (superior derecha) asociada a la transmisión de *Borrelia* en fauna silvestre. Imagen de un cultivo de *Borrelia* (inferior), las flechas rojas señalan las bacterias.

Entre otros países latinoamericanos, en Colombia, Panamá, Brasil y Argentina, se ha visto un incremento en reportes de *Rickettsia* y *Borrelia* debido a procesos antrópicos que perturban la dinámica de la comunidad de hospederos y garrapatas (Figura 2), como la urbanización no controlada y la introducción de animales de producción y de compañía, convirtiéndolos en nuevas fuentes nutricionales para estos vectores. Sin embargo, actualmente se postula que el cambio climático tiene un fuerte impacto en las garrapatas, modificando su fenología y repercutiendo en su distribución geográfica.

Esto ha generado que las poblaciones de garrapatas incrementen su densidad en el ambiente, lo cual infiere un aumento de riesgo de infestación para poblaciones humanas y sus animales (Gray *et al.* 2021, Ribeiro *et al.* 2021, Weck *et al.* 2022).



**Figura 2.** Ciclo de vida de *borrelia* y *rickettsia* en las garrapatas. El ser humano se considera un hospedero accidental, ya que se infecta cuando invade los ambientes silvestres.

Algunas medidas para mitigar la emergencia y reemergencia de enfermedades transmitidas por estos vectores pueden ser: la realización de estudios para el monitoreo y control de garrapatas; el uso racional de ixodicidas y la rotación de potreros; la limitación en la convivencia entre diferentes especies de animales de producción y compañía; la implementación de diagnósticos diferenciales y guías médicas para el abordaje de estas patologías en humanos; así como la educación para la salud (e.g. uso de ropa clara al momento de trabajar en zonas con garrapatas para facilitar su detección y remoción). Finalmente, la delimitación y vigilancia activa de áreas de riesgo, así como el aumento en el conocimiento sobre ecología de poblaciones de garrapatas y su relación con las comunidades de vertebrados, permitirán desarrollar acciones enfocadas a disminuir el efecto de la transmisión de viejas enfermedades y nuevos agentes infecciosos (Ellwanger *et al.* 2021, Gray *et al.* 2021, Eisen 2022).

## Literatura citada

- Allen T, Murray KA, Zambrana-Torrel C, Morse SS, Rondinini C, Di Marco M, Breit N, Olival KJ, Dazak P. 2017. Global hotspots and correlates of emerging zoonotic diseases. *Nature Communications*, 8:1-10.
- Colunga-Salas P, Sánchez-Montes S, Volkow P, Ruíz-Remigio A, Becker I. 2020. Lyme disease and relapsing fever in Mexico: An overview of human and wildlife infections. *PLOS ONE*, 15:e0238496.
- Dantas-Torres F, Chomel BB, Otranto D. 2012. Ticks and tick-borne diseases: a One Health perspective. *Trends in Parasitology*, 28: 437-446.
- Ecker DJ, Sampath R, Willett P, Wyatt JR, Samant V, Massire C, Hall TA, Hari K, McNeil JA, Büchen-Osmond C, Budowle B. 2005. The Microbial Rosetta Stone Database: a compilation of global and emerging infectious microorganisms and bioterrorist threat agents. *BMC Microbiology*, 5:1-19.
- Eisen L. 2022. Personal protection measures to prevent tick bites in the United States: Knowledge gaps, challenges, and opportunities. *Ticks and Tick-borne Diseases*, 13: 101944.
- Ellwanger JH, daVeiga ABG, Kaminski VDL, Valverde-Villegas JM, de Freitas AWQ, Chies JAB. 2021. Control and prevention of infectious diseases from a One Health Perspective. *Genetics and Molecular Biology*, 44:e20200256.
- Gray JS, Ogden NH. 2021. Ticks, Human babesiosis and climate change. *Pathogens*, 10:1430.
- Sánchez-Montes S, Colunga-Salas P, Lozano-Sardaneta YN, Zazueta-Islas HM, Ballados-González GG, Salceda-Sánchez B, Huerta-Jiménez H, Torres-Castro M, Panti-May JA, Peniche-Lara G, Muñoz-García CI, Rendón-Franco E, Ojeda-Chi MM, Rodríguez-Vivas RI, Zavala-Castro J, Dzul-Rosado K, Lugo-Caballero C, Alcántara-Rodríguez VE, Delgado-de la Mora J, Licona-Enríquez JD, Delgado-de la Mora D, López-Pérez AM, Álvarez-Hernández G, Tinoco-Gracia L, Rodríguez-Lomelí M, Ulloa-García A, Blum-Domínguez S, Tamay-Segovia P, Aguilar-Tipacamú G, Cruz-Romero A, Romero-Salas D, Martínez-Medina MA, Becker I. 2021. The genus *rickettsia* in Mexico: Current knowledge and perspectives. *Ticks and Tick-borne Diseases*, 12:101633.
- Reisen WK. 2010. Landscape epidemiology of vector-borne diseases. *Annual Review of Entomology*, 55:461-83.
- Weck BC, Serpa MCA, Labruna MB, Muñoz-Leal S. 2022. A novel genospecies of *borrelia burgdorferi* sensu lato associated with cricetid rodents in Brazil. *Microorganisms*, 10: 204.

## ¿Quién escribe?



**Sokani Sánchez-Montes** es profesor-investigador de la Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, región Tuxpan de la Universidad Veracruzana. Realizó la licenciatura en Biología en la Facultad de Ciencias y el doctorado en la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional Autónoma de México. Sus líneas de investigación son la entomología médica-veterinaria y la epidemiología de patógenos zoonóticos en México. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores Nivel 1.

✉ sok10108@gmail.com



**C. Ismar Miranda-Caballero** es estudiante de Biología en la Facultad de Ciencias UNAM. Ha sido becario en varias estancias de investigación científica, en El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR) y el Instituto de Biología UNAM colaborando en diferentes colecciones nacionales. Actualmente se encuentra colaborando en el Centro de Medicina Tropical de la Facultad de Ciencias UNAM. Está desarrollando la línea de enfermedades tropicales.

✉ miranda-caballero@ciencias.unam.mx



**Pablo Colunga-Salas** es técnico académico del Instituto de Biotecnología y Ecología Aplicada de la Universidad Veracruzana. Realizó la licenciatura en Biología y la maestría en Ciencias Biológicas en la Facultad de Ciencias, su doctorado lo realizó en la Facultad de Medicina, todos en la UNAM. Su línea de investigación es el monitoreo de patógenos en vertebrados terrestres en México. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores Nivel 1.

✉ pcolunga@uv.mx





Fotografía: Rob\_Ian, Getty Images

# Servicios ecosistémicos de polinización y declive de polinizadores en México

**Mauricio Quesada**

Laboratorio Nacional de Análisis y Síntesis Ecológica, Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Morelia, Universidad Nacional Autónoma de México, Morelia, Michoacán  
Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad, Universidad Nacional Autónoma de México, Morelia, Michoacán

**Silvana Martén-Rodríguez**

Laboratorio Nacional de Análisis y Síntesis Ecológica, Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Morelia, Universidad Nacional Autónoma de México, Morelia, Michoacán

**Leopoldo D. Vázquez Reyes**

Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México

## Resumen

Las plantas dependen en gran medida de medios externos para su reproducción sexual, que culmina con la producción de frutos y semillas. Diversos grupos de animales llevan a cabo la importante tarea de polinizar las flores y asegurar con esto la reproducción de las plantas, incluyendo numerosas especies de interés cultural, económico y medicinal. México es uno de los países con mayor diversidad de polinizadores del mundo, siendo las áreas naturales los mayores reservorios de polinizadores al proveer sitios de alimentación, refugio y reproducción para muchas especies.

Desafortunadamente las acciones humanas, entre las que destacan la destrucción de los hábitats naturales, el cambio climático y el uso de agroquímicos y pesticidas, están poniendo en riesgo la salud y la supervivencia de nuestros polinizadores, muchos de los cuales son prácticamente desconocidos. Con el fin de conocer y proteger a nuestros polinizadores, así como de asegurar acciones de manejo y mitigación de los problemas que los aquejan, México ha desarrollado la Estrategia Nacional para la Conservación y Uso Sustentable de los Polinizadores (ENCUSP). Esta estrategia incluye un diagnóstico del conocimiento de los polinizadores y diversos ejes de acción en los que podemos involucrarnos para asegurar la perpetuación de nuestros ecosistemas naturales y agrícolas.

## Palabras clave

cambio climático, cambio de uso de suelo, polinizadores, recursos florales, seguridad alimentaria, servicios de polinización

Los polinizadores proveen un servicio esencial e insustituible del que se benefician las plantas tanto en sus ambientes naturales como agrícolas. Los polinizadores están representados por diversos grupos de animales incluyendo abejas, abejorros, colibríes, escarabajos, mariposas diurnas y nocturnas, murciélagos, moscas y algunos otros grupos de insectos (Figura 1). En un intercambio de mutuo beneficio, las plantas ofrecen a los polinizadores diversas recompensas florales a cambio del transporte de polen. Este proceso se traduce en la dispersión de los gametos masculinos entre plantas de la misma especie y concluye con la fecundación de los óvulos y la producción de semillas. Más del 85% de todas las plantas con flores (también conocidas como angiospermas) y hasta el 94% de las especies tropicales dependen en alguna medida de los polinizadores para la producción de frutos y semillas (Mayer *et al.* 2011). Consecuentemente, la productividad agrícola, la seguridad alimentaria y la salud de los ecosistemas dependen en gran medida de la polinización mediada por animales. El servicio ambiental brindado por los polinizadores es fundamental para la producción de hasta el 70% de los cultivos usados directamente para el consumo humano (Allen-Wardell *et al.* 1998, Klein *et al.* 2007); en México, este porcentaje es mayor cuando se consideran otras plantas útiles (e.g., medicinales, textiles, materiales de construcción, etc.; Ashworth *et al.* 2009). De hecho, el valor de los servicios de polinización a la agricultura a nivel mundial ha sido estimado entre 235 y 577 mil millones de dólares anuales (IPBES 2016). Es por estas razones que es fundamental conocer a nuestros polinizadores y entender los factores que los amenazan y que vulneran los servicios ambientales que estos nos brindan.



**Figura 1.** Polinizadores de diversas especies de plantas de México. A) abeja melífera y chayotillo, B) abeja sin aguijón y acahualillo, C) abejorro y acayote frijol, D), mosca de cerdas y geranio, E) colibrí cola ancha y campana terciopelo, F) mariposa monarca y acahual, G) mosca de las flores y manzanilla cimarrona. Fotografías: Leopoldo D. Vazquez Reyes - BioPic A.C. (A, B, C, D, E y F) y Jesús Moreno Navarro (G).

Desafortunadamente, en años recientes se ha documentado el declive poblacional de abejas y de otros grupos de polinizadores a nivel global (Potts *et al.* 2010, Millard *et al.* 2021). Entre los factores que han sido asociados con estos declives destacan: la disminución de los recursos florales debido al cambio de uso de suelo, el incremento de parásitos y patógenos, la exposición a plaguicidas y otros agroquímicos y el cambio climático (IPBES 2016, Quesada *et al.* 2004, 2021, Potts *et al.* 2010, 2016, Goulson *et al.* 2015, Stuligross y Williams 2021). La alteración del hábitat y el cambio climático tienen efectos sobre la comunidad y el paisaje al modificar los tiempos de floración y la diversidad de las comunidades vegetales. Esto provoca la disminución de la abundancia, calidad y diversidad de los recursos florales y áreas de anidamiento para los polinizadores y genera un desbalance en las relaciones entre plantas y polinizadores (Winfree *et al.* 2009, Scheper *et al.* 2014, Baude *et al.* 2016). Los efectos del empobrecimiento de la dieta se observan a nivel poblacional e individual al disminuir la longevidad y la resistencia a enfermedades (Alaux *et al.* 2010, Di Pasquale *et al.* 2013). Otros factores como el incremento de patógenos, afectan la salud y el desempeño de los polinizadores y, a nivel de las comunidades, afectan las interacciones naturales entre patógenos y sus hospederos (Proesmans *et al.* 2021). La exposición a los plaguicidas y otros agroquímicos, también tienen efectos a diferentes niveles: a nivel del paisaje cuando el uso intensivo de herbicidas modifica la riqueza y composición de los recursos florales o de anidamiento, y a nivel poblacional cuando los polinizadores sufren intoxicaciones, alteran su conducta de forrajeo y sus capacidades de vuelo, disminuyen su resistencia a enfermedades y ven afectada su reproducción (IPBES 2016). Estos factores se han estudiado principalmente en abejas, pero hay estudios que demuestran que el cambio antropogénico está afectando también a otros grupos de polinizadores (Quesada *et al.* 2021).

Recientemente, el Gobierno de México desarrolló la Estrategia Nacional para la Conservación y Uso Sustentable de los Polinizadores (ENCUSP 2021), con el fin de conocer a nuestros polinizadores y promover su conservación y manejo. Se estima que en México pueden existir más de 10,000 especies de polinizadores, pero para muchos se desconoce su biología y hasta su identidad taxonómica (Quesada *et al.* 2021). El hábitat fuente de estas especies está primordialmente ubicado en las áreas naturales del país que proveen sitios de reproducción y anidamiento, refugio y recursos florales de los que se alimentan los polinizadores. Estas áreas naturales están amenazadas y hoy prácticamente se restringen a las Áreas Naturales Protegidas (ANPs); sin embargo, dada la categoría de manejo de muchas ANPs, también éstas son vulnerables a la alteración antropogénica. Por esta razón, muchos de nuestros polinizadores están en riesgo de perder sus hábitats y fuentes de alimento, lo que pone en riesgo la seguridad alimentaria de México.

Algunas de las acciones que podemos llevar a cabo para promover el conocimiento, la conservación y el potencial manejo de los polinizadores incluyen: (a) documentar la diversidad de especies de polinizadores de México; (b) realizar estudios ecológicos, genéticos y geográficos con el fin de generar conocimiento básico sobre los polinizadores y sus interacciones con las plantas; (c) promover la protección o restauración de hábitats que ofrezcan fuentes de alimento y sitios de anidamiento para polinizadores; (d) promover el establecimiento de jardines de polinizadores en zonas urbanas; (e) establecer programas de educación ambiental y divulgación, que vinculen a las instituciones académicas con la sociedad; (f) elaborar materiales impresos y audiovisuales para promover el conocimiento de los polinizadores; (g) desarrollar acciones con comunidades rurales para compartir el conocimiento sobre polinizadores y fomentar su protección; (h) promover prácticas agrícolas amigables con los polinizadores; (i) promover la participación de comunidades locales y el sector agrícola y productivo en el monitoreo y conservación de los polinizadores.

Los polinizadores son fundamentales para la conservación de numerosos recursos vegetales útiles para la humanidad. A pesar de su enorme importancia, la mayoría de las especies de polinizadores son desconocidas y muchas se encuentran en riesgo debido a la destrucción y fragmentación de los ecosistemas naturales, el cambio climático y el uso de agroquímicos, entre otros factores. La pérdida de nuestros polinizadores amenazaría el mantenimiento y la regeneración de los ambientes naturales, así como la producción agrícola de especies clave en México, como el aguacate, las calabazas, los frijoles, el jitomate y los chiles. Por esto, es fundamental involucrarse en acciones que promuevan la protección y el manejo adecuado de nuestros polinizadores.

### Agradecimientos

Agradecemos el financiamiento de la Universidad Nacional Autónoma de México, a través de la Dirección General de Personal Académico PAPIIT IN21902121, IN224920, IV200418, CONACyT (Laboratorio Nacional de Análisis y Síntesis Ecológica 271449, 280505, 293701, 299033, 314852, 315810), Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER-CONACyT 291333) y Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo RED CYTED-SEPODI (417RT0527).

### Literatura citada

- Alaux C, Brunet JL, Dussaubat C, Mondet F, Tchamitchan S, Cousin M, Brillard J, Baldy A, Belzunces LP, Le Conte Y. 2010. Interactions between *Nosema* microspores and a neonicotinoid weaken honeybees (*Apis mellifera*). *Environmental Microbiology*, 12:774-82.
- Allen-Wardell G, Bernhardt P, Bitner R, Burquez A, Buchmann S, Cane J, Cox PA, Dalton V, Feinsinger P, Ingram M, Inouye D. 1998. The potential consequences of pollinator declines on the conservation of biodiversity and stability of food crop yields. *Conservation Biology*, 1:8-17.
- Ashworth L, Quesada M, Casas A, Aguilar R, Oyama K. 2009. Pollinator-dependent food production in Mexico. *Biological Conservation*, 142:1050-7.
- Baude M, Kunin WE, Boatman ND, Conyers S, Davies N, Gillespie MA, Morton RD, Smart SM, Memmott J. 2016. Historical nectar assessment reveals the fall and rise of floral resources in Britain. *Nature* 530:85-8.
- Di Pasquale G, Salignon M, Le Conte Y, Belzunces LP, Decourtye A, Kretzschmar A, Suchail S, Brunet JL, Alaux C. 2013. Influence of pollen nutrition on honey bee health: do pollen quality and diversity matter? *PLOS ONE* 8:e72016.
- Estrategia Nacional para la Conservación y Uso Sustentable de Polinizadores en México. 2021. Proyecto IKI-IBA, agencia Alemana de Cooperación para el Desarrollo (GIZ) del proyecto "Integración de la Biodiversidad en la Agricultura Mexicana" (IKI-IBA), al Ministerio Federal de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza y Seguridad Nuclear (BMU) de Alemania; Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER) y Secretaria de Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT; Gobierno de México)  
<https://www.gob.mx/agricultura/documentos/estrategia-nacional-para-la-conservacion-y-uso-sustentable-de-los-polinizadores-encusp>
- Goulson D, Nicholls E, Botías C, Rotheray EL. 2015. Bee declines driven by combined stress from parasites, pesticides, and lack of flowers. *Science*, 347:1255-57.
- Hegland SJ, Nielsen A, Lázaro A, Bjercknes AL, Totland Ø. 2009. How does climate warming affect plant-pollinator interactions? *Ecology letters*, 12:184-95.
- IPBES. 2016. The assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services on pollinators, pollination and food production. En: Potts SG, Imperatriz-Fonseca VL, and Ngo HT (eds). Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, Bonn, Germany. 552 pages.

