

La biodiversidad en

# Morelos

Estudio de Estado 2



Volumen II



**DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA**

**DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA**

La biodiversidad en

# Morelos



Estudio de Estado 2

Volumen II

**DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA**

**Primera edición, 2020**

**OBRA COMPLETA:** ISBN 978-607-8570-39-3

**VOLUMEN II:** ISBN 978-607-8570-41-6

**Versión Digital**

**Coordinación y seguimiento general:**

Andrea Cruz Angón<sup>1</sup>

Karla Carolina Nájera Cordero<sup>1</sup>

Diana López Higareda<sup>1</sup>

Erika Daniela Melgarejo<sup>1</sup>

Liliana González Flores<sup>2</sup>

Constantino Maldonado Krinis<sup>3</sup>

Mónica Elena Flores Cenicerós<sup>4</sup>

Liliana Fuentes Vargas<sup>4</sup>

**Corrección de estilo:**

Vector Diseño

Karla Carolina Nájera Cordero<sup>1</sup>

Diana López Higareda<sup>1</sup>

**Diseño y formación:**

Claudia Verónica Gómez Hernández

**Cuidado de la edición:**

Claudia Verónica Gómez Hernández

Karla Carolina Nájera Cordero

Diana López Higareda

Jorge Cruz Medina

Erika Daniela Melgarejo

**Cartografía:**

Cyndi Laura Román Colin

Diana López Higareda<sup>1</sup>

Jorge Cruz Medina<sup>1</sup>

**Derechos patrimoniales y editoriales**

**D.R. © Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad**

Liga Periférico – Insurgentes Sur 4903 Parques del Pedregal, Tlalpan, C.P. 14010 Ciudad de México,

<http://www.conabio.gob.mx>

<sup>1</sup>Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad

<sup>2</sup>Universidad Autónoma del Estado de Morelos

<sup>3</sup>Secretaría de Desarrollo Sustentable del Estado

<sup>4</sup>Comisión Estatal de Biodiversidad Morelos

**Ilustraciones basadas en las siguientes fotografías:**

Sección 7: Clever Ramírez Isoba/Banco de Imágenes CONABIO

Sección 8: Daniel Joaquín Sánchez Ochoa/Banco de Imágenes CONABIO

Sección 9: Rosa Cerros

*Salvo en aquellas contribuciones que reflejan el trabajo y quehacer de las instituciones y organizaciones participantes, el contenido de las contribuciones es de exclusiva responsabilidad de los autores.*

*Impreso en México/Printed in Mexico*

**DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA**

**DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA**



**DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA**

## Mensaje del gobernador

---

La esencia y la diversidad de Morelos se basa en su riqueza de ecosistemas, áreas boscosas en el norte, selva baja caducifolia al sur, barrancas y cañadas, que en conjunto fueron la razón para que los tlahuicas fundaran *Cuauhnahuac*, cuyo nombre significa “junto a los árboles”.

Gracias a su privilegiada ubicación geográfica y cambiante relieve, Morelos con tan sólo 0.25% del territorio mexicano, posee una variedad de áreas climáticas que determinan su riqueza biológica, lo cual le confiere de una gran diversidad de especies de flora y fauna. La entidad se sitúa a la vanguardia en materia del cuidado y estudio de la biodiversidad, siendo el primero en publicar su estrategia estatal (2003) y su estudio de estado (2006) en coordinación con la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).

Asimismo, ha sido la punta de flecha a nivel nacional al establecer formal y legalmente durante mi presente administración, la primera Comisión Estatal de Biodiversidad (COESBIO); alineándose así, a la Estrategia Nacional sobre Biodiversidad de México, cumpliendo de los compromisos internacionales que México ha adoptado a través del Convenio sobre la Diversidad Biológica.

Derivado de una estrecha colaboración entre el Gobierno del Estado y la CONABIO, en 2016 se inició la actualización del estudio de estado, que este 2020 me honro en presentar para el conocimiento de toda humanidad. Esta obra representa un esfuerzo sin precedentes de cerca de 300 autores de 47 instituciones académicas, gubernamentales y de la sociedad civil, todos especialistas de un gran nivel. Expreso mi reconocimiento y agradecimiento por este importante documento de investigación a todos los que intervinieron en su proceso de integración.

Este trabajo conjunto permitió actualizar lo que se conoce sobre la riqueza natural de la entidad. La publicación de *La biodiversidad en Morelos. Estudio de Estado 2* constituye el primer paso para la actualización de la *Estrategia Estatal sobre Biodiversidad de Morelos*, instrumento guía para el desarrollo e implementación de políticas públicas en materia de biodiversidad en la entidad.

Finalmente, agradezco a la CONABIO y a la Secretaría de Desarrollo Sustentable, por su compromiso y esfuerzo para concretar la actualización del primer estudio de estado, dando como resultado una herramienta de gran importancia para la toma de decisiones relacionadas con la conservación y uso sustentable de la riqueza natural de Morelos.