- Klein AM, Vaissière BE, Cane JH, Steffan-Dewenter I, Cunningham SA, Kremen C, Tscharntke T. 2007. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the royal society B: Biological Sciences*, 274:303-13.
- Mayer C, Adler L, Armbruster WS, Dafni A, Eardley C, Huang SQ, Kevan PG, Ollerton J, Packer L, Ssymank A, Stout JC. 2011. Pollination ecology in the 21st century: key questions for future research. *Journal of Pollination Ecology*, 3:8-23.
- Millard J, Outhwaite CL, Kinnersley R, Freeman R, Gregory RD, Adedija O, Gavini S, Kioko E, Kuhlmann M, Ollerton J, Ren ZX. 2021. Global effects of land-use intensity on local pollinator biodiversity. *Nature communications*, 12:1-1.
- Potts SG, Biesmeijer JC, Kremen C, Neumann P, Schweiger O, Kunin WE. 2010. Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends in Ecology & Evolution*, 25:345-53.
- Potts SG, Imperatriz-Fonseca V, Ngo HT, Aizen MA, Biesmeijer JC, Breeze TD, Dicks LV, Garibaldi LA, Hill R, Settele J, Vanbergen AJ. 2016. Safeguarding pollinators and their values to human well-being. *Nature*, 540:220-9.
- Proesmans W, Albrecht M, Gajda A, Neumann P, Paxton RJ, Pioz M, Polzin C, Schweiger O, Settele J, Szentgyörgyi H, Thulke HH. 2021. Pathways for novel epidemiology: plant-pollinator-pathogen networks and global change. *Trends in Ecology and Evolution*, 36:623-36.
- Quesada M, Rosas F, Aguilar R, Ashworth L, Rosas-Guerrero VM, Sayago R, Lobo JA, Herrerías-Diego Y, Sánchez-Montoya G. 2011. Human impacts on pollination, reproduction, and breeding systems in tropical forest plants. En: Dirzo R, et al. (eds.) *Seasonally Dry Tropical Forests: Ecology and Conservation*. Washington, DC, Island Press, 173-194.
- Quesada M, Martén-Rodríguez S, Delgado Carrillo O, Páramo Ortiz E, Novais S, de Santiago Hernández HS, Cristóbal Pérez EJ. 2021. Diagnóstico. Situación actual de los polinizadores en México: Diagnóstico del conocimiento y sistematización. Estrategia Nacional para la Conservación y Uso Sustentable de Polinizadores en México Proyecto IKI-IBA, agencia Alemana de Cooperación para el Desarrollo (GIZ) del proyecto "Integración de la Biodiversidad en la Agricultura Mexicana" (IKI-IBA), al Ministerio Federal de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza y Seguridad Nuclear (BMU) de Alemania, Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER) y Secretaria de Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

- Regan EC, Santini L, Ingwall-King L, Hoffmann M, Rondinini C, Symes A, Taylor J, Butchart SH. 2015. Global trends in the status of bird and mammal pollinators. *Conservation Letters*, 8:397-403.
- Scheper J, Reemer M, van Kats R, Ozinga WA, van der Linden GT, Schaminée JH, Siepel H, Kleijn D. 2014. Museum specimens reveal loss of pollen host plants as key factor driving wild bee decline in The Netherlands. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111:17552-7.
- Stuligross C, Williams NM. 2021. Past insecticide exposure reduces bee reproduction and population growth rate. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118:e2109909118.
- Winfree R, Aguilar R, Vázquez DP, LeBuhn G, Aizen MA. 2009. A meta-analysis of bees' responses to anthropogenic disturbance. *Ecology*, 90:2068-76.

## ¿Quién escribe?



**Silvana Marten Rodríguez** es Doctora en Comportamiento, Ecología, Evolución y Sistemática de la University of Maryland de E.U. Ha realizado investigaciones sobre sistemas de polinización y la evolución de sistemas reproductivos de plantas, análisis filogenético de plantas, biología de la conservación en diversos sitios del Neotrópico. Tiene más de 40 publicaciones en revistas científicas internacionales de revisión por pares, capítulos de libros, e informes técnicos, además ha servido como editor de varios libros. Laboratorio Nacional de Análisis y Síntesis Ecológica (LANASE), Escuela Nacional de Estudios Superiores Unidad Morelia, Universidad Nacional Autónoma de México. Investigador SNI II.

✉ smarten@enesmorelia.unam.mx



**Mauricio Quesada** es Doctor en Ecología en el Departamento de Biología de Pennsylvania State University de EU. Ha realizado investigaciones sobre los sistemas de polinización y la biología reproductiva de las plantas, la genética vegetal, ecofisiología de plantas y biología de la conservación en diversos sitios del Neotrópico. Tiene más de 150 publicaciones en revistas científicas internacionales de revisión por pares, capítulos de libros, e informes técnicos, además ha servido como editor de varios libros. Laboratorio Nacional de Análisis y Síntesis Ecológica (LANASE), Escuela Nacional de Estudios Superiores Unidad Morelia, Universidad Nacional Autónoma de México. Investigador SNI III.

✉ mquesada@cieco.unam.mx



**Leopoldo D. Vázquez Reyes** es Doctor en Ecología por la Universidad Nacional Autónoma de México. Su trabajo se enfoca en dos vertientes principales: ecología y conservación de comunidades de aves del Trópico Seco Mexicano y fotografía para la conservación, en colaboración con el Laboratorio Nacional de Análisis y Síntesis Ecológica (LANASE) y Biosphera Picture A.C. (BioPic). Es autor de 16 publicaciones en revistas científicas y capítulos de libros revisados por pares. Su trabajo fotográfico se ha publicado en diversas revistas científicas, obras de divulgación, así como en exposiciones fotográficas individuales y colectivas a lo largo del país. Miembro de la Alianza Mexicana de Fotografía para la Conservación, Investigador SNI I.

✉ leopoldo.vazquez@unam.mx





Playa Celestún. Fotografía: Edlin Guerra Castro y Frank A. Ocaña

## Macrofauna de las playas de México: ecología y oportunidades para la gestión ambientalmente sostenible

Edlin Guerra Castro y Frank A. Ocaña

Escuela Nacional de Estudios Superiores – Unidad Mérida, Universidad Nacional Autónoma de México, Mérida, Yucatán

### Resumen

Las playas arenosas representan uno de los activos ambientales más valiosos de México. No obstante, la calidad ambiental de las playas está seriamente comprometida por el crecimiento descontrolado en la zona costera. Actualmente, el enfoque para la gestión ambiental sostenible de las playas está orientado hacia los procesos físicos y, menos frecuentemente, en la conservación de especies icónicas como las tortugas. Estos indicadores son insuficientes para detectar oportunamente el deterioro de la calidad ambiental de las playas. Como alternativa, durante los últimos años se ha propuesto la incorporación de la macrofauna (animales mayores a 1 mm de tamaño) como indicador ambiental de respuesta rápida a perturbaciones antrópicas en las playas. Esta idea ha sido bien desarrollada en países de Sudamérica como Uruguay, Brasil y Chile, pero poco desarrollada en México, a pesar de la relevancia de las playas para la economía del país. En este trabajo, presentamos a la macrofauna de las playas como una alternativa de valoración de la calidad ambiental, usando como referencia las playas de Yucatán. Encontramos que los mayores valores de abundancia y riqueza de especies ocurren al este del estado, precisamente la región costera con mejor calidad ambiental. Las zonas con peor calidad ambiental tienen baja diversidad y son dominadas principalmente por especies oportunistas. Los resultados sugieren que, efectivamente, conocer los patrones espaciotemporales de diversidad y abundancia de la macrofauna contribuirá a la detección temprana de problemas ambientales que, hasta ahora, solo son evidentes cuando ya son graves.

### Palabras clave

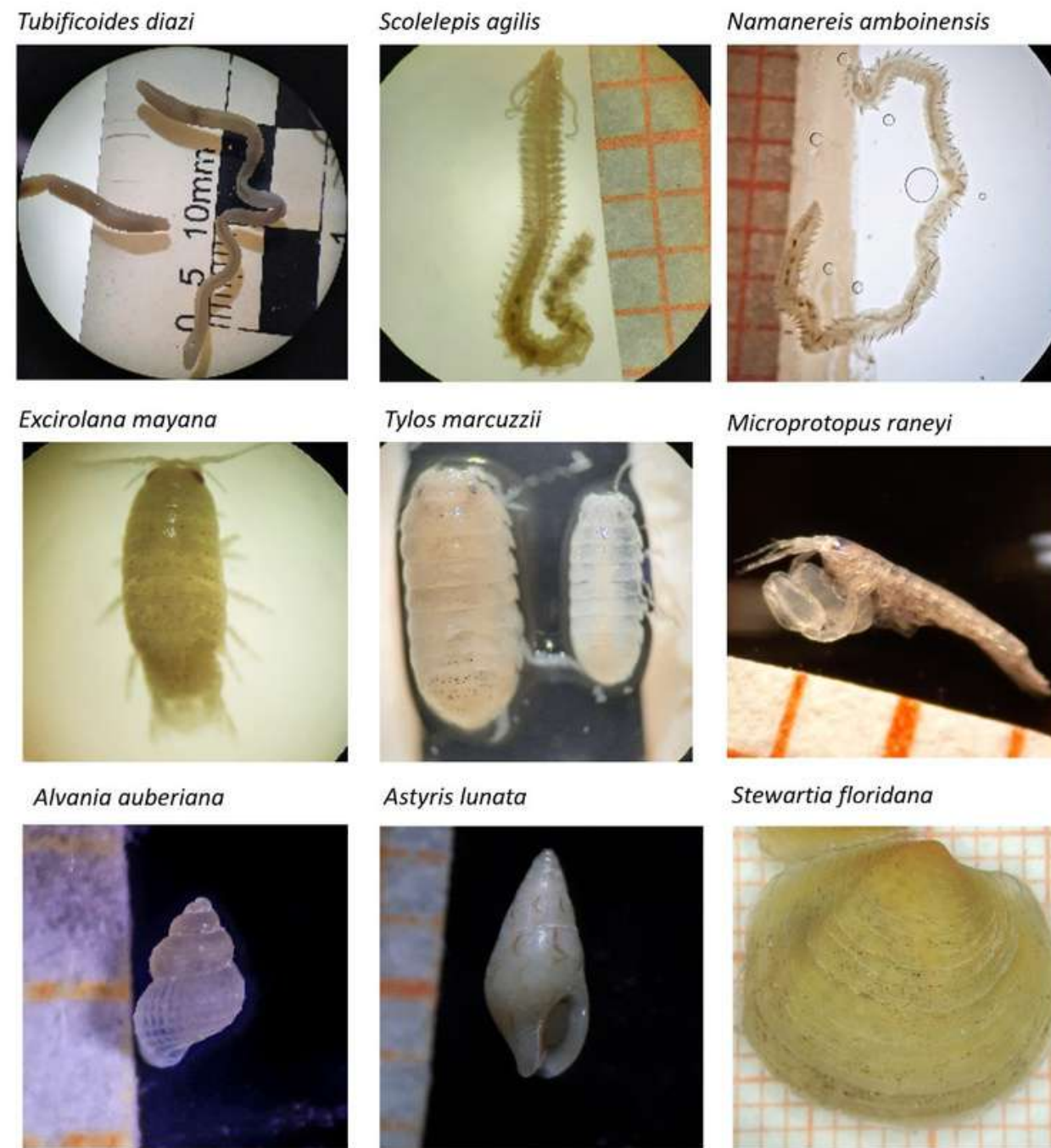
biodiversidad marina, impacto ambiental, indicadores ecológicos, playas arenosas

Las playas representan un ícono para el turismo y la recreación en todo el mundo, siendo el pilar de la economía de muchas regiones costeras, especialmente en México. En la cultura popular, las playas representan diversión, recreación y relajamiento; son un espacio de ocio para todo tipo de personas, de cualquier edad, género, ideología y cultura. Tal es su efecto en las economías, que una búsqueda rápida en internet con la palabra «playa» arroja principalmente anuncios de sitios para visitar y para planificar vacaciones, sin ninguna referencia a la descripción ambiental o ecológica de esta zona costera. Esto probablemente se deba a que las playas son percibidas como lugares sin vida, desiertos. No obstante, las playas son más que sol, mar y arena; entre sus sedimentos habitan abundantes y diversos grupos de organismos usualmente muy pequeños, de pocos milímetros de tamaño, adaptados a vivir en este ambiente. Este artículo abordará esta temática socioambiental atendiendo algunas preguntas básicas: ¿Qué tanto sabemos sobre estos organismos? ¿cómo se relacionan estos organismos con el uso que hacemos de las playas? ¿qué tan útiles son para la sociedad?

Los organismos que viven en el sedimento de las playas suelen ser reconocidos con el término «macrofauna», técnicamente se refiere a los animales mayores a 1 mm de tamaño, aunque también hay organismos más pequeños, que conforman la «meiofauna». De los más notables y abundantes de la macrofauna destacan los moluscos, aunque también hay crustáceos y anélidos. Varias especies de moluscos son de interés gastronómico, especialmente algunas almejas; otras especies son de interés pesquero pues se usan como carnada. En algunas regiones, varias especies de almejas de playa representan importantes recursos para la pesca artesanal, por lo que han ameritado medidas de gestión para la sostenibilidad del recurso (McLachlan y Defeo, 2018). No obstante, más allá de esto, no es evidente que exista otro beneficio directo que podamos obtener de la macrofauna. Sin embargo, esto es sólo apariencia; la macrofauna tiene un papel relevante como eslabón intermedio en la cadena trófica, así como también algunas especies pueden responder rápidamente ante la influencia antrópica, por lo que se consideran como bioindicadores de impacto. Algunos ejemplos pueden ser el oligoqueto *Tubificoides diazi* (especie oportunista de primer orden), o el crustáceo *Excirrolana mayana* (especie muy sensible a perturbaciones). Esto último es particularmente relevante, ya que las actividades económicas costeras, en sinergia con el cambio climático, están poniendo en riesgo la integridad ecológica de las playas.



Fotografía: Hamody Omar, Pexels



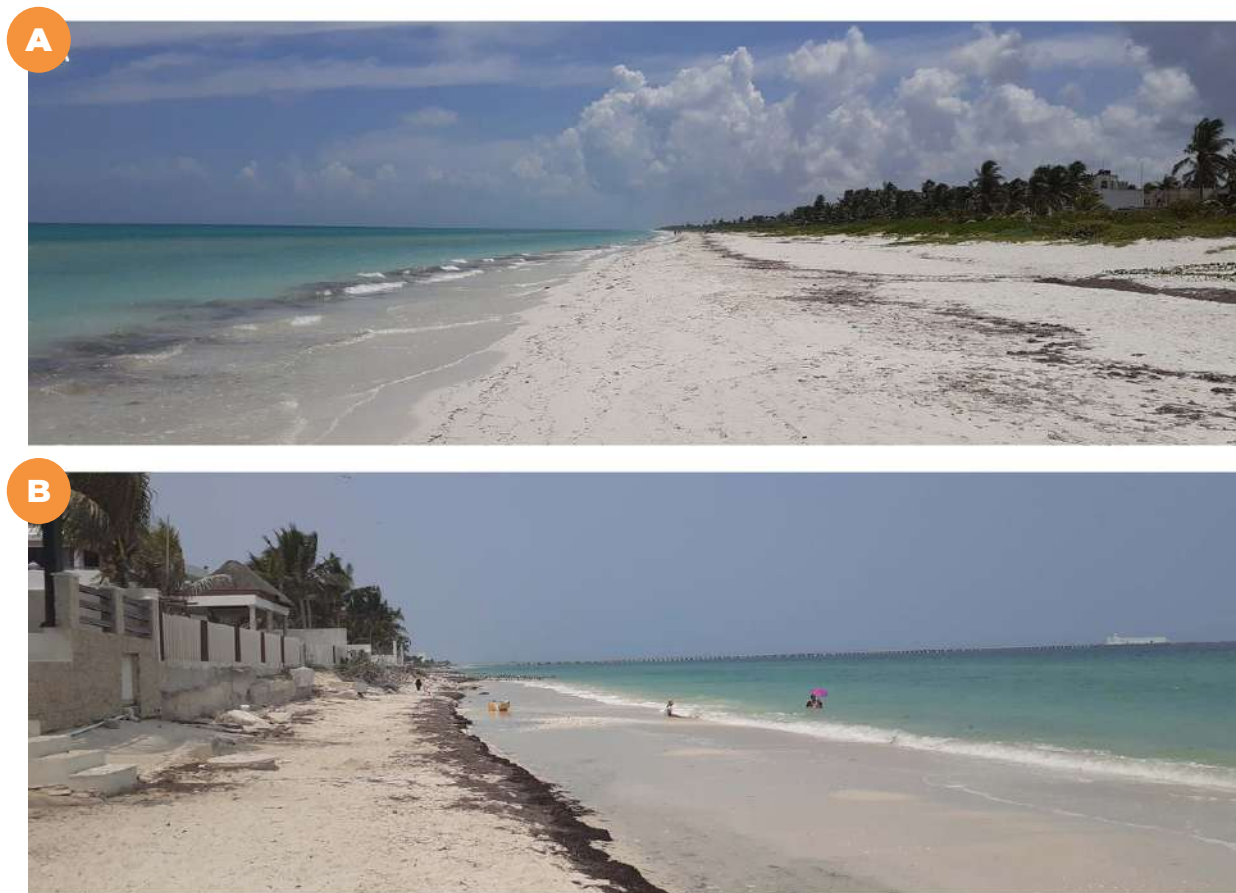
**Figura 1.** Algunas especies de la macrofauna registrada para las playas de Yucatán. En particular, el oligoqueto *Tubificoides diazi* (taxonómicamente cercano a la lombriz de tierra), crece varios centímetros y sus poblaciones alcanzan números muy elevados en zonas de alta disponibilidad de materia orgánica. Fotografías tomadas con microscopio estereoscópico por Ricardo Olmos, Raúl Castillo y María Muciño.

En líneas generales, el interés por comprender los patrones de distribución y abundancia de estos organismos inició en la década de 1970, pero el auge conceptual ocurrió luego de 1980. De ello derivó el establecimiento de un paradigma ecológico central (apoyado por varias hipótesis) que supone el control del ambiente sobre la biodiversidad en la macrofauna. Además, se ha demostrado que estos organismos pueden ser excelentes indicadores de la calidad ambiental de las playas y, por ende, orientar en la gestión ambiental sostenible de este paisaje natural de tanto interés para la sociedad (McLachlan y Defeo, 2018). Para esto se requiere de un conocimiento profundo de los patrones espaciotemporales de distribución de la macrofauna y del reconocimiento de la funcionalidad ecológica de sus especies, lo cual representa un reto, especialmente en países cuya prioridad en conservación marina se dirige hacia ambientes naturales más notorios como los bosques de manglar y arrecifes coralinos.

En Latinoamérica, la sinergia entre la ecología y gestión de playas se ha desarrollado ampliamente en países como Uruguay, Brasil y Chile. En México, los esfuerzos de investigación y gestión de las playas han seguido un enfoque más orientado hacia los procesos físicos y la conservación de elementos biológicos icónicos como los nidos de las tortugas marinas. En efecto, el reconocimiento de la macrofauna dentro de los procesos de gestión de playas es inexistente. Esto lo pudimos evidenciar al analizar 26 manifestaciones de impacto ambiental de proyectos de recuperación de playas y control de erosión (datos sin publicar), llevados a cabo en la península de Yucatán desde 2009 a 2016, en los que ninguno incluyó a la macrofauna como indicador ecológico en los estudios de línea base.

El estudio de la macrofauna de las playas de México ha tenido avances discretos pero importantes en las últimas décadas. Desde el estudio pionero de Deborah Dexter en 1976, sobre la composición de invertebrados en 11 playas de México, se han realizado poco más de un par de decenas de estudios en todo el país. Aunque son pocos los grupos de investigación en ecología de playas, se han estudiado un importante número de playas en Baja California, Veracruz, Yucatán y Quintana Roo. Asimismo, las posibilidades que brindan la globalización y las redes de colaboración internacional han permitido unificar y fortalecer esfuerzos, tal como la Red Iberoamericana para la gestión y certificación de playas (PROPLAYAS), a través de sus 10 nodos en México; y la red MBON P2P (siglas en inglés de *Marine Biodiversity Observation Network - Pole to Pole of the Americas*), así como por parte del Laboratorio Nacional de Resiliencia Costera (o LANRESC) del programa Laboratorios Nacionales del CONACYT, proyecto coordinado por varias instituciones académicas de México.

En el contexto particular del estado de Yucatán sabemos que hay, al menos, 50 especies de invertebrados que conforman la macrofauna de sus playas. Este número representa uno de los más altos en riqueza de especies registradas para playas a nivel mundial. Las zonas que mejor han sido evaluadas son Celestún, Sisal, Progreso, Telchac, Dzilam de Bravo y El Cuyo (Guerra-Castro *et al.*, 2020). Los valores de abundancia también son muy elevados en algunas zonas del estado, especialmente hacia Dzilam de Bravo. Esto es un indicador directo de producción secundaria y alto procesamiento de materia orgánica disponible (particulada y disuelta) en la arena de la playa. También sabemos que los patrones de distribución son muy variados, siendo las playas al este del estado las más diversas. Algunas especies de las registradas en Yucatán son muy sensibles a la contaminación orgánica, así como a las presiones de la urbanización, mientras que otras son oportunistas y tolerantes a perturbaciones.



**Figura 2.** Estereotipos de playas de Yucatán en buena (A) y mala (B) calidad ambiental. En A, la playa es ancha, presenta duna con vegetación sin signos de fragmentación, no se evidencian problemas de erosión ni descargas de aguas servidas sobre la playa. En B, la playa es angosta, evidentes problemas de erosión, no hay duna, la infraestructura se construyó sobre la duna, alta probabilidad de contaminación por aguas servidas. Fotografías tomadas por Edlin Guerra Castro y Frank A. Ocaña.

Es reconocido que las características ambientales de las playas de Yucatán son muy heterogéneas y con distintos grados de perturbaciones humanas (LANRESC, 2017). Esta heterogeneidad se puede representar en un gradiente de salud ambiental con zonas de buena calidad ambiental en un extremo (que presentan ancho de playa de más de 30 m, con dunas estabilizadas y poco o ningún signo de erosión o contaminación) y con zonas de mala calidad ambiental en el otro (*i.e.* ausencia de dunas o vegetación, severos problemas de erosión, contaminación). En el intermedio hay un continuo de condiciones ambientales de difícil caracterización, en el que los indicadores convencionales de valoración ambiental son poco útiles. Es precisamente en estos casos donde se requieren medidas efectivas de regulación, y por ello es necesario la formulación de nuevos indicadores y métodos de evaluación ambiental de las playas (Ocaña *et al.*, 2022). Si desde la gestión gubernamental se usaran a los macroinvertebrados como indicadores de potenciales problemas ocultos en la calidad ambiental y ecosistémica de las playas, se podrían tomar medidas de mitigación y gestión ambiental efectivas y con ello abonar a un paisaje costero saludable para sus usuarios. Estos elementos evidencian la necesidad de impulsar la sinergia entre la ecología de playas y la gestión. En este sentido, nuestras investigaciones están en progreso y esperamos que los resultados contribuyan, no solo a generar conocimiento científico, sino a incidir en los instrumentos de gestión ambiental y, con ello, en el uso ambientalmente sostenible de las playas.

### Agradecimientos

Todos los datos de diversidad y abundancia de la macrofauna han sido generados por los estudiantes (Ricardo Olmos, Raúl Castillo, María Muciño) del equipo playero del grupo académico Biodiversidad Marina de Yucatán (UNAM). El financiamiento de este proyecto lo proporcionó la DGAPA-UNAM a través del PAPIIT (IA206320), en conjunto con CONACyT y el programa Estancias Posdoctorales por México (CONACYT 2020-2021).

## Literatura citada

- Dexter DM. 1976. The sandy-beach fauna of Mexico. *The Southwestern Naturalist*, 20: 479-485. DOI: [10.2307/3669864](https://doi.org/10.2307/3669864)
- Guerra-Castro E, Hidalgo G, Castillo-Cupul RE, Muciño-Reyes M, Noreña-Barroso E, Quiroz-Deaquino J, Mascaro M, Simoes N. 2020. Sandy beach macrofauna of Yucatán state (Mexico) and oil industry development in the Gulf of Mexico: first approach for detecting environmental impacts. *Frontiers in Marine Science*, 7:589656. DOI: [10.3389/fmars.2020.589656](https://doi.org/10.3389/fmars.2020.589656).
- LANRESC. 2017. Tarjeta de reporte de la costa de Yucatán. México. Disponible en [https://www.lanresc.mx/publicaciones/tarjetas\\_reporte/](https://www.lanresc.mx/publicaciones/tarjetas_reporte/)
- McLachlan A, Defeo O. 2018. *Ecology of Sandy Shores*, 3rd ed. London: Academic Press. DOI: [10.1016/B978-0-12-372569-1.X5000-9](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-372569-1.X5000-9)
- Ocaña FA, Cuevas E, Sauma-Castillo L, López-Castro M, Guerra-Castro E. 2022. A quantitative three-step approach for guiding sandy beach management. SSRN. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4063947>

## ¿Quién escribe?



**Edlin José Guerra Castro** es Biólogo Marino de la Universidad de Oriente, Venezuela, con Doctorado en Ecología del Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas y Posdoctorado en la Universidad Nacional Autónoma de México. Sus líneas de investigación son ecología de comunidades marinas, patrones de diversidad de invertebrados marinos a diferentes escalas espaciales, diseño de muestreo y evaluación estadística de metodologías para estudios ecológicos. Ha publicado 30 artículos en revistas internacionales revisadas por pares; también ha sido revisor de 20 manuscritos para 12 revistas internacionales y participado en una decena de proyectos de detección de impacto ambiental por la industria petrolera en la zona costera. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores (SNI- nivel 1). Es Coordinador del nodo académico #66 de la red PROPLAYAS y miembro activo de la red MBON-P2P. Es responsable técnico del proyecto UNAM-DGAPA-PAPIIT-2020 (IA206320) "Biodiversidad de las playas de Yucatán: línea base para la detección de impactos ambientales ante eventos antrópicos y naturales". Actualmente es Profesor Asociado C en el Departamento de Sistemas y Procesos Naturales de la Escuela Nacional de Estudios Superiores - Unidad Mérida, de la Universidad Nacional Autónoma de México, en Mérida, Yucatán y tutor del Posgrado de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM.

✉ [edlin.guerra@enesmerida.unam.mx](mailto:edlin.guerra@enesmerida.unam.mx)



**Frank A. Ocaña Borrego** es Biólogo de formación titulado en la Universidad de La Habana, con una maestría en Manejo Integrado de Zonas Costeras en la Universidad de Oriente en Santiago de Cuba. Doctor en Ciencias en Ecología y Desarrollo Sustentable por El Colegio de la Frontera Sur, México. Tiene un posdoctorado en el Centro de Investigación y Estudios Avanzados (CINVESTAV-Mérida) del Instituto Politécnico Nacional. Ha participado en más de 30 proyectos de investigación y de servicios (consultorías) relacionados con la ecología y gestión de la biodiversidad y los ecosistemas en zonas costeras. Su principal línea de investigación está encaminada a la evaluación de patrones y procesos ecológicos en las playas arenosas, así como a evaluar el efecto de las actividades humanas sobre estos ecosistemas. Ha publicado 38 artículos científicos en revistas indizadas, de los cuales 15 son específicamente sobre ecología de playas arenosas. Ha participado en diversos comités y redes de colaboración en la materia ambiental entre las que se encuentran PROPLAYAS y CARIBERO SOS. Es revisor para 11 revistas científicas de alcance internacional. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores (SNI nivel 1). Actualmente está concluyendo su segundo año de Estancias Posdoctorales por México (CONACYT 2020-2021) en la Escuela Nacional de Estudios Superiores (ENES-Mérida) de la Universidad Nacional Autónoma de México, donde también es profesor de asignatura.

✉ [frank.ocana@enesmerida.unam.mx](mailto:frank.ocana@enesmerida.unam.mx)



Fotografía: Egor Kalemer, Pexels

# Importancia, amenazas y acciones para la conservación de anfibios y reptiles

Omar Hernández Ordóñez y Gabriela Parra Olea

Colección Nacional de Anfibios y Reptiles, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México

## Resumen

Los anfibios y reptiles son importantes tanto ecológica como culturalmente; nos proveen importantes servicios ecosistémicos (alimento, medicamentos, control de plagas). Sin embargo, un alto porcentaje de las especies del mundo están en riesgo de extinción, siendo la pérdida del hábitat, la contaminación, la sobreexplotación, la introducción de especies exóticas y las enfermedades emergentes infecciosas sus principales amenazas directas. Como medidas colectivas e individuales que contribuyan a la conservación de anfibios y reptiles se propone: 1) evitar el consumo de productos causantes de deforestación o contaminación de los cuerpos de agua, 2) evitar la compra de fauna silvestre y 3) no comprar productos de origen de estos grupos como carne y pieles para calzado u otros accesorios. Además, es muy importante evitar comprar individuos como mascotas ya que se contribuye a la propagación de enfermedades e introducción de especies exóticas.

## Palabras clave

amenazas, conservación, herpetofauna

Los anfibios y reptiles cumplen funciones importantes dentro de los ecosistemas, tales como el reciclaje de nutrientes, la polinización, la dispersión de semillas y el flujo de energía (Cortez-Gómez *et al.* 2015) y por ende nos proporcionan una gran cantidad de servicios ecosistémicos (Valencia-Aguilar *et al.* 2013). En cuanto al reciclaje de nutrientes, la mayoría de las especies de anfibios en su fase adulta son depredadores de insectos (Wells 2010). La gran mayoría de reptiles, no sólo las serpientes y los cocodrilos, son depredadoras (Vitt y Cadwell 2013). Algunos reptiles son importantes dispersores de semillas (*p. ej.*, tortugas e iguanas). Las iguanas de la isla Fernandina de las Galápagos son capaces de recorrer varios kilómetros durante sus actividades cotidianas y pueden dispersar las semillas de hasta 32 especies de plantas (Traveset *et al.* 2016).

Debido al gran número de individuos que conforman sus poblaciones, los anfibios y reptiles son fuente importante de alimento para otros depredadores, como aves, mamíferos y otras especies de anfibios y reptiles más grandes (Vitt y Cadwell 2013). Por ejemplo, muchas especies de serpientes nocturnas se alimentan de ranas, que tienen su actividad en las noches en los bosques tropicales del mundo. Además, los nidos y crías de tortugas marinas son fuente importante de alimento de la fauna carnívora de las playas (hormigas, aves, cangrejos, mapaches y coyotes; Márquez 2002).

En cuanto a los servicios ecosistémicos, el estudio de los venenos de las serpientes (Chan *et al.* 2016) y las secreciones de la piel de los anfibios (Rodríguez *et al.* 2017) comienza a tener mucha relevancia para la medicina. También, en cuanto a servicios de regulación se sabe que algunas especies de ranas como la rana leopardo (*Lithobates zweifeli*) y el sapo de la caña (*Rhinella horribilis*) son consideradas como controladores biológicos de insectos nocivos para cultivos agrícolas (Díaz-García *et al.* 2019).

Culturalmente, muchas civilizaciones antiguas han relacionado ambos grupos con la fertilidad, la sabiduría, la llegada de las lluvias y la salud humana. En el caso de la cultura mexicana, Quetzalcóatl, uno de los dioses más importantes, es representado por una serpiente emplumada y Tlaltecuctli, diosa de la tierra, está representada en el Códice Borbónico en forma de sapo. El dios de la luna en la cultura maya es representado con una imagen antropomorfa y un caparazón de tortuga en algunos petroglifos en la ciudad de Chichén Itzá (Seler 2008). En la cultura egipcia, el dios Sobek (que creó el río Nilo), es representado por un cuerpo humano con cabeza de cocodrilo. Para la cultura hindú, el dios Shesha, uno de los seres primigenios de la creación, es representado por una serpiente (Rubio 2017). Finalmente, en Europa, las salamandras desde la antigua Grecia y durante la Edad Media, fueron consideradas como un animal mítico capaz de apagar el fuego (García-Arranz 1990).

En la actualidad los anfibios y reptiles tienen una gran relevancia, desde el punto de vista cultural, tanto dentro de las tradiciones de los pueblos originarios representados en mitos, canciones y artesanías (Díaz-García *et al.* 2019), como en las grandes ciudades, más influenciadas por la cultura occidental y en donde se ven representados en caricaturas (muchos personajes de caricaturas icónicas como Pokémon están basados en anfibios y reptiles), anuncios (anuncios de cremas, promocionales para la visita de países como Costa Rica), juguetes (desde los dinosaurios hasta inflables de cocodrilos y tortugas, o serpientes, lagartijas y ranas de diferentes marcas), canciones populares e infantiles (La boa de Carlos Lico, Lunada de Cri-Crí, La culebra de Banda Machos) y ropa (desde impresiones en camisetas hasta marcas internacionales de ropa).

No obstante su importancia ecológica y cultural, se estima que 41% de los anfibios (Figura 1) y 21% de los reptiles del mundo se encuentran en algún estatus de riesgo de extinción según la Unión Internacional de la Conservación de la Naturaleza (UICN 2022). Para entender cómo podemos ayudar a estos dos grupos en nuestra vida cotidiana, primero debemos de entender cuáles son las causas que amenazan a estos grupos.



**Figura 1.** Rana Grande de Pulgar con punta (*Plectrohyla avia*) en la Reserva de la Biósfera del volcán Tacaná, una especie en peligro de extinción debido a la pérdida y modificación del hábitat de los bosques de niebla en México y Guatemala.

La principal amenaza sobre anfibios y reptiles es la pérdida y modificación del hábitat (Hilton-Taylor *et al.* 2009; Figura 2) debido a que, en general, ambos grupos tienen escasa movilidad y tamaños relativamente pequeños. Además, los anfibios dependen de la lluvia y de altas concentraciones de humedad, mientras que tanto anfibios como reptiles son sensibles al calor y la luz (Wells 2010, Vitt y Cadwell 2013). Estas características hacen a ambos grupos sensibles a los cambios ambientales que ocurren cuando se altera o destruye su hábitat. Los cambios pueden causar que las poblaciones de algunas especies desaparezcan al no lograr aclimatarse a la pérdida de humedad y/o incremento de la temperatura y también que otras se beneficien por estos cambios, causando un desequilibrio en la comunidad y en el ecosistema. Por ejemplo, en los bosques tropicales, los reptiles y anfibios son sensibles al efecto de borde que existe entre los fragmentos de bosque y los pastizales agropecuarios, en donde muchas especies habitan exclusivamente dentro de los fragmentos de bosque y no toleran las condiciones que se dan en los bordes (*p. ej.* aumento de luz y temperatura y disminución de la humedad) y son tan sensibles a los cambios en las mismas que no pueden habitar a menos de 200 metros del borde entre el fragmento y el pastizal (Urbina-Cardona *et al.* 2006).