**C. Cuauhtémoc Blanco Bravo**  
**Gobernador Constitucional del Estado de Morelos**



**DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA**



## Presentación

---

Después de 14 años de trabajo coordinado entre el gobierno estatal, la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) e investigadores especialistas locales, se presenta con orgullo *La biodiversidad en Morelos. Estudio de Estado 2*. Esta obra compila el diagnóstico actual acerca del patrimonio natural de la entidad.

El libro está integrado por tres volúmenes, la principal temática es la situación actual de la diversidad biológica alojada en la entidad, lo que convierte a este documento en el principal referente de consulta para autoridades gubernamentales, académicos, comunidades locales, grupos indígenas y sociedad en general; con el fin de dirigir la toma de decisiones, diseñar estrategias de planeación, establecer políticas públicas y continuar con la generación de nuevo conocimiento sobre el patrimonio natural de la entidad para su desarrollo sustentable.

Esta actualización provee una línea base para identificar los procesos de cambio y transformación de los ecosistemas del territorio morelense, así como para establecer las acciones pertinentes para garantizar su conservación y uso sustentable en el largo plazo.

Tengo la seguridad de que las instituciones locales (gubernamentales, académicas y de la sociedad civil) apoyarán la difusión de esta publicación y darán continuidad a los esfuerzos para incrementar el conocimiento sobre la biodiversidad y los cambios que en ésta se registren, con la finalidad de favorecer el adecuado aprovechamiento del capital natural en Morelos. Sólo de esta manera, el esfuerzo desarrollado será de utilidad para las instituciones gubernamentales y para la sociedad morelense.

Esta obra contribuye al cumplimiento de las actividades de instrumentación de la *Estrategia Nacional sobre Biodiversidad de México* y *Plan de Acción 2030*, la cual es parte de los compromisos adquiridos por México ante el Convenio sobre la Diversidad Biológica; además, es un valioso legado para el conocimiento y situación de la biodiversidad morelense, fundamental para la valoración y conservación del capital natural.

CONABIO felicita y agradece al Gobierno del Estado de Morelos y a los 297 autores pertenecientes a más de 47 instituciones y organizaciones estatales, nacionales e internacionales, por su compromiso y dedicación para la realización de este trabajo.

**Dr. José Sarukhán Kermez**  
**Coordinador Nacional de la CONABIO**

# Índice

---

- 7 Mensaje del gobernador
- 9 Presentación
  
- 13 Introducción**
  
- 21 Diversidad de invertebrados**
  
- 23 Resumen ejecutivo. Diversidad de invertebrados
- 27 Protistas heterótrofos
- 37 Moluscos continentales (Mollusca)
- 45 Lombrices de tierra (Annelida)
- 51 Ositos de agua y miriápodos (Tardigrada y Myriapoda)
- 59 Cangrejos, camarones de río, cochinillas, pulgas de agua, camarones duende, copépodos y otros crustáceos
- 67 Arañas (Araneae)
- 73 Alacranes (Scorpiones)
- 78 EC. El impacto de los alacranes del género *Centruroides* en la salud pública
- 82 EC. El alacrán en la cultura
- 85 Colémbolos (Collembola: Hexapoda)
- 93 Efímeras (Ephemeroptera)
- 99 Libélulas y caballitos del diablo (Odonata)
- 105 Moscas de las piedras y megalópteros (Plecoptera y Megaloptera)
- 115 Saltamontes, esperanzas, grillos y langostas (Orthoptera)
- 119 Insectos palo (Phasmatodea)
- 122 EC. Las plantas como hábitat de los artrópodos
- 131 Piojos de los libros y piojos de las cortezas (Psocoptera)
- 137 Chinchas (Heteroptera)
- 145 Trips (Thysanoptera)
- 153 Crisopas, moscas serpiente y moscas escorpión (Neuroptera, Raphidioptera y Mecoptera)
- 163 Escarabajos (Coleoptera)
- 176 EC. Estudios ecotoxicológicos
- 181 Pulgas ectoparasitas (Siphonaptera)
- 185 Moscas y mosquitos (Diptera)
- 194 EC. Incidencia de los mosquitos en la salud humana
- 199 Moscas y mosquitos (Diptera)
- 203 Mariposas diurnas (Lepidoptera)
- 211 Mariposas nocturnas (Lepidoptera)
- 222 EC. Insectos plaga de cultivos agrícolas
- 225 Abejas y avispas (Hymenoptera)
- 231 Hormigas (Hymenoptera: Formicidae)
- 238 EC. Diversidad de artrópodos en tres comunidades vegetales en la Barranca del río Tembembe
- 241 Cucarachas, tijerillas, piojos, mantis, pescaditos de plata y otros insectos
- 258 EC. El papel de los animales invertebrados en la cultura morelense

**DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA**

## **271 Diversidad de vertebrados**

- 273** Resumen ejecutivo. Diversidad de vertebrados
- 275** Ictiofauna
- 284** EC. Aspectos ecológicos relevantes para la conservación de *Ilyodon whitei* en el río Amacuzac
- 289** Anfibios
- 295** Reptiles
- 302** EC. El lagarto cornudo (*Phrynosoma orbiculare alticola*)
- 306** EC. Reptiles Venenosos de Morelos: venenos y tratamiento
- 311** Aves
- 326** EC. Monitoreo de aves en San Andrés de la Cal
- 332** EC. La avifauna del Campus Norte de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos
- 339** Mamíferos
- 348** EC. Los murciélagos insectívoros de las zona urbana de Cuernavaca y Zacatepec
- 354** EC. Los mamíferos carnívoros de la Sierra de Huautla
- 362** EC. Monitoreo biológico del conejo zacatucho (*Romerolagus diazi*)
- 369** Análisis de la riqueza de vertebrados en la entidad

## **379 Diversidad genética**

- 381** Resumen ejecutivo. Diversidad genética
- 383** Introducción
- 387** La diversidad genética y la identificación de las unidades naturales en la biodiversidad
- 390** EC. Hongos del género *Pleurotus*: diversidad genética y usos potenciales
- 397** Diversidad de hongos acuáticos en las lagunas de Zempoala
- 402** EC. Diversidad de rizobios simbióticos en leguminosas de la Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla
- 409** Conservación de la diversidad genética
- 416** EC. Variabilidad genética de la carpita morelense (*Notropis boucardi*) y del conejo zacatucho (*Romerolagus diazi*)
- 420** EC. Comparación de la diversidad genética en poblaciones del tejón (*Nasua narica*)
- 425** Aplicación del conocimiento sobre la diversidad genética
- 430** EC. Diversidad genética de especies centinela como bioindicador de la salud poblacional
- 436** EC. Variación genética de la chinche (*Triatoma pallidipennis*): principal vector de la enfermedad de Chagas
- 445** Glosario de términos de diversidad genética

**DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA**



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Introducción II

**DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA**

## Introducción II

Andrea Cruz Angón y Karla Carolina Nájera Cordero

En este segundo volumen de *La biodiversidad en Morelos: Estudio de Estado 2*, se presenta la información actualizada sobre dos de los tres niveles de la biodiversidad: la diversidad faunística (invertebrados y vertebrados), y la diversidad genética. En un inicio se presentan algunos conceptos básicos que serán útiles para abordar este volumen.

### ¿Qué son las especies?

La especie es la unidad básica de la clasificación taxonómica y el nivel más conocido de la biodiversidad (Levin 1979, Mayden 1997). Debido a la amplia gama de formas en las que se expresa la vida en la Tierra, es difícil establecer un concepto universal de especie; por ejemplo, dependiendo del enfoque disciplinario con el que se trabaje se han identificado al menos 22 definiciones distintas de este término, tan sólo para los organismos eucariontes, es decir, aquellos cuyas células poseen un núcleo delimitado por membranas (Rosselló-Mora y Amann 2001). Sin embargo, existen criterios generales que aparecen en las definiciones modernas de especie, entre ellos: 1) presencia de un ancestro común; es decir, que los miembros de una misma especie comparten una población ancestral similar; 2) la especie debe ser el grupo más pequeño distinguible de organismos que comparten patrones de ascendencia y descendencia; y 3) deben compartir una comunidad reproductora que excluya a otras especies (Hickman *et al.* 2006).

Cabe señalar que, en el artículo 2 del CDB (1992) donde se establecen los términos utilizados en dicho convenio, no contiene una definición de especie; no obstante, incluye la de especie domesticada o cultivada, como aquellas en cuyo proceso de evolución han influido los seres humanos para satisfacer sus propias necesidades.

### ¿Cómo se clasifican las especies?



En el área de biología se utiliza un sistema de clasificación para todos los seres vivos, el cual fue desarrollado por el médico naturalista sueco Carlos Linneo (1707-1758). Este sistema es jerárquico y binomial, de tal manera que, para nombrar a las especies se utiliza un epíteto genérico (comúnmente llamado género) y un epíteto específico o especie (figura 1). Los elementos que componen la jerarquía en la que se clasifican los seres vivos incluyen siete categorías principales y varias subcategorías incluyentes: 1) reino, 2) *phylum* (para animales) o división (para plantas), 3) clase, 4) orden, 5) familia, 6) género, y 7) especie. Con este sistema se evitan confusiones al utilizar nombres comunes, ya que éstos pueden variar de acuerdo con el lugar, la cultura y el idioma.

Linneo realizó un trabajo extraordinario al describir, catalogar y clasificar más de 500 especies vegetales y 4 mil animales mediante este sistema. Fue el primero en asignar al ser humano el nombre científico *Homo sapiens* e incluirlo entre los primates (Ramírez-Clavijo 2007).