**Figura 2.** La deforestación en los bosques tropicales húmedos, debido a las actividades agrícolas y ganaderas, es la principal amenaza para los anfibios y reptiles.

La contaminación es otra de las principales amenazas para ambos grupos, principalmente para los anfibios debido a que su piel es permeable (Vitt y Cadwell 2013). La contaminación no solamente está causando una importante mortalidad, sino también una depresión en su sistema inmune e incluso malformaciones (Blaustein y Johnson 2003). En el caso de los reptiles, algunas especies acuáticas como las tortugas y los cocodrilos se han visto afectados por la contaminación en cuerpos de agua.

Otra amenaza importante para ambos grupos es la sobreexplotación de las poblaciones. Ésta se puede dar como la captura de individuos de manera ilegal con el objetivo de mantenerlos como mascotas o para su consumo (alimento y pieles). En las últimas décadas, en las ciudades se ha incrementado la costumbre de tener anfibios y reptiles en cautiverio como mascotas, la llamada "herpetofilia" y en el mejor de los casos los ejemplares provienen de criaderos autorizados para la crianza y venta de especies. Sin embargo, es común ver en algunos mercados una gran cantidad de especies de anfibios y reptiles que se venden (ajolotes, tortugas, cocodrilos, diversas especies de ranas lagartijas y serpientes), muchas de las cuales están protegidas por las normas mexicanas y catalogadas como especies en riesgo de extinción según la UICN. En las regiones tropicales, las tortugas y los cocodrilos son capturadas para consumo humano y su piel es utilizada para hacer artículos de vestir. La tortuga blanca (*Dermatemys mawii*), una especie acuática habitante de las regiones tropicales húmedas de México, Belice y Guatemala, está en riesgo crítico de extinción debido a que se le sobreexplota para consumir su carne (Vogt *et al.* 2006; Figura 3)

Finalmente, el comercio de especies, la introducción de especies exóticas y la propagación de enfermedades emergentes infecciosas también son una amenaza para la conservación de anfibios y reptiles. La introducción de especies exóticas en las islas ha causado la extinción de lagartijas, como Eslizón del bosque de la isla de Navidad (*Emoia nativitatis*) que desapareció por la introducción una especie de hormiga y principalmente la serpiente lobo (*Lycodon capucios*), procedente del Sudeste Asiático; además la Iguana rinoceronte de Navass (*Cyclura cornuta*) se extinguió por la introducción de cabras que consumían las mismas plantas que la iguana y por la introducción de gatos que depredaron a los individuos (UICN 2022). Múltiples evidencias apuntan a que el consumo y el comercio mundial de ancas de rana toro (*Lithobates catesbeianus*) y el tener anfibios como mascotas o en laboratorios como la rana de garras africana (*Xenopus laevis*), pudieron haber contribuido a la propagación de la quitridiomicosis, enfermedad producida por un hongo responsable de la extinción de muchas poblaciones y especies de anfibios a nivel mundial.



**Figura 3.** Tortuga Blanca (*Dermatemys mawii*), en la Selva Lacandona, Chiapas. Es una especie en peligro crítico debido a la sobreexplotación de su carne en el sureste de México.

Hasta que no exista un cambio general en nuestra sociedad, que priorice el interés común reflejado en la preservación de la biodiversidad sobre intereses económicos y políticos, no podremos asegurar la supervivencia de las especies de anfibios y reptiles. Es necesario cambiar nuestros modos de consumo como sociedad, ya sea en relación a la alimentación, la utilización de contaminantes o la adquisición de cualquier producto (ropa, calzado, cómputo, etc.). Necesitamos generar una cultura de mayor entendimiento en toda la sociedad sobre la importancia de la biodiversidad, desde el punto de vista evolutivo y funcional, que nos lleve a apreciar la importancia intrínseca de todas las especies, evitando a toda costa ponerle valor económico a las especies.

A nivel individual y colectivo podemos llevar a cabo acciones que podrían ayudar a la conservación de anfibios y reptiles, y más que nada, de sus ecosistemas. Las siguientes acciones y su implementación en nuestro país podrían ayudar a poner relieve a la importancia de anfibios y reptiles y su conservación:

- *Disminuir el consumo de carne y demás productos que provengan de regiones tropicales causantes de la deforestación.* Las regiones tropicales son sin duda las regiones con mayor diversidad de herpetofauna y es también en donde las tasas de deforestación son muy altas por la utilización de campos para la producción ganadera derivados de la demanda de carne del mercado, así como la demanda de campos para la producción de aceite de palma africana y soya (entre otros).
- *Evitar el uso de agentes contaminantes.* Debemos de ser más cuidadosos con el consumo de agroquímicos, detergentes y demás productos de limpieza y belleza que tengan sustancias tóxicas y/o mutagénicas que afecten a los anfibios y reptiles acuáticos.
- *Evitar introducir animales exóticos y compra de anfibios y reptiles.* Evitar que tu gato salga a cazar fauna silvestre (p. ej. lagartijas) hasta no comprar fauna silvestre, ya sea legal o ilegal, aminorará el impacto sobre las poblaciones y comunidades de anfibios y reptiles. Si quieres una mascota, un perro es la mejor opción (hay muchos esperando en refugios para que los adoptes), tenemos más de 35,000 años evolucionando conjuntamente y nos entenderemos más con nuestros amigos caninos que con cualquier anfibio y reptil en cautiverio. Y bueno, si tienes una tortuga o cualquier otra especie de reptil o anfibio en tu casa, y ya no la quieres o puedes tener, lo peor que podrías hacer es liberarlo en cualquier lugar.
- *No consumir productos provenientes de anfibios y reptiles.* No sólo se debe de evitar la compra de fauna como mascotas, sino también los productos derivados de anfibios y reptiles como carne, pieles (para bolsas, carteras y cinturones) y demás accesorios ostentosos. La carne de muchas especies de reptiles son consumidas por gusto o porque se le atribuyen propiedades medicinales, una aseveración falsa. Los huevos de tortuga son consumidos localmente en muchos lugares y se les atribuyen propiedades absurdas como el ser afrodisíacas. Además, los huevos pueden ser portadores de bacterias patógenas como la *Salmonella*, causante de enfermedades gastrointestinales.

### Literatura citada

- Blaustein AR, Johnson PT. 2003. The complexity of deformed amphibians. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 1:87-94.
- Chan YS, Cheung RC, Xia L, Wong JH, Ng TB, Chan WY. 2016. Snake venom toxins: toxicity and medicinal applications. *Applied microbiology and biotechnology*, 100:6165-6181.
- Díaz-García JM. 2019. Servicios ecosistémicos de los anfibios en México: un análisis de diversidad, distribución y conservación. *Etnobiología*, 17:49-60
- García Arranz JJ. 1990. La salamandra: distintas interpretaciones gráficas de un mito literario tradicional. *Norba: Revista de Arte*, 10:53-68.
- Hilton-Taylor C, Pollock CM, Chanson JS, Stuart HM, Oldfi TEE, Vineet K. 2009. State of the world's species. Págs. 15-41 en Vié JC, Hilton-Taylor C, Stuart SN eds. *Wildlife in a changing world: an analysis of the 2008 IUCN Red List of threatened species*. Suiza: UICN.
- Márquez R. 2002. *Las tortugas marinas y nuestro tiempo*, 3ra ed. Ciudad de México: Fondo de Cultura Económica.
- Rodríguez C, Rollins-Smith L, Ibáñez R, Durant-Archibold AA, Gutiérrez M. 2017. Toxins and pharmacologically active compounds from species of the family Bufonidae (Amphibia, Anura). *Journal of Ethnopharmacology*, 198:235-254.
- Rubio FF. 2017. El impacto de las serpientes sobre la mente humana. *Argutorio: revista de la Asociación Cultural "Monte Irago"*, 19:75-88.
- Seler E. 2008. *Las imágenes de animales en los manuscritos mexicanos y mayas*, 2da ed. Ciudad de México: Casa Juan Pablos.
- UICN. (2021). The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2021-3. Consultado el 20 junio 2022 de <https://www.iucnredlist.org>



- Valencia-Aguilar A, Cortés-Gómez AM, Ruiz-Agudelo CA. 2013. Ecosystem services provided by amphibians and reptiles in Neotropical ecosystems. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services Management*, 9: 257-272.
- Wells KD. 2010. *The ecology and behavior of amphibians*. Chicago: University of Chicago press.
- Vitt LJ, Caldwell JP. 2013. *Herpetology: an introductory biology of amphibians and reptiles*, 4ta ed. Nueva York: Academic press.
- Traveset A, Nogales M, Vargas P, Rumeu B, Olesen JM, Jaramillo P, Heleno R. 2016. Galápagos land iguana (*Conolophus subcristatus*) as a seed disperser. *Integrative Zoology*, 11:207-213.
- Vogt RC, González-Porter GP, Van Dijk PP. (2016). *Dermatemys mawii*. The IUCN Red List of Threatened Species. Consultado el 20 junio 2022 de <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2006.RLTS.T6493A12783921.en>.
- Urbina-Cardona JN, Olivares-Pérez M, Reynoso VH. 2006. Herpetofauna diversity and microenvironment correlates across a pasture-edge-interior ecotone in tropical rainforest fragments in the Los Tuxtlas Biosphere Reserve of Veracruz, Mexico. *Biological Conservation*, 132: 61-75.

### ¿Quién escribe?



**Omar Hernández Ordóñez** es técnico académico de la Colección Nacional de Anfibios y Reptiles del Instituto de Biología, UNAM. Doctor en Ciencias Biológicas por la UNAM, sus estudios se enfocan a la ecología de comunidades, taxonomía y conservación de anfibios y reptiles tropicales. Ha trabajado en proyectos de investigación que evalúan la importancia de los bosques secundarios.

✉ [omar.hernandez@ib.unam.mx](mailto:omar.hernandez@ib.unam.mx)



**Gabriela Parra Olea** es Investigadora Titular “C”, del Instituto de Biología de la UNAM, Nivel 3 del Sistema Nacional de Investigadores. Doctora en Biología Integrativa por la Universidad de Berkley, sus investigaciones se han enfocado principalmente en la sistemática y conservación de salamandras de las familias Plethodontidae y Ambystomatidae, además de trabajar con enfermedades de anfibios (quitridiomycosis).

✉ [gparra@ib.unam.mx](mailto:gparra@ib.unam.mx)



Fotografía: Quang Nguyen, Pexels

# Acciones prioritarias para una pesca sustentable

Edgar Torres-Irineo y Carmen Pedroza-Gutiérrez

Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Mérida, Universidad Nacional Autónoma de México, Mérida, Yucatán

## Resumen

La pesca artesanal es una actividad económica relevante para las comunidades costeras en países en desarrollo como México. Esta actividad contribuye en gran parte a la seguridad alimentaria, así como a los medios de subsistencia de las comunidades, emplean alrededor del 90% de los pescadores en el mundo y contribuyen al comercio local y mundial de productos pesqueros. Sin embargo, las comunidades costeras que dependen de esta actividad y los ecosistemas que soportan las pesquerías enfrentan algunos retos para lograr la sustentabilidad como: 1) investigaciones limitadas, 2) estructuras de gobernanza e interacciones débiles, 3) usos competitivos del espacio costero, 4) sobrepesca y degradación de los ecosistemas y 5) erosión de los activos sociales y culturales. En este contexto, las pesquerías artesanales carecen de esquemas de manejo geoespaciales. En este documento se presenta un esfuerzo realizado para lograr determinar zonas potenciales de pesca a partir de un sistema de monitoreo satelital para flotas artesanales en el sureste del Golfo de México. El monitoreo geoespacial de embarcaciones puede contribuir para la elaboración de esquemas de manejo espacial para pesquerías artesanales contribuyendo a su sustentabilidad.

## Palabras clave:

Manejo espacial de pesquerías, monitoreo geoespacial, pesca artesanal, sureste del Golfo de México, zonas de pesca

Las pesquerías artesanales a nivel mundial tienen un papel importante en la seguridad alimentaria porque los pescadores suelen utilizar una parte de la captura para autoconsumo y otra para venta. Esto influye en la reducción de la pobreza, bienestar comunitario y crecimiento económico. Sin embargo, los pescadores artesanales deben de hacer frente al agotamiento de las pesquerías y sus consecuencias, como la dificultad de mantener sus medios de vida a partir de la pesca, la falta de alternativas de empleo e incentivos apropiados y una gobernanza débil entre los actores involucrados en el sector pesquero. Otro aspecto importante es la participación de las mujeres en la pesca artesanal, ya que ésta representa fuentes de empleo para ellas, donde su trabajo en el procesamiento y venta, da valor agregado a los productos del mar generando mayores ingresos para las familias costeras (Pedroza-Gutiérrez, 2019). Particularmente las mujeres se ven afectadas ante la escasez y el deterioro de los productos del mar ya que tanto sus ingresos como los de sus esposos se ven afectados al disminuir el volumen de captura y tienen que salir en busca de actividades alternativas que ayuden a mantener la economía del hogar (Pedroza-Gutiérrez y Hapke, 2021).

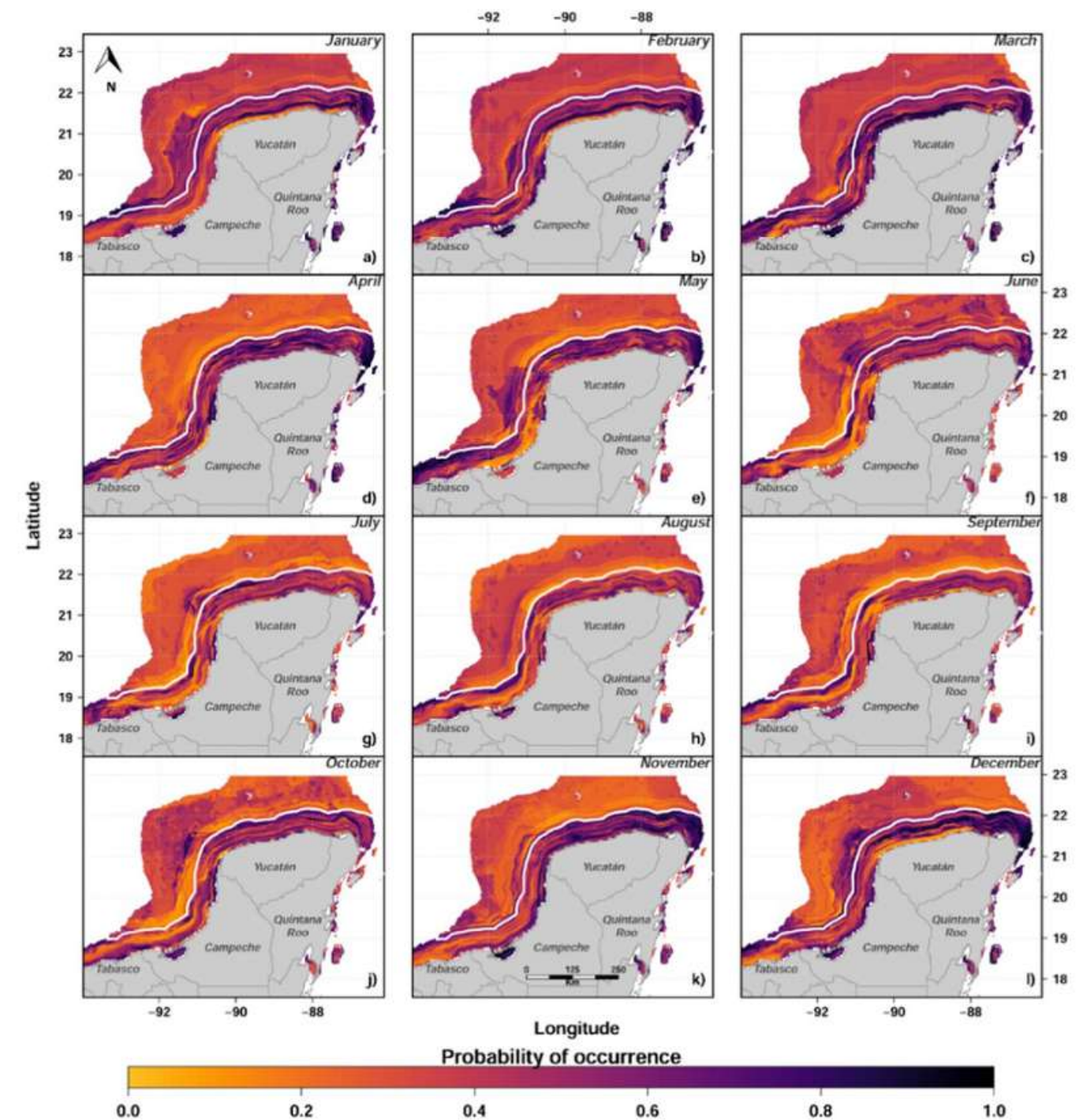
Aunado a lo anterior, las comunidades costeras que dependen de esta actividad y de los ecosistemas marino-costeros que sustentan las pesquerías, son continuamente afectadas por amenazas locales y presiones externas, por lo que su vulnerabilidad a estos “estresores” las pone en riesgo. Un estresor importante se ha derivado de los mercados globales, donde su rol se ha centrado en alentar la explotación de especies con alto valor económico, por lo que un cambio en las preferencias del consumidor y/o en los precios, incrementa la vulnerabilidad de las pesquerías artesanales. Por otro lado, la disponibilidad y distribución de las especies objetivo de la pesca pueden ser afectadas por algunos factores ambientales como el cambio climático. Estos factores afectan directamente en la abundancia de los recursos pesqueros ya que los mercados motivan la sobrepesca y pesca ilegal para poder abastecer el constante incremento en la demanda de pescado (Pedroza-Gutiérrez y López-Rocha, 2021).

Muchos de los retos que afrontan las pesquerías artesanales se derivan de la alta diversidad ecológica y social de estos sistemas. Estos retos se incrementan cuando se suman a la limitada capacidad financiera y logística en la evaluación y en el manejo de las pesquerías (de Oliveira Leis *et al.* 2019). La capacidad de los pescadores artesanales para responder y adaptarse a los cambios se ve afectada por la limitada eficacia de las instituciones, así como por conflictos entre los distintos usuarios. En este sentido, entre los retos que afrontan las pesquerías artesanales para lograr la sustentabilidad se encuentran, 1) investigaciones limitadas, 2) estructuras de gobernanza e interacciones débiles, 3) usos competitivos del espacio costero, 4) sobrepesca y degradación de los ecosistemas y 5) erosión de los activos sociales y culturales (de Oliveira Leis *et al.* 2019).

Entre estos retos, las pesquerías artesanales carecen de esquemas de manejo geoespaciales, los cuales podrían ser relevantes para los usos competitivos del espacio costero, así como la sobrepesca y degradación de los ecosistemas. Con estos esquemas se espera lograr la implementación de áreas marinas protegidas o refugios pesqueros que permitan la recuperación de poblaciones de especies de importancia comercial. En este sentido, el monitoreo geoespacial de embarcaciones pesqueras en flotas industriales ha ayudado a las autoridades con el cumplimiento y la vigilancia. Además, esta información podría permitir la identificación de actividades de pesca ilegal, determinar patrones en la distribución geoespacial de especies objetivo a partir de datos pesqueros, o inferir estrategias espacio-temporales de pesca.

En el sureste del Golfo de México (Tabasco, Campeche, Yucatán y Quintana Roo) las embarcaciones artesanales representan 90% de la flota pesquera (Fernández *et al.* 2011) donde cerca de 46,000 personas se benefician directamente de la actividad, ya sea por trabajo o directamente por alimento. Aproximadamente 70% de las capturas provienen de la flota artesanal, la cual pesca una alta diversidad de especies de alto valor (Coronado *et al.* 2020). En la región se capturan más de 50 especies, pero las principales son la langosta del Caribe (*Panulirus argus*), pulpo maya (*Octopus maya*), mero rojo (*Epinephelus morio*), huachinango (*Lutjanus campechanus*), pepino de mar (*Isostichopus badionotus*), langostino (*Xiphopenaeus kroyeri*), camarón rosado (*Farfantepenaeus duorarum*), cojinuda (*Caranx crysos*), róbalo (*Centropomus undecimalis*) y cazón (*Rhizoprionodon terraenovae*). La proporción de estas especies en las capturas varía dependiendo de la temporada de pesca. Aunado a lo anterior, en la región, la flota artesanal utiliza diversos métodos y artes de pesca tales como, trampas, palangre, líneas de mano o cordel, refugios artificiales, redes, jimbos, buceo con compresor, buceo libre y buceo SCUBA, entre otros (Salas *et al.* 2019). El uso de estos métodos y artes de pesca depende de la disponibilidad de las especies objetivo, además de las regulaciones de manejo, condiciones climáticas o de mercado. Este contexto representa un reto para el manejo de las pesquerías artesanales no sólo en la región, sino también en el resto del país.

Recientemente, Torres-Irineo y colaboradores (2021) a partir de datos de un sistema de monitoreo espacial para la flota artesanal en el sureste mexicano, lograron determinar zonas potenciales de pesca. A partir de modelos correlativos, los autores relacionaron variables ambientales (productividad primaria neta, temperatura superficial del mar, distancia a la costa y profundidad) con las actividades de pesca registradas por el sistema de monitoreo, permitiendo proyectar zonas potenciales de pesca a lo largo del año. Los autores encontraron que, a lo largo del año, los pescadores podrían potencialmente operar hasta 60 km a la costa (Figura 1). Además, las regiones aledañas a Holbox, Quintana Roo y frente a Tabasco mostraron tener las mayores probabilidades de ser zonas de pesca.



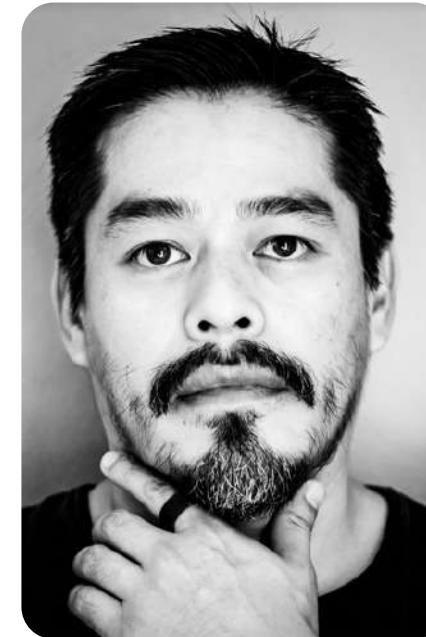
**Figura 1.** Zonas potenciales de pesca para la flota artesanal del sureste de México. Los colores cálidos representan menor probabilidad de zonas de pesca y los colores oscuros representan la mayor probabilidad (tomado de Torres-Irineo *et al.* 2021).

Los resultados de dicho estudio reflejan una de las aplicaciones que pueden tener este tipo de sistemas de monitoreo en las pesquerías artesanales y que pueden contribuir al diseño de esquemas de manejo geoespacial para la pesca artesanal. La información generada por estos sistemas tiene una influencia directa en la organización de la pesca; y las estructuras sociales que conforman las formas de gobernanza que van a determinar el manejo de las pesquerías artesanales, ya que proporcionan elementos para un mejor aprovechamiento y/o conservación.

### Literatura citada

- Coronado E, Salas S, Torres-Irineo E, Chuenpagdee R. 2020. Disentangling the complexity of small-scale fisheries in coastal communities through a typology approach: The case study of the Yucatan Peninsula, Mexico. *Regional Studies in Marine Science*, 36: 16.
- de Oliveira Leis M, Barragán-Paladines MJ, Saldaña A, Bishop D, Jin JH, Kereži V, Agapito M, Chuenpagdee R. 2019. Overview of Small-Scale Fisheries in Latin America and the Caribbean: Challenges and Prospects. En: Salas, S., Barragán-Paladines, M. J. & Chuenpagdee, R. (eds.), *Viability and Sustainability of Small-Scale Fisheries in Latin America and The Caribbean*, (ser. MARE Publication Series), Cham: Springer International Publishing, 15-47. DOI: [10.1007/978-3-319-76078-0\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-319-76078-0_2)
- Fernández JI, Álvarez-Torres P, Arreguín-Sánchez F, López-Lemus L, Ponce G, Díaz-de-León A, Arcos-Huitrón E, del Monte-Luna P. 2011. Coastal fisheries of México. En: Salas, S., Chuenpagdee, R., Charles, A. & Seijo, J. C. (eds.), *Coastal fisheries of Latin America and the Caribbean*, 1st ed., FAO, 231-284.
- Pedroza-Gutiérrez C. 2019. The gender division of labor in fish processing in Lake Chapala. A source of bargaining power. *Marine Policy*, 107: 103597, DOI: [10.1016/j.marpol.2019.103597](https://doi.org/10.1016/j.marpol.2019.103597).
- Pedroza-Gutiérrez C, Hapke HM. 2021. Women's work in small-scale fisheries: a framework for accounting its value. *Gender, Place & Culture*, 0:1-18, DOI: [10.1080/0966369X.2021.1997936](https://doi.org/10.1080/0966369X.2021.1997936).
- Pedroza-Gutiérrez C, López-Rocha JA. 2021. Ungovernable systems: The strength of informal institutions in the sea cucumber fishery in Yucatan, Mexico. *PLOS ONE*, 16:e0249132, DOI: [10.1371/journal.pone.0249132](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0249132).
- Salas S, Torres-Irineo E, Coronado E. 2019. Towards a métier-based assessment and management approach for mixed fisheries in Southeastern Mexico. *Marine Policy*, 103: 148-159, DOI: [10.1016/j.marpol.2019.02.040](https://doi.org/10.1016/j.marpol.2019.02.040).
- Torres-Irineo E, Salas S, Euán-Ávila JI, Palomo LE, Quijano Quiñones DR, Coronado E, Joo R. 2021. Spatio-Temporal Determination of Small-Scale Vessels' Fishing Grounds Using a Vessel Monitoring System in the Southeastern Gulf of Mexico. *Frontiers in Marine Science*, 8:643318, DOI: [10.3389/fmars.2021.643318](https://doi.org/10.3389/fmars.2021.643318).

### ¿Quién escribe?



**Edgar Torres Irineo** es Profesor de Carrera Asociado "C" de Tiempo Completo. Obtuvo su licenciatura en Oceanología en la Universidad Autónoma de Baja California, su maestría (Biología Marina) en el CINVESTAV Unidad Mérida y su doctorado (Ecosistemas) en la Universidad de Montpellier junto con el IRD (Institut de recherche pour le développement), en Francia. Realizó dos años de posdoctorado en el Laboratorio de Pesquerías del CINVESTAV Unidad Mérida. Desde el 2019 forma parte de la UNAM en la Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Mérida (ENES Mérida). Actualmente coordina el Departamento de Sistemas y Procesos Naturales de la ENES Mérida. Su área de interés es la evaluación espacial y temporal de sistemas marinos explotados, principalmente los sistemas pesqueros. Sus investigaciones se han enfocado en entender la dinámica de las flotas pesqueras y las respuestas adaptativas de los pescadores ante la implementación de medidas de manejo. Actualmente cuenta con la distinción como Investigador Nacional Nivel I del Sistema Nacional de Investigadores.

✉ [edgar.torres@enesmerida.unam.mx](mailto:edgar.torres@enesmerida.unam.mx)



**Carmen Pedroza Gutiérrez** es Investigadora Titular "A" de Tiempo Completo. Cuenta con un doctorado en Socioeconomía del Desarrollo por la Escuela de Altos Estudios en Ciencias Sociales (EHES), París, Francia. Obtuvo dos maestrías una en Relaciones Internacionales por la Universidad de Sussex y una segunda en Estudios para el Desarrollo por la Universidad de East Anglia, ambas universidades del Reino Unido. Sus líneas de investigación son: Dinámicas organizativas en el comercio de productos pesqueros; redes sociales y sistemas de abastecimiento en la actividad pesquera; y El rol de la mujer en la actividad pesquera. Cuenta con más de 30 publicaciones entre libros, artículos y capítulos de libro en revistas y editoriales nacionales e internacionales. Participa frecuentemente en foros y seminarios nacionales e internacionales relacionados al sector pesquero y es miembro del Sistema Nacional de Investigadores Nivel I.

✉ [carmen.pedroza@enesmerida.unam.mx](mailto:carmen.pedroza@enesmerida.unam.mx)



Fotografía: Julio Rivalta, Guetty Images

## Acciones prioritarias para mitigar la contaminación del agua

Ma. Leticia Arena Ortiz, Joanna María Ortiz Alcántara y Karen Ríos Contreras

Laboratorio de Estudios Ecogenómicos, Parque Científico y Tecnológico de Yucatán, Universidad Nacional Autónoma de México Campus Yucatán, Mérida, Yucatán

### Resumen

Cuando nos referimos al recurso agua, pocas veces lo entendemos como un potencial vector de agentes etiológicos de riesgo a la salud pública. Si consideramos que en nuestro país las enfermedades transmitidas por agua contaminada ocupan una de las principales causas de morbilidad, entendemos la importancia de proteger este preciado y vital recurso.

La península de Yucatán posee un acuífero de tipo kárstico que constituye una reserva de agua dulce muy importante a nivel nacional y sustenta el desarrollo de actividades humanas domésticas y de diversos sectores productivos. Los cenotes tienen una gran importancia como reservorios de agua, cultural y turística. Sin embargo, también reciben descargas de aguas residuales de diversos orígenes, impactando a las comunidades microbianas y favoreciendo la proliferación de agentes causantes de enfermedades.

Nuestro grupo de investigación ha desarrollado herramientas para generar nuevos conocimientos sobre los efectos del deterioro ambiental y los riesgos a la salud derivados de estos, así como el análisis de muestras ambientales, incluyendo el agua de cenotes y manglares. Los estudios realizados en diversas localidades de la península de Yucatán han permitido identificar microorganismos patógenos, principalmente bacterias relacionadas con enfermedades gastrointestinales.

Con estos resultados hemos podido identificar que el problema de la contaminación del agua requiere acciones urgentes que para mitigar el impacto antrópico en la zona, entre las que se incluyen: la instalación de plantas de tratamiento de aguas residuales y el establecimiento de programas de vigilancia para monitorear la calidad del agua. La implementación de estas estrategias requiere del compromiso y la participación de todos los ciudadanos y tomadores de decisiones a nivel público y privado para ser exitosas.

### Palabras clave

agentes etiológicos, cenotes, protección del ambiente

El 28 de octubre de 2013, se publicó en el Diario Oficial del Gobierno del Estado de Yucatán (núm. 32,477), el decreto número 117 que establece el Área Natural Protegida denominada Reserva Estatal Geohidrológica del Anillo de Cenotes. El artículo 86 de la Constitución Política del Estado de Yucatán, establece que el Estado debe garantizar que se respete el derecho humano al gozo de un ambiente ecológicamente equilibrado, así como la protección de los ecosistemas, que son el patrimonio natural de Yucatán. Se destaca el derecho de las personas “a vivir en un ambiente saludable; a hacer uso racional de los recursos naturales; a negarse a realizar actividades que causen deterioro al ambiente; a tener acceso a la información actualizada acerca del estado del ambiente y a participar en las actividades destinadas a su conservación y mejoramiento”.

Con esta información en perspectiva, es fundamental enfatizar que la península de Yucatán representa una reserva de agua dulce muy importante a nivel nacional, a partir de la cual se sustentan actividades humanas domésticas y relacionadas con el sector industrial, la agricultura, la ganadería y el turismo (Bautista 2011). Este manto acuífero es de tipo kárstico y está conformado por rocas porosas y permeables, susceptibles a una rápida disolución, producto de la reacción entre el bióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y el agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ) (Gutiérrez 2007, García-Gil y Graniel-Castro 2011). Se trata de un complejo sistema donde los espesores rocosos y las profundidades del nivel freático varían de manera discontinua de 0 a más de 100 m de profundidad, con compartimentos conectados (Bauer-Gottwein *et al.* 2011). Justamente, las estructuras geológicas en la península con mayor influencia en el movimiento del agua subterránea, del continente a la zona costera, son el Anillo de Cenotes, la Falla de Ticul, la Fractura de Holbox, la Falla de Río Hondo y la Falla de La Libertad (Bauer-Gottwein *et al.* 2011). Si bien no se ha determinado con precisión el origen de estas estructuras geológicas, actualmente se les relacionan con eventos tectónicos del pasado y con la presencia del cráter de Chicxulub, formado a partir de la caída de un meteorito en la región, hace aproximadamente 66 millones de años (Saavedra 2018).

El anillo de cenotes se extiende a lo largo de 53 municipios del estado, en un radio de aproximadamente 90 km al noroeste de la península de Yucatán. Los cenotes tienen una gran importancia como reservorios de agua, cultural y turística. La mayor parte del agua que se extrae de este sistema es para uso agrícola, en segundo lugar, para el sector urbano, y después, para los sectores industrial y pecuario. Además, recibe las descargas de aguas residuales domésticas, municipales, agropecuarias e industriales (27,123,954 m<sup>3</sup>/año). En la península de Yucatán, al fluir el agua hacia la costa y encontrarse con el anillo de cenotes, se dispersa, y con esto, lo hacen también todos los contaminantes que lleva. Adicionalmente, el crecimiento demográfico en la zona costera y el cambio de uso de suelo, desestabilizan el equilibrio ecológico — entendido como la capacidad del ecosistema de mantener su estructura y funcionamiento — de los manglares que, entre muchos otros servicios ecosistémicos, contribuyen a mejorar la calidad del agua.

Actualmente, la demanda de agua, así como el volumen de descargas han aumentado considerablemente. El agua es vital para cualquier ser vivo, aunque también es considerada como uno de los principales medios de transmisión de agentes etiológicos de enfermedades a nivel mundial. Los microorganismos participan en la transformación y reciclamiento de los nutrientes, pero su proliferación dificulta la atenuación natural de la contaminación. En México, las enfermedades transmitidas por agua se encuentran dentro de las principales causas de morbilidad, por lo que es necesario insistir en la importancia de atender el problema de la contaminación del agua. En el estado, el Consejo de Cuenca de la península de Yucatán, así como diversas entidades gubernamentales y centros de investigación y de educación superior participan en el monitoreo y en la generación de estrategias encaminadas a preservar la calidad del agua. En nuestro grupo de investigación, hemos desarrollado herramientas para el análisis de muestras ambientales, incluyendo agua, que nos permiten obtener nuevos conocimientos sobre los efectos del deterioro ambiental y los riesgos a la salud. Hemos analizado el agua en cenotes y manglares en diversas localidades de la península de Yucatán, y hemos encontrado microorganismos patógenos, principalmente bacterias relacionadas con enfermedades gastrointestinales, como *Escherichia coli*. Es imperante implementar estrategias que permitan garantizar la protección de la calidad del agua. Entre otras acciones, se requiere que los administradores de cenotes velen por la calidad del agua, que se instalen plantas de tratamiento de aguas residuales y que se implementen programas de vigilancia para monitorear la calidad del agua. Sin duda, para que estas estrategias sean exitosas se requiere del compromiso y la participación de los ciudadanos y tomadores de decisiones a nivel público y privado. El agua contaminada nos afecta a todas y todos. Su protección es inaplazable.



Figura 1. Ría Lagartos. Fotografía: Ma. Leticia Arena O.