### Diversidad de especies en Morelos

En 2006 se reportaron alrededor de 4 870 especies para el estado a partir de información generada por investigadores de instituciones estatales (Contreras-MacBeath *et al.* 2006). Los autores participantes en esta obra sin precedente aportaron tanto la nomenclatura científica (sistema binomial) como el nombre común de las especies, con el fin de facilitar la identificación de los organismos a los lectores no familiarizados con textos técnicos. En este documento se reportan

Cruz-Angón, A y K. Nájera-Cordero. 2020. Introducción II. En: *La biodiversidad en Morelos. Estudio de Estado 2*. Vol. II. CONABIO, México, pp. 15-19.

Clasificación taxonómica		
		
Plantae	Reino	Animalia
Magnoliophyta*	División o Phylum	Arthropoda
	Subphylum	Crustacea
Magnoliopsida	Clase	Malacostraca
	Subclase	Eumalacostraca
Caryophyllales	Orden	Decapoda
Cactaceae	Familia	Pseudothelphusidae
<i>Mammillaria knippeliana</i>	Género	<i>Pseudothelphusa</i>
Quehl, 1907	Especie	<i>dugesi</i>
	Autoridad taxonómica	Rathbun, 1893

\*En la nomenclatura botánica moderna la división Magnoliophyta se refiere como Tracheophyta; mientras que, las clases Liliopsida y Magnoliopsida se incluyen en Equisetopsida.

**Figura 1.** Clasificación taxonómica de dos especies que sólo se distribuyen en Morelos. a) Biznaga de Knippel (*Mammillaria knippeliana*), cactus endémico a Morelos que se distribuye en barrancas de Temixco y Cuernavaca, donde llega a formar grandes colonias; se encuentra dentro de la categoría sujeta a protección especial en la NOM-059-SEMARNAT-2010. b) Cangrejo barranqueño (*Pseudothelphusa dugesi*), pequeño crustáceo que solamente vive en las barrancas de Cuernavaca y está en la categoría de peligro de extinción en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Fotos: Topiltzin Contreras-MacBeath.

en total 10 283 especies y aunque el número de especies endémicas para Morelos no es elevado, hay ejemplos a destacar, tal es el caso del cangrejo de agua dulce (*Pseudothelphusa morelosis*), algunos colémbolos (*Friezea hoffmannorum*, *Palmanura normae* y *Schaefferia guerrerensis*), efímeras (*Tricorythodes ulmeri*, *Leptothyphes spiculatus*, *Paracloeodes lugoi*), el zacatuche (*Romerolagus diazi*). Es de resaltar que para los escarabajos se reportaron 76 especies endémicas para la entidad, siendo los cerambícidos los que tienen más endemismos.

La principal fuente de información para esta recopilación fue el conjunto de datos recabados por los

investigadores de las diferentes instituciones que colaboraron en la presente obra, lo que conjunta especies de diversos grupos biológicos (cuadros 1 y 2); todos los registros aportados fueron revisados y validados mediante la plataforma EncicloVida.<sup>1</sup> Asimismo, se presenta información importante sobre las especies que están reportadas en la Norma Oficial Mexicana (SEMARNAT 2010). En total se contabilizaron 186 especies (figura 2), los grupos biológicos con más especies enlistadas en esta norma son las aves, los reptiles y las angiospermas.

<sup>1</sup> EncicloVida (<http://www.encyclovida.mx/>) es una plataforma digital que integra bases de datos producto de la participación de investigadores mexicanos de diversas instituciones, en proyectos de la CONABIO desde 1992.



**Cuadro 1.** Comparativo de la diversidad de algunos grupos presentes respecto al total nacional reportado para la entidad.

Grupo	México	Morelos <sup>1</sup>	Morelos 2006 <sup>2</sup>	Morelos <sup>3</sup>	Morelos respecto al total nacional (%)
Hongos	6 500*		480	986***	15.2
Helechos y plantas afines (Pteridofitas)	1 067 <sup>1</sup>	162	196	215	20.1
Gimnospermas	150 <sup>1</sup>	12	17	18	12.0
Angiospermas	21 015 <sup>1</sup>	1 536	3 155	2 928	13.9
Artrópodos**	36 209 <sup>1</sup>	2 833	425	5 142	14.2
Peces	2 763*	4	29	31	1.1
Anfibios	399*	41	24	38	9.5
Reptiles	908*	96	79	91	10.0
Aves	1 150*	256	370	430	37.4
Mamíferos	564*	105	101	113	20.0

\*Sarukhán *et al.* 2017. \*\*Miriápodos, crustáceos, insectos, arácnidos y colémbolos. \*\*\*No se incluyen las especies de lo Oomycota y Amebozoa.