**Figura 2.** Vista del cenote X' batún, San Antonio Mulix.  
Fotografía: Karen Ríos.

### Literatura citada

- Bauer -Gottwein, P, Gondwe, B, Charvet, G, Marín, L, Rebolledo-Vieyra, M, Merediz-Alonso, G 2011. Review: The Yucatán peninsula karst aquifer, Mexico. *Hydrogeology Journal*, 19:507-524.
- Bautista F. 2011. Vulnerabilidad y riesgo de contaminación de las aguas subterráneas en la península de Yucatán. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 13: VII-VIII.
- Diario Oficial del Gobierno del Estado de Yucatán. 2013. Suplemento. Decreto número 117. Decreto que establece el área natural protegida denominada reserva estatal geohidrológica del anillo de cenotes.
- García-Gil G, Graniel-Castro E. 2011. Contexto Físico: Geología. en R. Durán, y M. Méndez, Biodiversidad y desarrollo humano en Yucatán. México: CICY, PPD-FMAM, CONABIO, SEDUMA, 4-6.
- Graniel-Castro E. 2011. Contexto físico: Hidrología. en R. Durán, y M. Méndez, Biodiversidad y desarrollo humano en Yucatán. México: CICY, PPD-FMAM, CONABIO, SEDUMA, 12-13.
- Gutiérrez M. 2007. Biología y calidad del agua del acuífero norte de Quintana Roo. *Teoría y Praxis*, 3: 135-141.
- Saavedra D. 2018. Nuevas luces sobre el impacto del meteorito en Chicxulub. *Gaceta Digital UNAM*, 968: 4.

## ¿Quién escribe?



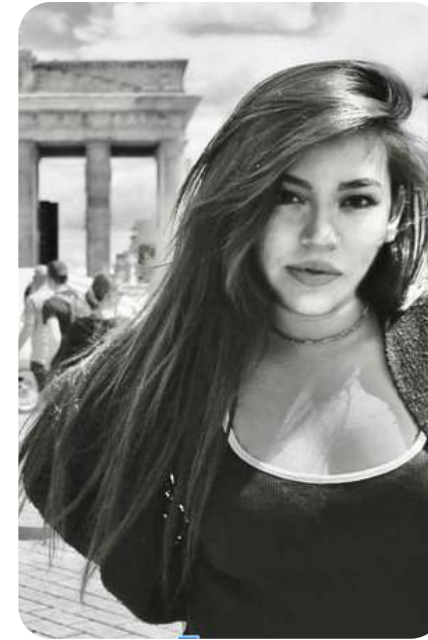
**María Leticia Arena Ortiz** es egresada de la Facultad de Ciencias de la UNAM en Biología y de la maestría en Recursos Acuáticos, Doctora en Evolución Molecular en la Sorbona de Francia. Desde el 2004 labora como profesora de la Facultad de Ciencias de la UNAM en Yucatán y para el posgrado de Ciencias del Mar y Limnología. Responsable del Laboratorio de Estudios Ecogenómicos en el Parque Científico Tecnológico de Yucatán y Coordinadora de la Licenciatura en Manejo Sustentable de Zonas costeras que actualmente se imparte en conjunto con la Facultad de Ciencias y ENES Mérida y es profesora en la Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación de Sisal. Actualmente está interesada en estudiar el papel de los microorganismos en el ambiente, así como en organismos de interés comercial utilizando herramientas de biología molecular y genética.

✉ [leticia.arena@ciencias.unam.mx](mailto:leticia.arena@ciencias.unam.mx)



**Joanna María Ortiz Alcántara** es Doctora en Ciencias Químico-biológicas, por el IPN; Maestra en Ciencias en Bioquímica, por la Texas A&M University; Máster en Industria Farmacéutica y Biotecnología, por la Universidad Pompeu Fabra; Licenciada en Química Farmacéutica-Biológica, por la UNAM con 18 años de experiencia en investigación básica y aplicada en biología molecular, bioquímica y microbiología. 5 años de experiencia en gestión de proyectos de secuenciación de microorganismos patógenos con importancia en salud pública. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores nivel I, de la Sociedad Mexicana de Virología y de la Sociedad Americana de Virología. Actualmente, es Técnico Académico Asociado en el Laboratorio de Estudios Ecogenómicos de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México, en el Parque Científico y Tecnológico de Yucatán.

✉ [joanna.ortiz@ciencias.unam.mx](mailto:joanna.ortiz@ciencias.unam.mx)



**Karen Ríos Contreras** es egresada de la Licenciatura en Manejo Sustentable de Zonas Costeras de la Facultad de Ciencias y la ENES-Mérida de la UNAM. Realizó una tesis titulada Los microorganismos como indicadores de la calidad ambiental en cuerpos de agua de uso turístico en la península de Yucatán: una propuesta de manejo en el contexto de la política ambiental.

✉ [karenrios@ciencias.unam.mx](mailto:karenrios@ciencias.unam.mx)



Regresar al índice





Fotografía: V\_Zaitsev, Getty Images

## Historias engarzadas: las abejas especialistas de la calabaza

Oliverio Delgado Carrillo, Sonja Glasser, Luis Alberto Villanueva Espino, Silvana Martén Roríguez y Mauricio Quesada

Escuela Nacional de Estudios Superiores Unidad Morelia, Universidad Nacional Autónoma de México, Morelia, Michoacán

### Resumen

Las abejas de las calabazas son un grupo de abejas solitarias que anidan en el suelo y tienen una gran importancia ecológica al brindar el servicio de polinización a los cultivos de diversas especies de calabaza. Estas abejas dependen exclusivamente del polen de las calabazas para alimentar a sus crías. Se ha demostrado que son muy eficientes en la polinización de calabaza; sin embargo, a pesar de su importancia, poca gente conoce a estos importantes insectos y la importancia de los servicios de polinización que brindan. Ante la crisis de polinizadores y la seguridad alimentaria, es fundamental conocer la función y los ciclos de vida de los diferentes polinizadores que están cumpliendo la importante labor de brindar servicios de polinización a cultivos cultural y económicamente importantes en México.

### Palabras clave

Abejas nativas, historia de vida, polinizadores, servicio de polinización

Cuando escuchamos la palabra “abeja”, lo primero que se nos viene a la mente es la típica abeja de la miel, de coloración amarilla con negro, la cual vemos todo el tiempo en anuncios y en películas y cuyo nombre científico es *Apis mellifera*. Esta abeja forma parte de las abejas sociales, las cuales viven en grandes grupos formando colmenas. Las abejas sociales dentro de una colmena tienen una estructura que se divide en abejas obreras, zánganos y una reina. Las obreras son las más numerosas, no producen crías, viven tan solo entre 30 y 40 días y tienen varias funciones a lo largo de su vida que consisten, principalmente, en cuidar a las crías, cuidar la entrada y regular la temperatura de la colmena, recolectar polen y néctar de las flores. Los zánganos viven aún menos tiempo y su única función es la de reproducirse con la reina. Además de las abejas de la miel, existen muchas otras especies que tienen hábitos muy distintos.

A nivel mundial se calcula que existen más de 20,000 especies de abejas agrupadas en siete familias taxonómicas y para México se han descrito más de 1,800 especies. Muchas de estas abejas viven de forma solitaria, sin formar colmenas. Se ha demostrado que algunas especies de abejas solitarias son de gran importancia para la polinización de los cultivos, como lo son las abejas de las calabazas. Estas abejas pertenecen al género *Eucera* que podemos dividir en dos subgéneros, *Peponapis* (Figura 1) y *Xenoglossa* (Figura 2); ambos grupos se encuentran únicamente en el continente americano. Estas abejas son oligolépticas, es decir, dependen completamente del polen de diversas especies de calabazas para poder alimentar a sus crías. Los adultos también se alimentan del néctar de varias especies de flores además de la calabaza (Figura 3).



Figura 1. Abeja hembra *Eucera (Peponapis) crassidentata* con polen de calabaza.  
Fotografía: Juan Carlos Garcia Mata.



**Figura 2.** Abeja hembra de *Eucera (Xenoglossa) fulva* en flor de calabaza.  
Fotografía Bio pic: Leopoldo Vázquez.



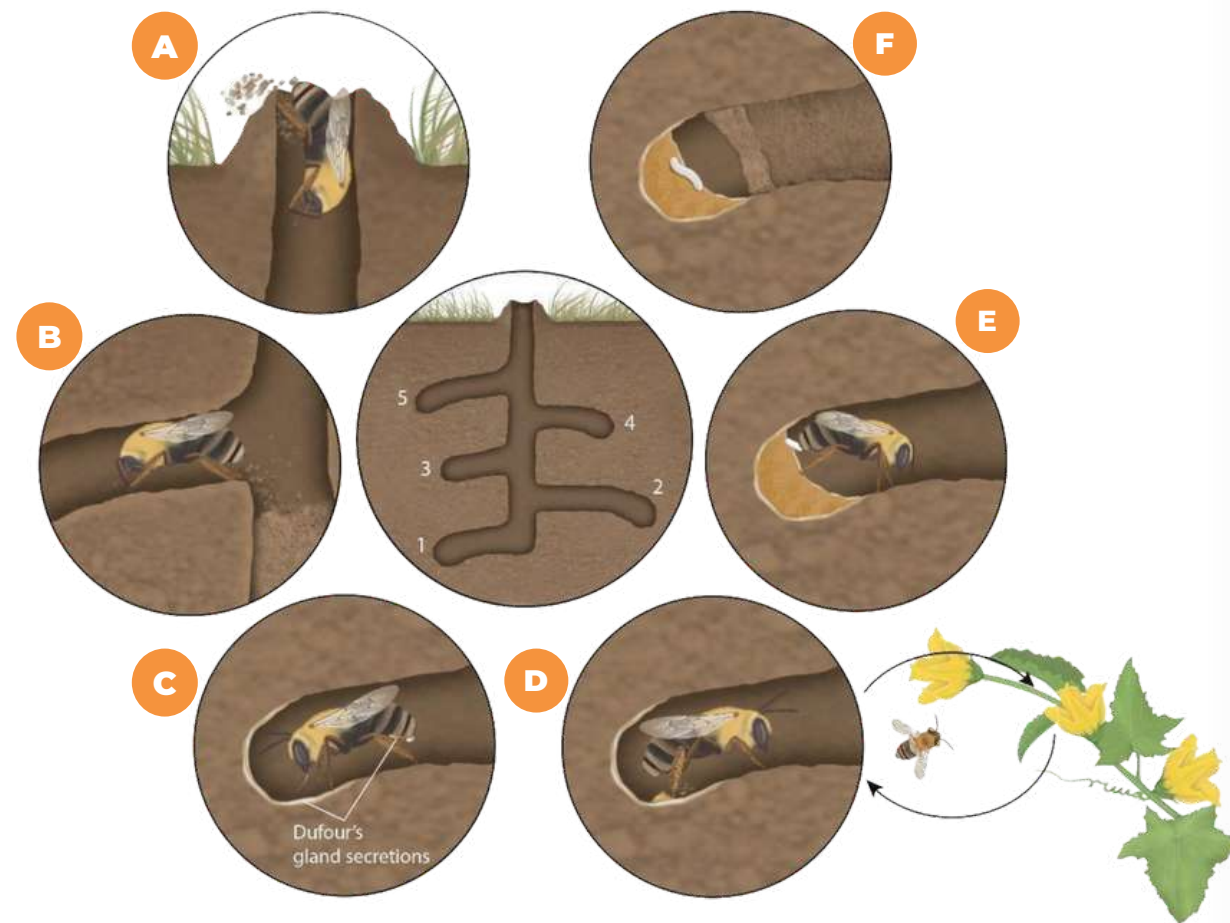
**Figura 3.** Abeja hembra de *Eucera (Peponapis)* libando néctar de una flor femenina de calabaza de castilla. Fotografía Bio pic: Leopoldo Vázquez.

### Vidas engarzadas

La estrecha relación entre estas abejas y las calabazas comenzó mucho tiempo antes de que los seres humanos iniciaran su cultivo. Se estima que la diversificación de las abejas de las calabazas y las calabazas silvestres comenzó en el Pleistoceno, hace aproximadamente 11 millones de años, extendiéndose a través de América del norte hasta Argentina (Castellanos-Morales *et al.* 2018). Curiosamente las abejas pertenecientes al grupo *Peponapis* cuentan con 15 especies (López-Urbe *et al.* 2016) y las calabazas silvestres también son 15 especies, lo cual sugiere una potencial coevolución entre plantas y abejas. Las primeras calabazas cultivadas aparecieron hace diez mil años y desde entonces se han domesticado cinco especies de calabazas; es decir, el ser humano fue seleccionando características de las plantas silvestres que le ofrecieran un beneficio, como frutos y semillas más grandes y sabores más dulces. Hoy en día, en el continente americano, se puede ver esta interacción planta-animal que ocurre cotidianamente ante nuestros ojos en los campos agrícolas o en nuestros traspatios. Conocer el ciclo de vida de estas abejas nos ayudará en la conservación de estos importantes polinizadores y del servicio de polinización que brindan a los cultivos de calabaza.

### Por debajo del suelo

Las abejas de las calabazas son solitarias y anidan bajo la tierra, de forma similar a las hormigas (Figura 4). Todo comienza cuando las abejas emergen de la tierra y buscan alimentarse y en el caso de los machos buscan también hembras para aparearse y, derivado de esa unión, las hembras estarán listas para colocar sus huevecillos que darán origen a la siguiente generación de abejas. Las hembras localizan parches de tierra donde excavan túneles. Aunque cada abeja hembra construye su propio nido, los nidos suelen encontrarse en agregaciones, de forma similar a un vecindario. Estas agregaciones de nidos suelen estar cerca de las plantas o de los cultivos de calabaza. Dentro del túnel principal, cada madre excava otros túneles laterales más pequeños y cada uno presenta una cámara donde se encontrarán sus crías. Esta cámara la llenan con polen y néctar que recolectan de las flores de la calabaza. La mezcla de polen y néctar constituye la provisión de la que se alimentarán las crías hasta que se conviertan en adultos. Cada abeja madre coloca un huevo en cada cámara y luego la sella para protegerlo. Cada madre puede elaborar de una a 15 cámaras en su vida. Posteriormente, cada uno de los huevos eclosiona y se convertirá en una larva que se alimenta de las provisiones. Una vez agotadas estas provisiones, las larvas se convierten en pupa, formarán su capullo en donde sufrirá una metamorfosis para transformarse en adulto (de forma semejante a como lo hacen las mariposas) y esperará pacientemente en su capullo hasta la siguiente temporada de las calabazas para empezar de nuevo el ciclo. Cuando está en el capullo, la abeja logra bajar su metabolismo, requiriendo pocas reservas de energía, lo que le permite sobrellevar la espera (Chan 2020, Delgado-Carrillo 2017).



**Figura 4.** Actividades de anidamiento de la abeja *Eucera (Peponapis) pruinoso*: (A) Excavar un agujero vertical, tirar la tierra en la entrada del nido; (B) Excavar túneles laterales para hacer las celdas de los nidos, relleno los túneles verticales; (C) Pulir la celda del nido y recubrir con secreciones glandulares; (D) Colocar el polen colectado y el néctar en la celda del nido impermeable; (E) Colocar el huevo; (F) Sellar la celda con una pared de lodo. Las celdas se excavan de abajo hacia arriba, en el diagrama, la celda uno se excava primero y la celda 5, al último. Tomado con permiso de D. Susan Willis Chan.

### ¡Cuánta eficiencia!

Las abejas de las calabazas se consideran las abejas más eficientes al polinizar las flores de calabaza. Se ha comparado la eficiencia de estas abejas con la de las abejas melíferas, y sin duda, las primeras se ganan el premio de la eficiencia (Canto-Aguilar y Parra-Tabla 2000, Artz y Nault 2011, Delgado-Carrillo *et al.* 2018). No solo depositan suficiente polen para fertilizar la flor de calabaza en una sola visita, sino que también se mueven entre las flores sin perder tiempo.

Las visitas de otros insectos son extremadamente importantes, especialmente para los cultivos que se siembran en la estación seca (cuando hay pocas abejas de la calabaza, ya que en este período entran en latencia, de forma similar a la hibernación) y en lugares fuera de la distribución natural de las calabazas, pues recordemos que este grupo de planta se originó en América y de allí fue movido por el humano a otros continentes. Esta relación tan especial entre la calabaza y sus abejas es un mutualismo idóneo en donde ambos se benefician, maximizando su número de descendientes (su adecuación). En este caso, las abejas de las calabazas dependen casi exclusivamente del polen de las calabazas para su reproducción y las calabazas, a su vez, producen más frutos y semillas después de ser visitadas por estas abejas.

### Protegiendo a las especialistas

Aunque no se han realizado estudios que evalúen el estado de conservación de las abejas de las calabazas, es importante estar conscientes de nuestras acciones y de la forma en que estas acciones puedan ayudar o dañar a estas pequeñas pero importantes abejas polinizadoras. Algunos puntos fundamentales para tomar en cuenta para la conservación de las abejas son la disponibilidad de una gran variedad de flores para alimentarse y lugares aptos de alojamiento para las abejas. Como los seres humanos, las abejas requieren de alimentos que cumplan con sus necesidades nutritivas. Las abejas de las calabazas dependen de las flores de estas plantas, por lo que es importante conservar tanto los cultivos locales que solo están por ciertas temporadas, como las calabazas silvestres y sus parientes cercanos, que pueden existir a los costados de los campos agrícolas, en otros lugares naturales (sitios poco perturbados) y en espacios seminaturales. Además, las zonas naturales y seminaturales son esenciales para la construcción de nidos en cavidades, trozos de madera, ramitas y en el caso de las abejas de la calabaza - suelos bien drenados y no contaminados. Finalmente, como parte de las actividades del Laboratorio Nacional de Análisis y Síntesis Ecológica (LANASE), ENES Morelia, UNAM estudiamos las interacciones entre las abejas, las plantas cultivadas y las poblaciones silvestres de calabazas. Seguiremos realizando este trabajo para asegurar que estos importantes amiguitos sigan brindando el servicio de polinización a los cultivos de calabaza. Así que ya lo sabes, la próxima vez que comas semillas tostadas de calabaza, calabacitas a la mexicana, calabaza en dulce, o una flor de calabaza en quesadilla, ¡no te olvides de agradecerle a las abejas de la calabaza y a los agricultores por tan noble labor!

### Agradecimientos

Agradecemos el financiamiento de la Universidad Nacional Autónoma de México, a través de la Dirección General de Personal Académico PAPIIT IN21902121, IN224920, IV200418, CONACyT (Laboratorio Nacional de Análisis y Síntesis Ecológica 271449, 280505, 293701, 299033, 314852, 315810), Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER-CONACyT 291333) y Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo RED CYTED-SEPODI (417RT0527)

## Literatura citada

- Artz DR, Nault BA. 2011. Performance of *Apis mellifera*, *Bombus impatiens*, and *Peponapis pruinosa* (Hymenoptera: Apidae) as pollinators of pumpkins. *Journal of Economic Entomology*, 4:1153-61.
- Canto-Aguilar MA, Parra-Tabla V. 2000. Importance of conserving alternative pollinators: assessing the pollination efficiency of the squash bee, *Peponapis limitaris* in *Cucurbita moschata* (Cucurbitaceae). *Journal of Insect Conservation*, 3:201-208.
- Chan S. 2020. Building A Home, Squash Bee Style. Pollinator Partnership Canada Blog. Consultado el 31 de enero 2022 de <https://pollinatorpartnership.ca/en/blogs/squash-bees>
- Delgado-Carrillo O, Lopezaraiza-Mikel M, Ashworth L, Aguilar R, Lobo JA, Quesada M. 2017. A scientific note on the first record of nesting sites of *Peponapis crassidentata* (Hymenoptera: Apidae). *Apidologie*, 5:644-47.
- Delgado-Carrillo O, Martén-Rodríguez S, Ashworth L, Aguilar R, Lopezaraiza-Mikel M, Quesada M. 2018. Temporal variation in pollination services to *Cucurbita moschata* is determined by bee gender and diversity. *Ecosphere* 9:e02506.
- López-Urbe MM, Cane JH, Minckley RL, Danforth BN. 2016. Crop domestication facilitated rapid geographical expansion of a specialist pollinator, the squash bee *Peponapis pruinosa*. *Proceedings of the Royal Society B*, 283:20160443.
- Montes-Hernández S, Lira-Saade R, Eguiarte LE. 2018. Historical biogeography and phylogeny of *Cucurbita*: Insights from ancestral area reconstruction and niche evolution. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 128:38-54.

## ¿Quién escribe?



**Oliverio Delgado Carrillo** es Doctor en Ciencias por la Universidad Nacional Autónoma de México. Actualmente imparte cursos relacionados con los servicios ecosistémicos y el estudio de insectos y su investigación se orienta en la interacción planta-polinizador en sistemas agrícolas. Laboratorio Nacional de Análisis y Síntesis Ecológica (LANASE), Escuela Nacional de Estudios Superiores Unidad Morelia, Universidad Nacional Autónoma de México. Candidato a investigador SNI.

✉ [oliveriodc@gmail.com](mailto:oliveriodc@gmail.com)



**Sonja Glasser** es Maestra en Ciencias Biológicas por la Escuela Nacional de Estudios Superiores Unidad Morelia, Universidad Nacional Autónoma de México. Actualmente, es estudiante del programa de posgrado en la Universidad de Massachusetts, Amherst (UMass). Sus temas de interés son la ecología de las abejas nativas en sistemas agrícolas y las interacciones de las abejas y sus parásitos.

✉ [s.glasser23@gmail.com](mailto:s.glasser23@gmail.com)



**Silvana Marten Rodríguez** es Doctora en Comportamiento, Ecología, Evolución y Sistemática de la Universidad de Maryland, E.U. Ha realizado diversas investigaciones sobre la ecología de polinización y la evolución de sistemas reproductivos de plantas, análisis filogenético de plantas y biología de la conservación en diversos sitios del neotrópico. Tiene más de 40 publicaciones en revistas científicas internacionales de revisión por pares, capítulos de libros, e informes técnicos. Laboratorio Nacional de Análisis y Síntesis Ecológica (LANASE), Escuela Nacional de Estudios Superiores Unidad Morelia, Universidad Nacional Autónoma de México. Investigador SNI II.

✉ smarten@enesmorelia.unam.mx



**Mauricio Quesada** es Doctor en Ecología por el Departamento de Biología de Pennsylvania State University de EUA. Ha realizado investigaciones sobre los sistemas de polinización y la biología reproductiva de las plantas, la genética vegetal, ecofisiología de plantas y biología de la conservación en diversos sitios del neotrópico. Tiene más de 150 publicaciones en revistas científicas internacionales de revisión por pares, capítulos de libros e informes técnicos, además ha servido como editor de varios libros. Laboratorio Nacional de Análisis y Síntesis Ecológica (LANASE), Escuela Nacional de Estudios Superiores Unidad Morelia, Universidad Nacional Autónoma de México. Investigador SNI III.

✉ mquesada@cieco.unam.mx



## CONTRIBUCIONES LIBRES



Fotografía: Santiago Atuesta, Guetty Images

## La restauración funcional de los ecosistemas áridos y semiáridos

Omar Alejandro Doria Treviño, Maritza Gutiérrez Gutiérrez, Dinorah O. Mendoza-Aguilar y Marisela Pando-Moreno

Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León, Linares, Nuevo León

### Resumen

En los ecosistemas áridos y semiáridos la vegetación se presenta, regularmente, en forma discontinua, siguiendo un patrón de parches vegetados y espacios de suelo desnudo entre áreas vegetadas (interparches). Estos últimos actúan como fuente de agua, sedimentos y nutrientes para los parches vegetados. La concentración de recursos edáficos (nutrientes, agua, suelo) y el microclima asociado a los parches de vegetación pueden proporcionar microambientes favorables para la revegetación con especies de interés logrando un mejor funcionamiento del ecosistema. De ahí que, la restauración funcional de estos ecosistemas deberá considerar, primordialmente, los atributos de los parches de vegetación existentes en el área, tales como la cantidad de estos por unidad de área, su tamaño y distribución espacial. Los parches de vegetación preexistentes en el área tienen un gran potencial, como punto de partida, en la restauración funcional de los ecosistemas áridos y semiáridos al contribuir a la retención de recursos limitantes en estas zonas como agua, suelo y nutrientes y, con ello, favorecer el establecimiento de la vegetación.

### Palabras clave

degradación, desertificación, parches vegetados, revegetación.

La restauración ecológica ha sido descrita como una “actividad intencional que inicia o acelera la recuperación de un ecosistema con respecto a su salud, integridad y sustentabilidad” (SER 2004). Otros autores la han definido como una actividad que ayuda a la recuperación de ecosistemas que han sido degradados o destruidos, así como a la conservación de aquellos que se encuentran intactos (UNEP 2021). Si se realiza adecuadamente, la restauración ecológica tiene un potencial considerable para proteger la biodiversidad, mejorar la salud y el bienestar de las personas, aumentar la seguridad alimentaria y del agua, proporcionar bienes, servicios y prosperidad económica, así como contribuir a la mitigación del cambio climático y a la resiliencia de los ecosistemas (Gann *et al.* 2019).

La degradación de los ecosistemas no es un proceso lineal, como tampoco lo es su restauración ya que se puede considerar que ambos siguen una serie de etapas con umbrales más o menos definidos (Whisenant 1999). De acuerdo con ese modelo, los ecosistemas pueden tener estados relativamente estables entre los cuales existen umbrales que, una vez traspasados, impiden el retorno natural del ecosistema a una condición previa menos degradada. Estos umbrales pueden ser superados mediante prácticas específicas de restauración y llevar al ecosistema a un mejor estado de funcionalidad ecosistémica. Si no se restaura y la degradación continúa, el ecosistema caerá al siguiente nivel (Figura 1). La primera etapa (indicada como 0 en la Figura 1) equivale a la ausencia de degradación, donde la producción vegetal y su composición fluctúan sólo en función del clima. La etapa 1 corresponde a la situación donde las condiciones abióticas son satisfactorias y los procesos y funciones del ecosistema están en excelente o buena condición. En la etapa 2, las condiciones abióticas aún son satisfactorias, pero se presenta disrupción en algunos procesos o funciones ecológicas, ya sea a nivel de sitio o de paisaje; por ejemplo, una disminución en la biodiversidad o en la abundancia de especies clave para el ecosistema. En general, en esta fase, los cambios bióticos son irreversibles por sí mismos. En las etapas 3 y 4 las condiciones abióticas han sido fuertemente afectadas y en el paisaje predominan los hábitats artificiales, hay pérdida de la productividad, pérdida de suelo, desbalances hidrológicos o cambios en las propiedades físicas o químicas del suelo o del agua. Cuando el ecosistema se ha degradado hasta llegar a la etapa 3 o 4, el establecimiento o manejo de la vegetación no será suficiente para su restauración y se requiere modificar el medio físico, generalmente el suelo; de ahí que se hable de un umbral determinado por acciones abióticas (Figura 1). Este modelo puede ser útil para definir cuándo se requiere realizar obras de conservación de suelo para recuperar las funciones del ecosistema y cuándo es suficiente con hacer intervenciones en la vegetación: plantaciones de árboles, revegetaciones, siembras.

Las tierras secas, que incluyen ecosistemas áridos, semiáridos y subhúmedos, cubren el 40% de la superficie terrestre y dan sustento a más de dos mil millones de personas, muchas de las cuales viven a nivel de subsistencia (MEA 2005). Estos sistemas almacenan más del 45% del carbono terrestre, sustentan el 50% de la ganadería (Allen-Díaz *et al.* 1996) y albergan más de un tercio de los focos de biodiversidad (Myers *et al.* 2000), todos estos a escala mundial.

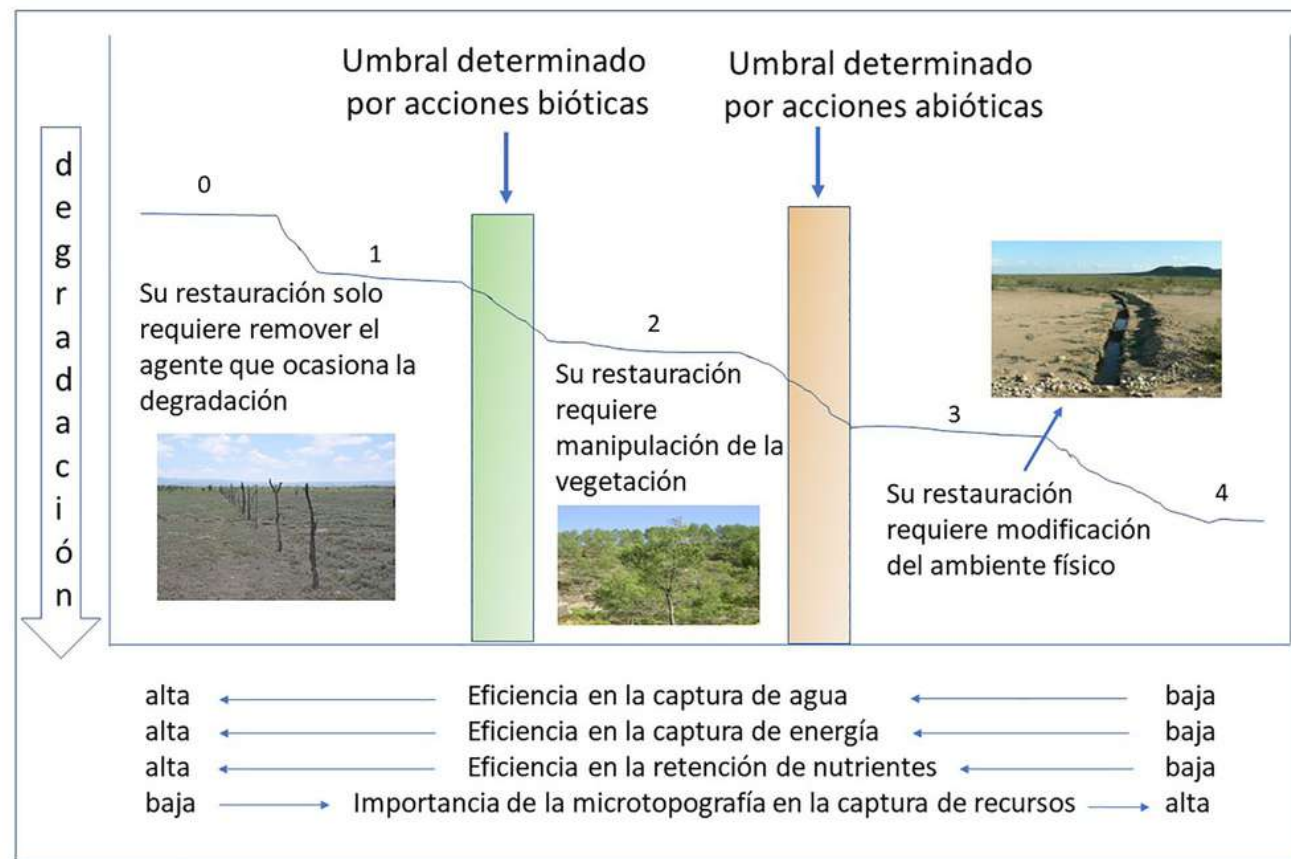


Figura 1. Proceso de degradación y restauración funcional (Adaptado de Whisenant, 1999).

La escasa y variable precipitación, así como otros factores de estrés, como la baja disponibilidad de nutrientes en el suelo, hacen de las tierras secas uno de los biomas más susceptibles de la degradación (Hueso-González *et al.* 2018). Las estimaciones más conservadoras indican que entre el 10 y el 20% de las tierras secas del mundo están degradadas debido a prácticas no sustentables de uso de suelo, situación que se ve agravada por las condiciones climáticas adversas en estas áreas. Esta degradación trae consigo una disminución en la prestación de servicios ambientales, como menor captura de CO<sub>2</sub>, reducción en la captación de agua y recarga de acuíferos, reducción de la biodiversidad y pérdida del suelo. Además, genera inseguridad alimentaria, conflictos sociales y una reducción en la resiliencia de los ecosistemas a las condiciones climáticas extremas de estas áreas (Yirdaw *et al.* 2017; Figura 2). Se estima que como consecuencia del cambio climático, la frecuencia e intensidad de las sequías incrementarán el riesgo de degradación en los ecosistemas áridos (IUCN, 2019). La principal limitante para la restauración de las tierras secas radica en la todavía escasa comprensión de cómo las fluctuantes condiciones climáticas influyen en los resultados esperados de la restauración. A pesar de ello, menos del 5% de los estudios de restauración ecológica se realizan en zonas áridas o semiáridas (Shackelford *et al.* 2021).



Figura 2. Área degradada en Linares, N.L. en el noreste de México. Fotografía: Pando-Moreno M.

Los suelos de las zonas áridas y semiáridas se caracterizan por un escaso contenido de materia orgánica, lo que repercute en una baja estabilidad de los agregados del suelo. Las partículas minerales (arcilla, limo y arena) y las de origen orgánico que forman el suelo no se encuentran aisladas unas de otras, sino que se unen y forman partículas de mayor tamaño llamadas agregados. Cuando estos agregados son inestables, se vuelven más susceptibles a la erosión. La falta de materia orgánica, aunada a algunos usos de suelo inadecuados, como el sobrepastoreo o la extracción excesiva de algunas plantas de interés, ocasiona que las lluvias generen fuertes escurrimientos.

Aunque las precipitaciones de las zonas áridas presentan una gran variabilidad a través del año, tanto en cantidad como en distribución, la constante es que sean escasas. Sin embargo, cuando se presentan, suelen ser de alta intensidad, ocasionando una especie de sellado en el suelo que impide que el agua se infiltre, por lo que se producen escurrimientos. En estos casos, junto con el agua, se arrastran suelo, restos vegetales, nutrientes y semillas. La escasa cobertura vegetal, con amplios espacios de suelo desnudo, incrementa la susceptibilidad a la erosión en estas áreas. Debido a ello, es común que los procesos de degradación en las zonas áridas y semiáridas afecten las condiciones del suelo y por ello, para restaurarlas se requiere intervenir el suelo. Mediante la restauración de los suelos es posible devolver a estos una parte de su estructura, su composición y, principalmente, sus funciones; sin embargo, esto dependerá del grado de perturbación que hayan sufrido. Por ejemplo, una alta salinización o una severa erosión, afectaciones comunes en suelos de zonas áridas, representarán barreras que hay que afrontar previo a las demás acciones para la restauración del ecosistema (Figura 3). Igualmente, los cambios en la vegetación durante los procesos de restauración tienen un impacto en las propiedades del suelo y el tipo de restauración que se realice puede acelerar o retardar la recuperación de las funciones del ecosistema.



**Figura 4.** Área severamente erosionada en el ejido Loma Alta, en Linares, N.L. donde la restauración requiere de la modificación del ambiente físico. Fotografía: Pando-Moreno M.

Los suelos de las tierras secas presentan contenidos relativamente bajos de carbono (C; de 8 a 10 kg m<sup>-2</sup>), comparado, por ejemplo, con los de las zonas tropicales (21 y 24 kg m<sup>-2</sup>) (Lal *et al.* 1998). Sin embargo, debido a la extensa superficie que cubren estos ecosistemas en el mundo, el almacenamiento de C en los mismos representa más de un tercio de la cantidad global almacenada (FAO, 2017). El contenido de C puede incrementarse mediante prácticas, factibles de realizarse en zonas áridas, que favorezcan la disponibilidad de materia orgánica, como utilizar cultivos de cobertura, incorporar residuos de cosecha al suelo, reducir la carga animal o establecer sistemas silvopastoriles. Múltiples estudios han evaluado la incorporación de enmiendas orgánicas como técnica de restauración en estos ecosistemas para promover una mayor cobertura vegetal y mejorar la fertilidad del suelo (Hueso-González *et al.* 2018).