Fuente: elaboración propia con base en Llorente-Bousquets y Ocegueda 2008,<sup>1</sup> Contreras-MacBeath *et al.* 2006,<sup>2</sup> apéndices de esta obra correspondientes a cada grupo biológico.<sup>3</sup>

**Cuadro 2.** Número de especies registradas en Morelos para algunos grupos biológicos.

Grupo	Familias	Géneros	Especies	Apéndices
Hongos	155	431	1 041	3 a 6
Helechos y plantas afines (Pteridofitas)	24	55	215	7 y 8
Gimnospermas	2	5	18	9 y 17
Angiospermas	163	968	2 928	10 a 17
Protoctistas	84	115	190	18
Arácnidos	27	69	110	23 y 24
Colémbolos	16	66	151	26
Insectos	255	2 146	4 752	27 al 46
Otros invertebrados*	79	136	175	19 a 22
Peces	11	24	31	48
Anfibios	11	22	38	49
Reptiles	21	50	91	50 y 51
Aves	65	248	430	52
Mamíferos	21	71	113	53
<b>Total</b>	<b>934</b>	<b>4 406</b>	<b>10 283</b>	

\*Moluscos, anélidos, tardígrados, miriápodos y crustáceos. Fuente: elaboración propia a partir de los apéndices de esta obra correspondientes a cada grupo biológico.

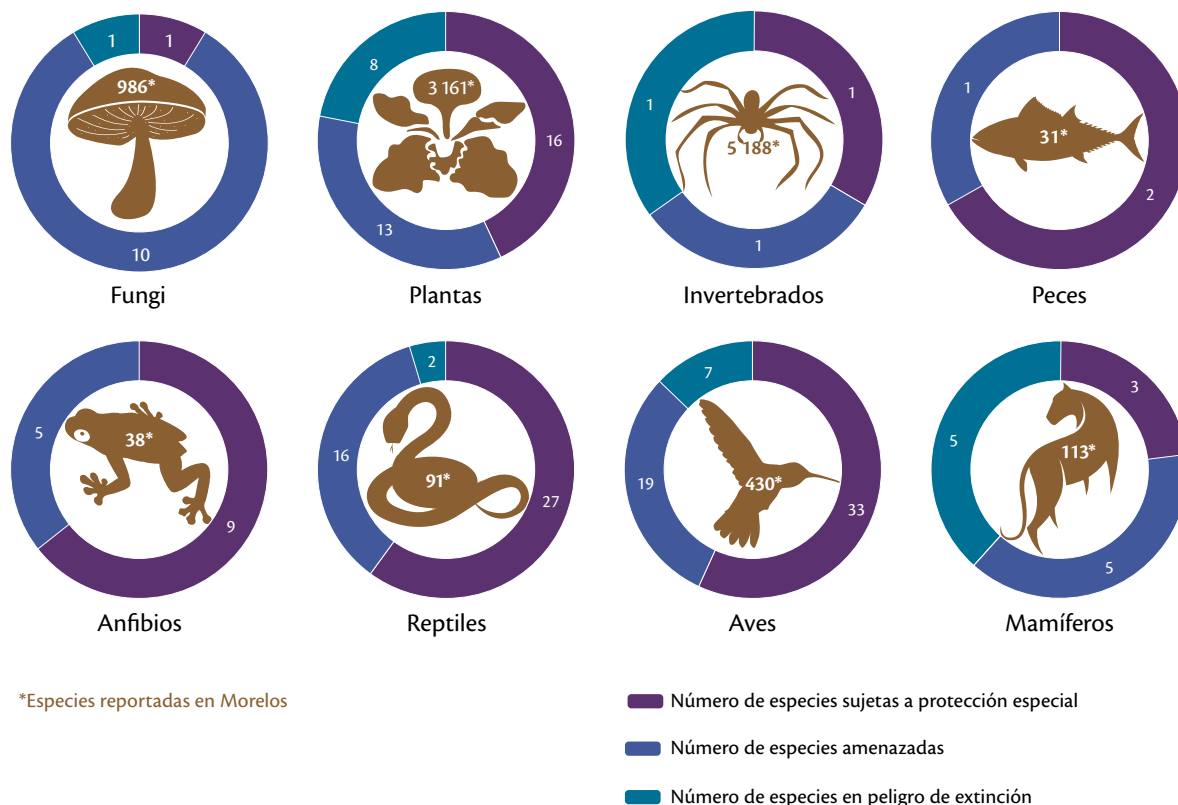


Figura 2. Especies reportadas bajo alguna categoría de riesgo en la Norma Oficial Mexicana. Fuente: elaboración propia a partir de los apéndices de esta obra correspondientes a cada grupo biológico.

## Diversidad faunística

Como se mencionó en el primer volumen de esta obra tan extensa, fue necesario dividir las temáticas de la diversidad de especies que ocurre en Morelos. En este volumen se conjuntó la información de todos los grupos animales que van desde los invertebrados a los vertebrados.

En la sección que corresponde a los invertebrados se hizo una revisión de la riqueza del grupo en la entidad. Se reconoce su importancia por todos los roles ecológicos que cumplen en los ecosistemas y que permiten el mantenimiento de diversos servicios ecosistémicos. Además, se reportan más de 5 mil especies de las cuales alrededor de 195 son endémicas al estado, los escarabajos (coleópteros) son los que presentaron mayor diversidad, seguidos por abejas, avispas y hormigas (himenópteros).