La amplia variación espacial y temporal en la disponibilidad de los recursos bióticos y abióticos que se presentan en las zonas áridas y semiáridas está determinada mayormente por las fluctuantes e impredecibles precipitaciones de estas áreas. La cantidad de lluvia que reciben estas zonas varía fuertemente de un año a otro y las sequías estacionales, características de estas áreas, pueden extenderse hasta convertirse en sequías anuales de duración indeterminada. Cuando se presentan las lluvias, germinan las semillas que se encontraban latentes, florecen las plantas, se reproducen muchas especies de insectos y de fauna en general, con lo que la productividad primaria se incrementa, pero no de manera continua, sino en forma de “pulsos” asociados a las lluvias. En estas zonas, la vegetación se presenta en forma discontinua siguiendo un patrón compuesto por parches vegetados y espacios de suelo desnudo, llamados interparches, entre las áreas vegetadas. Los parches y los interparches están relacionados funcionalmente en sistemas de zonas fuente y zonas destino, donde los interparches actúan como zona fuente, desde donde se transporta el agua, sedimentos y nutrientes hacia los parches con vegetación que son las zonas de destino (Aguar y Sala 1999). De ahí que la restauración funcional de los ecosistemas áridos y semiáridos deberá considerar, primordialmente, los atributos de los parches de vegetación existentes en el área, tales como la cantidad de parches por unidad de área, el tamaño y la distribución espacial de los mismos (Ludwig y Tongway 1995).

Con miras a una restauración funcional en ecosistemas áridos y semiáridos, es recomendable aprovechar los parches de vegetación preexistentes en el área al momento de hacer una siembra o plantación, ya que en estos se concentra la mayor cantidad de recursos como agua y nutrientes que son limitados en estas zonas. Las condiciones edáficas y de microclima creadas por estos parches de vegetación suelen generar microambientes favorables para el establecimiento de la vegetación al aprovechar el recurso hídrico más eficientemente y favorecer interacciones positivas entre las plantas.



## Agradecimientos

El primer autor agradece al CONACYT por la beca otorgada para la realización de su doctorado.

## Literatura citada

- Aguiar MR, Sala OE. 1999. Patch structure, dynamics and implications for the functioning of arid ecosystems. *Trends in Ecology and Evolution*, 14:273-277. [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(99\)01612-2](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(99)01612-2)
- Allen-Diaz B, Chapins FS, Diaz S, Howden SM, Piuigdefabregas J, Stafford Smith M. 1996. Rangelands in a changing climate: impacts, adaptations, and mitigation. En: RT Watson, MC Zinyowera, RH Moss, DJ Dokken, eds. *Climate change 1995: Impacts, adaptations and mitigation of climate change: Scientific-Technical Analyses*. Cambridge: Cambridge University Press, 131-158. <http://hdl.handle.net/102.100.100/226637?index=1>
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2017. Soil Organic Carbon the hidden potential. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy. ISBN 978-92-5-109681-9.
- Gann GD, McDonald T, Walder B, Aronson J, Nelson CR, Jonson J, Hallett JG, Eisenberg C, Guariguata MR, Liu J, Hua F, Echeverría C, Gonzales E, Shaw N, Decler K, Dixon KW. 2019. International principles and standards for the practice of ecological restoration. Second edition. *Restoration Ecology*, 27:S1-S46. <https://doi.org/10.1111/rec.13035>
- Hueso-González P, Muñoz-Rojas M, Martínez-Murillo JF. 2018. The role of organic amendments in drylands restoration. *Current Opinion in Environmental Science and Health*, 5:1-6. doi: [10.1016/j.coesh.2017.12.002](https://doi.org/10.1016/j.coesh.2017.12.002).
- IUCN. International Union for Conservation of Nature. 2019. Drylands and climate change. Issues Brief. Consultado el 16 de mayo de 2021 de <https://www.iucn.org/resources/issues-brief/drylands-and-climate-change>
- Lal R, Kimble J, Follet R, Cole C. 1998. *The potential of U.S. cropland to sequester carbon and mitigate the greenhouse effect*. Chelsea: Ann Arbor Press.
- Ludwig JA, Tongway DJ. 1995. Spatial organization of landscapes and its function in semi-arid woodlands, Australia. *Landscape Ecology*, 10:51-63. <https://doi.org/10.1007/BF00158553>
- MEA-Millennium Ecosystem Assessment. 2005. *Ecosystems and human well-being: Synthesis*. Washington: Island Press. <https://www.millenniumassessment.org/>
- Myers N, Mittermeier RA, Mittermeier CG, Da Fonseca GAB, Kent J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403:853-858. <https://doi.org/10.1038/35002501>
- SER-Society for Ecological Restoration. (Octubre 2004). The SER International Primer on Ecological Restoration. Society for Ecological Restoration International Science and Policy Working Group. Consultado el 25 de marzo del 2022 de [https://cdn.ymaws.com/www.ser.org/resource/resmgr/custompages/publications/ser\\_publications/ser\\_primer.pdf](https://cdn.ymaws.com/www.ser.org/resource/resmgr/custompages/publications/ser_publications/ser_primer.pdf)
- Shackelford N, Paterno GB, Winkler DE, Erickson TE, Leger EA, Svejcar LN, et al. 2021. Drivers of seedling establishment success in dryland restoration efforts. *Nature Ecology and Evolution*, 5:1283-1290. <https://doi.org/10.1038/s41559-021-01510-3>
- UNEP- UN Environment Programme. 2021. ¿En qué consiste la restauración de los ecosistemas? Decade on restoration. Consultado el 15 de abril del 2021 de <https://www.decadeonrestoration.org/es/en-que-consiste-la-restauracion-de-los-ecosistemas>
- Whisenant S. 1999. *Repairing damaged wildlands: a process-orientated, landscape-scale approach* (Biological Conservation, Restoration, and Sustainability). Cambridge: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/cbo9780511612565>
- Yirdaw E, Tigabu M, Monge A. 2017. Rehabilitation of degraded dryland ecosystems – review. *Silva Fennica*, 51:1673. <https://doi.org/10.14214/sf.1673>

## ¿Quién escribe?



**Omar Alejandro Doria Treviño** es Ingeniero forestal y Maestro en Ciencias Forestales por la Facultad de Ciencias Forestales de la UANL. Actualmente cursa el programa de Doctorado en Ciencias con Orientación en Manejo de Recursos Naturales en la misma institución. Ha publicado el artículo "Efecto de una Obra de Conservación de Suelo en el Patrón de Distribución de la Vegetación y Funcionalidad del Ecosistema" en la revista e-CUCBA. Tiene amplia experiencia en la prestación de servicios profesionales y ambientales. Ha participado y coordinado programas de capacitación y asistencia técnica en la Corporación para el Desarrollo Agropecuario de N.L. y en proyectos de la CONAFOR (2013-c01-209772).

✉ [omar.doriatr@uanl.edu.mx](mailto:omar.doriatr@uanl.edu.mx)



**Maritza Gutiérrez Gutiérrez** es Ingeniero Forestal; Maestra en Ciencias Forestales; Doctora en Ciencias con Orientación en Manejo de Recursos Naturales, por la Universidad Autónoma de Nuevo León. Miembro Nivel 1 del Sistema Nacional de Investigadores. Cuenta con siete publicaciones (JCR y revistas reconocidas por CONACYT). Ha contribuido en la formación de recursos humanos, como Vocal Externo en el Comité de Evaluación de estudiantes de Licenciatura, como docente y asesora de tesis en Licenciatura y Posgrado. Es miembro de la Society for Ecological Restoration (SER) del 2020 a la fecha y de la Sociedad Científica Mexicana de Ecología (SCME) a partir del 2021.

✉ [maritza.gutierrezgtierrezgtr@uanl.edu.mx](mailto:maritza.gutierrezgtierrezgtr@uanl.edu.mx)



**Dinorah O. Mendoza-Aguilar** es Ingeniero en Acuicultura por el Instituto Tecnológico de Mar. Doctora en Ciencias con Especialidad en Manejo de Recursos Naturales por la Universidad Autónoma de Nuevo León. Posdoctorado en la Universidad Rey Juan Carlos, Madrid, España. Colabora en la Maestría de Restauración Ecológica de la Facultad de Ciencias Forestales, UANL. Ha participado en el Departamento de Geología del Instituto de Investigaciones Oceanográficas del Golfo y Mar Caribe. Ha contribuido en la formación de Recursos Humanos como asesora externa en Tesis de Licenciatura. Cuenta con siete artículos científicos en revistas arbitradas y un capítulo de libro.

✉ [dmendozagl@uanl.edu.mx](mailto:dmendozagl@uanl.edu.mx)



**Marisela Pando-Moreno** es Profesora Titular C de la Facultad de Ciencias Forestales de la UANL. SNI, Nivel 1. Ha publicado 85 artículos científicos en revistas arbitradas, 11 capítulos de libros y ha participado en proyectos de investigación nacionales e internacionales. Formación de recursos humanos: docencia, tutorías y dirección de tesis (Licenciatura y Posgrado). Asesora en 23 tesis de Doctorado, 37 de Maestría y 54 de Licenciatura. Participó en la Cátedra Nacional Juan Luis Cifuentes Lemus (2007 y 2018); miembro Fundador de la Sociedad Científica Mexicana de Ecología; Nombramiento "Científica de Nuevo León" por el Consejo de Ciencia y Tecnología de Nuevo León.

✉ [marisela.pandomr@uanl.edu.mx](mailto:marisela.pandomr@uanl.edu.mx)

## Acerca del BOLETÍN de la SCME

El *Boletín de la SCME* es el órgano oficial de difusión de las actividades de la SCME, así como el vehículo principal de la disseminación del conocimiento ecológico tanto desde la SCME hacia el resto de la sociedad, como de la sociedad hacia los miembros de la SCME. Se invita a los miembros y personas interesadas a la ecología a enviar artículos de interés ecológico que no requieran de evaluación más allá de la de los miembros del Comité Editorial.

Se espera que en un futuro próximo este boletín dé pie a la revista científica arbitrada de la SCME.

### INFORMACIÓN PARA AUTORES

El boletín publicará 10 números al año. Para que una contribución se publique en un número, deberá recibirse antes de la fecha límite correspondiente indicada en la siguiente tabla:

Número	Fecha de publicación	Fecha límite
1	15 de febrero	15 de diciembre
2	15 de marzo	15 de enero
3	15 de abril	15 de febrero
4	15 de mayo	15 de marzo
5	15 de junio	15 de abril
6	15 de julio	15 de mayo
7	15 de agosto	15 de junio
8	15 de septiembre	15 de julio
9	15 de octubre	15 de agosto
10	15 de noviembre	15 de septiembre

Para su consideración por el Comité Editorial, los manuscritos deben enviarse a:  
[boletinscme@gmail.com](mailto:boletinscme@gmail.com)

### TIPOS DE MANUSCRITOS

#### Avisos

Estos son anuncios sobre eventos de interés para miembros de la SCME y público en general interesado en ecología, incluyendo eventos organizados por la SCME (**máximo 200 palabras**)

#### Contribuciones generales

Cualquier comunicación que no quepa dentro de las otras categorías, e.g., avances, reflexiones, propuestas y revisiones de ideas y temas ecológicos. Se les recuerda que este es un medio de divulgación, por lo que es importante el uso de lenguaje accesible para el público en general (**máximo 1500 palabras**).

#### Comentarios

Asuntos metodológicos o filosóficos relacionados con la ciencia de la ecología (**máximo 600 palabras**)

#### Obituarios

Obituarios de ecólogos prominentes y miembros de la SCME (**máximo recomendado: 1000 palabras**)

### IDIOMAS

El *Boletín* se publica en español. Son bienvenidas las contribuciones cuyo texto íntegro esté en cualquiera de los idiomas indígenas que se hablan en México, en cuyo caso, se recomienda un resumen en español, de un máximo de 250 palabras. Para el caso de escritos en español, el comité editorial se encargará de buscar una traducción a un idioma indígena a decidir en acuerdo con los/as autores/as del texto.

### FORMATO

- El texto y literatura citada del manuscrito deben estar en fuente "Times New Roman", tamaño de fuente 12 y escrito a doble espacio, dejando 2.5 cm de margen por los cuatro lados y en tamaño carta.
- El texto debe estar alineado a la izquierda (no usar la "justificación completa", o sea alineación a la izquierda y también a la derecha). Las páginas deben estar numeradas.

- Para *Contribuciones generales y Comentarios*:

- Se recomienda mantener el número de citas al mínimo.
- El límite de palabras establecido en la descripción de los tipos de contribuciones (ver arriba) sólo incluye el texto principal (excluye título, resumen, palabras clave, agradecimientos, referencias).
- Organice su texto así: título, resumen, palabras clave (**máximo siete, en orden alfabético**), texto, agradecimientos, literatura citada, tablas (una por página, identificadas numéricamente: "Tabla 1"), pies de figura y figuras (una por página, identificadas numéricamente: "Figura 1"). Las referencias a tablas y figuras en el texto se harán usando la palabra completa: "(Tabla 2, Figura 3). Imágenes y fotografías: Se les invita a acompañar sus textos con imágenes o fotografías relevantes al texto.
- El título debe ser corto (8-10 palabras) y descriptivo.
- El resumen (**máximo 200 palabras**) debe motivar el interés por la lectura del artículo.
- Agregar al final las fotografías, reseñas biográficas (**máximo 200 palabras**) y direcciones de correo electrónico de las/os autoras/es.
- Imágenes y fotografías: Se les invita a acompañar sus textos con imágenes o fotografías relevantes al texto.

- Las imágenes de baja resolución pueden incluirse en el texto para ubicar su lugar, pero aparte, es necesario enviar imágenes de alta resolución (**tamaño mínimo de 1920 x 1080 píxeles y 300 dpi. En formato JPG o PNG**) como archivos comprimidos en una carpeta. Se recomienda nombrar los archivos de imágenes con un número de figura secuencial y el apellido del primer autor (e.g., Fig\_01\_Chávez.png).
- Para gráficas o imágenes que incluyan texto, se recomienda **verificar que las letras, números y símbolos sean claramente legibles**. (Los tamaños de fuente pequeños suelen ser difíciles de leer).
- Se deben incluir los créditos de las fotos, esquemas o gráficos en el pie de figura.

h) Cómo citar literatura en el texto: seguir el formato de *AoB Plants* (pero modificado al español), por ejemplo, García *et al.* (2008) o Jacobsen y Ramírez (1999). Las citas deben ordenarse cronológicamente dentro de los paréntesis (López y Watanabe 1987; Domínguez 2007 a, b). Para citar artículos de tres o más autores use "*et al.*" después del apellido del primer autor (v.g. Lara *et al.* 2005). Es importante no olvidar el uso de cursivas para "*et al.*"

**LITERATURA CITADA**

- Enlistar los trabajos citados en orden alfabético. Dos o más estudios de los mismos autores deberán ordenarse de manera cronológica y si son del mismo año, alfabéticamente de acuerdo al título.
- Se recomienda considerar si la literatura citada incluye trabajos que reflejen la diversidad etno-cultural de las contribuciones al campo de conocimiento abordado.
- Se recomienda seguir el formato de *AoB Plants* pero modificarlo al español. Importante: se omite "y" o "&" antes del último autor. Ejemplos:

Artículo

Varga S, Kytöviita MM. 2011. Sex ratio and spatial distribution of male and female *Antennaria dioica* (Asteraceae) plants. *Acta Oecologica*, 37:433-440.

Capítulo de libro

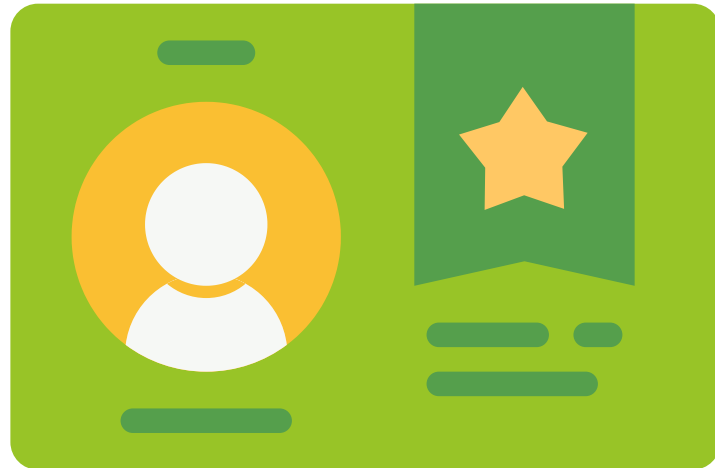
Hubbell SP, Foster RB. 1986. Canopy gaps and the dynamics of a Neotropical forest. En: Crawley MJ, ed. *Plant ecology*. Oxford: Blackwell Scientific, 77-96.

Libro

Chapin FS III, Matson PA, Vitousek PM. 2012. *Principles of terrestrial plant ecology*, 2a ed. Nueva York: Springer.

Cómo citar páginas web

Apellido A, Apellido B, Apellido C. (fecha o año de publicación). Título de la página web. Nombre de la página. Consultado el 28 de julio de 2019 de <https://url.com>  
Apellido A. (03 de agosto de 2020). Título del archivo [Archivo Excel]. Nombre de la página. <https://url.com>



**Te invitamos a mantener actualizada tu membresía.** Estas cuotas nos permiten seguir como Asociación Civil formalmente constituida. Además, tu membresía te da acceso a los eventos restringidos a socios y descuentos en los eventos que requieren el pago de una cuota

**[Conoce aquí los beneficios de tu membresía](#)**

 [Regresar al índice](#)

# SCME

**SOCIEDAD CIENTÍFICA  
MEXICANA DE ECOLOGÍA**