A pesar del amplio conocimiento que se presenta en esta obra, se percibe que aún hay muchos estudios por realizar y se detectan vacíos de información en varios grupos de invertebrados. A lo largo de los capítulos, los autores presentan propuestas de acciones de conservación y protección de la diversidad de este grupo, las cuales es necesario tomar en cuenta para asegurar el mantenimiento de los sistemas naturales.

En cuanto a la riqueza de vertebrados, los autores exponen la compilación de información generada desde la publicación del primer estudio. En Morelos se registran los cinco grupos animales (cuadro 2) y se consideran de importancia ecológica y para la sociedad por tener un uso alimenticio, medicinal o como mascotas.

Las aves representan el grupo con mayor número de especies (430) y los peces tienen menos representatividad (31 especies, aunque sólo 11 son nativas) en las

diferentes regiones de la entidad; sin embargo, tienen alto endemismo y varias especies exóticas. Se resalta la necesidad de fortalecer la investigación científica en la diversidad de vertebrados en la entidad, ya que aún hace falta tener mayor conocimiento de la biología y ecología de los grupos taxonómicos conocidos y hay vacíos importantes de información en sitios poco explorados y en otros grupos desconocidos.

## Diversidad genética

La diversidad genética es una de las tres unidades que conforman la biodiversidad. Los genes de cada individuo contienen la información capaz de asegurar la permanencia de los seres vivos, ésta es la base para que la selección natural actúe y la evolución suceda, lo que permite que la vida permanezca en el tiempo.

Los cambios drásticos del medio ambiente son una condición a la que los seres vivos deben adaptarse y sobrevivir; la diversidad genética de las especies es un factor determinante de su capacidad de adaptación a estas variaciones (UNESCO 2015, Sarukhán *et al.* 2017). El conocimiento de la estructura y la diversidad genética tiene aplicaciones importantes en la conservación de las especies y los ecosistemas, en las tareas de restauración, en la salud pública, en la sustentabilidad y la productividad agrícola, pecuaria, pesquera y forestal, así como en la domesticación de organismos y en la biomedicina (Sarukhán *et al.* 2017).

En la última sección del presente volumen, se incluye un glosario extenso que presenta información que permitirá al lector familiarizarse con los conceptos básicos sobre diversidad genética. Se documentan estudios genéticos de hongos y algunas especies prioritarias ya sea para la conservación (animales endémicos) o para salud pública; que reflejan el grado de conocimiento sobre el tema en la entidad. Asimismo, se describen de forma general las aplicaciones y áreas de oportunidad del aprovechamiento de los recursos genéticos. Es evidente que Morelos, además de tener una amplia gama de riqueza específica y genética, es una entidad federativa con grandes alcances de investigación, por lo que es de suma importancia coordinar esfuerzos entre las diferentes

instituciones académicas y gubernamentales para alcanzar los objetivos de conservación y uso sustentable de los recursos genéticos.

El conocimiento compilado en esta obra representa 5 413 especies más que lo que se reportó en el primer estudio. Los ejemplos manifiestos en esta sección son pocos en comparación con la enorme biodiversidad presente en el estado, ello resalta la necesidad de incrementar tanto el número de investigadores dedicados al conocimiento de la biodiversidad local como la infraestructura necesaria para estudiarla, con la finalidad de proponer acciones para su conservación y aprovechamiento sustentable.

## Referencias

- CDB. Convenio sobre la Diversidad Biológica. 1992. *Diversidad biológica. Uso de términos*. En: <<http://www.cbd.int/convention/articles/?a=cbd-02>>, última consulta: 16 de abril de 2019.
- Contreras-MacBeath, T., J.C. Boyás y F. Jaramillo. 2006. *La diversidad biológica en Morelos: estudio del estado*. CONABIO/UAEM, México.
- Levin, D.A. 1979. The nature of plant species. *Science* 204:381-384.
- Llorente-Bousquets, J. y S. Ocegueda. 2008. Estado del conocimiento de la biota. En: *Capital natural de México: conocimiento actual de la biodiversidad*, vol. I. CONABIO, México, pp. 283-322.
- Mayden, R.L. 1997. A hierarchy of species concepts: the denouement in the saga of the species problem. En: *Species: the units of biodiversity*. M.F. Hawah y M.R. Wilson (eds.). Chapman and Hall, Londres.
- Ramírez-Clavijo, S. 2007. Linneo: la pasión de un médico por la clasificación de los seres vivos. *Revista Ciencias de la Salud* 5(1):101-103.
- Rosselló-Mora, R. y R. Amann. 2001. The species concept for prokaryotes. *FEMS Microbiological Reviews* 25:39-67.
- Sarukhán, J., P. Koleff, J. Carabias *et al.* 2017. *Capital natural de México. Síntesis: evaluación del conocimiento y tendencias de cambio, perspectivas de sustentabilidad, capacidades humanas e institucionales*. CONABIO, México.
- SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. *Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010*. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.
- UNESCO. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. 2015 *Thesaurus*. En: <[www.unesco.org](http://www.unesco.org)>, última consulta: 22 de febrero de 2016.

**DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA**



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

## 7 · Diversidad de invertebrados

**DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA**

# Resumen ejecutivo. Diversidad de invertebrados

Zenón Cano Santana, Víctor López Gómez, Iván Castellanos Vargas y Susana Alejandre Grimaldo

Los animales invertebrados son aquéllos que carecen de una columna vertebral y un esqueleto interno articulado. Son muy variados, pueden estar desnudos o presentar estructuras duras para su protección, tal como las conchas calcáreas (como en los caracoles) o esqueletos externos articulados que brindan soporte a sus cuerpos (como en los artrópodos).

Son seres muy importantes en el funcionamiento del planeta, debido a que están directamente relacionados con los ciclos de la materia y energía que ocurren en su interior, pues cumplen una multitud de roles ecológicos: son herbívoros, ficófagos,<sup>1</sup> micófagos,<sup>2</sup> carnívoros, parásitos, carroñeros,<sup>3</sup> coprófagos,<sup>4</sup> depredadores, polinizadores, dispersores de semillas y formadores de suelo. Esta variedad de actividades hace posible que los ecosistemas proporcionen, del mismo modo, un gran número de servicios ecosistémicos de gran valor para la subsistencia de la humanidad.

La presente sección constituye el estudio más completo sobre los animales invertebrados realizado a la fecha, ya que integra y documenta la gran diversidad de estos organismos en la entidad. En el estudio previo *La diversidad biológica en Morelos: Estudio del estado* publicado en 2006, se registraron 3 007 especies y subespecies. Sin embargo, en esta nueva versión se incrementa significativamente el número de registros (a 5 612 taxones), y también se describe con mayor detalle su biología en 26 capítulos (cada uno con un apéndice taxonómico).

Además, integra ocho estudios de caso que tratan sobre temas de interés como son: la importancia de las plantas para los invertebrados; los principales estudios

ecotoxicológicos del estado; el efecto de las actividades humanas sobre la diversidad de invertebrados; así como tópicos relacionados con la interacción de estos organismos y el ser humano, donde se incluyen temas agrícolas, aspectos de salud humana y en la cultura popular de Morelos.

Adicionalmente, en esta obra se reportan 196 especies endémicas del estado, donde la mayoría son escarabajos (76 registros) y mariposas diurnas (81). Asimismo, se encontraron tres especies bajo alguna categoría de riesgo en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010: la mariposa monarca (*Danaus plexippus plexippus*), el cangrejito barranqueño (*Pseudothelphusa dugesi*) y la tarántula dorada (*Brachypelma albiceps*), ésta última también registrada en la CITES.

Se detectan 26 especies exóticas, las cuales están conformadas por ocho crustáceos (Cuernavaca, Jojutla y Tlaltizapán), siete lombrices (Cuernavaca, Lagunas de Zempoala, Las Estacas, Oaxtepec y Tepoztlán), siete caracoles (Cuernavaca, Jiutepec, Lago Tequesquitengo, Tetecalita, Tlalquiltenango, Tlaltizapán, Tepetzingo y Yautepec), un alacrán (Cuernavaca), una abeja (probablemente distribuida por todo el estado), una tijerilla (Lagunas de Zempoala) y un insecto tejedor (Cuernavaca, Emiliano Zapata, Jojutla, Temixco, Tlalquiltenango y Xochitepec).

La gran mayoría de los taxones reportados se identificaron a nivel de especie (96.1%) y sólo pocas a nivel de género (3.9%). La mayor parte de las especies y subespecies registradas en esta obra pertenecen al reino de los animales (96.8%), mientras que sólo 3.2% son del reino

<sup>1</sup> Que se alimentan de algas.

<sup>2</sup> Que se alimentan de hongos.

<sup>3</sup> Que se alimentan de cadáveres.

<sup>4</sup> Que se alimentan de heces.

de los protistas. De este último, destacan los cilióforos (108 registros) y los amebozoos (30).

En contraste, el reino animal está formado por cuatro grupos: los moluscos (32 especies, equivalente a 0.6% de todo el inventario de invertebrados animales), las lombrices (anélidos, 9, 0.2%), los osos de agua (tardígrados, 5, 0.1%) y los artrópodos (5 142, 99.1%); entre estos últimos destacan los colémbolos (151 especies), los arácnidos (110) y sobre todo los insectos (4 752).

El registro de insectos para la presente obra estuvo constituido por 27 órdenes, de los cuales los más importantes por su diversidad fueron los escarabajos (Coleoptera, 2 362 especies), las mariposas (Lepidoptera, 778), las moscas y mosquitos (Diptera, 606), y el grupo de las abejas, avispas y hormigas (Hymenoptera, 413).

Morelos se destaca por su diversidad de animales invertebrados, a pesar de lo pequeño de su territorio. Los naturalistas desde el siglo XIX visitaban frecuentemente el estado, sobre todo Cuernavaca para hacer sus colecciones. Por ello, es posible que la entidad esté relativamente mejor estudiada que otros estados.

La entidad ocupa el segundo lugar nacional por su riqueza de colémbolos y tijerillas; el tercero en pescaditos de plata y de cobre; el cuarto en ciempiés, estrepisípteros y rafidípteros; el quinto en ositos de agua y megalópteros; y el sexto en cucarachas, frigáneas y palomillas (cuadro 1). Las diferentes contribuciones (cuadro 1), coinciden en que el territorio de Morelos posee una gran diversidad de organismos, lo cual va de la mano con la gran variedad de ambientes asociada a su extenso gradiente altitudinal.

Sin embargo, se reconoce que la mayoría de los inventarios de los grupos taxonómicos estudiados es aún incipiente. Por tanto, resulta prioritaria la elaboración de inventarios biológicos que refuercen el estado del conocimiento de los grupos que han sido menos estudiados. Desgraciadamente, el inventario realizado en esta sección está incompleto, pues faltó revisar el estado de conocimiento de los siguientes e importantes grupos de invertebrados de Morelos: esponjas (filo Porífera), rotíferos (filo Rotífera), sanguijuelas, ácaros y otros arácnidos (como los seudoescorpiones y las arañas patonas), proturos, dipluros y el diverso grupo de los homópteros (que incluye cigarritas, chicharritas y pulgones), además de la multitud de filos que integran los helmintos parásitos y de vida libre (p.e. los platelmintos, los nematodos y los acantocéfalos, entre otros).

También es importante realizar monitoreos sistemáticos, así como desarrollar estudios ecológicos específicos sobre especies con importancia económica, ecológica, cultural y gastronómica (como es el caso de plagas, parasitoides, polinizadores, bioindicadores y detritívoros).

Los factores de presión más importantes que afectan a los invertebrados que se detectaron en los capítulos de esta obra son:

1. la destrucción de los hábitats y sus procesos colaterales (fragmentación, deforestación, urbanización y cambio de uso del suelo), que incluye el daño a cuevas y cuerpos de agua;
2. la contaminación del agua, del suelo y del aire por el uso de plaguicidas, el depósito de desechos y las emisiones de industrias y transporte;
3. el cambio climático, que afectaría los patrones de distribución de especies y su estacionalidad;
4. la incidencia de especies exóticas, que incluye tanto especies domésticas que consumen invertebrados (ratas, gallinas y gatos), como invertebrados que compiten con las especies nativas, como lombrices de tierra, moluscos y crustáceos, entre otros;
5. la sobreexplotación de recursos que puede reducir las poblaciones, como es el caso de la extracción de arañas y alacranes utilizados como mascota o la extracción de tierra negra y de hoja; y
6. la ocurrencia de incendios, que afecta los hábitats de los invertebrados terrestres.

En esta sección los autores proponen diversas acciones de protección de la biodiversidad de invertebrados:

- a) conservación, vigilancia e incremento de la superficie y el número de las áreas naturales protegidas, que incluya la protección del bosque tropical caducifolio y el bosque de pino-encino, así como las cuevas, barrancas y cuerpos de agua del estado;
- b) implementación de esfuerzos para estimular el trabajo científico, taxonómico, de recolecta y de monitoreo de poblaciones para entender el estado de los recursos bióticos del estado;
- c) implementación de programas de educación ambiental, que ofrezcan conocimiento a los pobladores para entender y proteger la fauna y la calidad ambiental de su entorno, de modo que se involucren en acciones de conservación de los invertebrados sin prejuicios;



**Cuadro 1.** Resumen de especies identificadas de invertebrados y protozoos de Morelos, en comparación con lo reportado para México.

Grupo taxonómico	Nombres comunes o ejemplos	México	Morelos	Lugar que ocupa a nivel nacional	Referencias
Protozoos	Protozoarios (paramecios y amibas)	1 420 <sup>g</sup>	190	ND	Mayén-Estrada <i>et al.</i> *
Moluscos	Caracoles, babosas y almejas	4 100 <sup>a</sup>	32	ND	Magaña Amador y Naranjo García*
Anélidos oligoquetos	Lombrices de tierra	135	9	13	Fragoso y Rojas*
Tardígrados	Ositos de agua	41	5	5	Cano-Santana <i>et al.</i> <sup>a</sup>
Onicóforos <sup>b</sup>	Gusanos de terciopelo	3 <sup>f</sup>	0		
Crustáceos	Pulgas de agua, acociles y cochinillas	5 387	75	ND	Hernández Álvarez y Villalobos Hiriart*
Paurópodos	Paurópodos	4 <sup>c</sup>	0		Cano-Santana <i>et al.</i> <sup>a</sup>
Diplópodos	Milpiés	498	25	7	Cano-Santana <i>et al.</i> <sup>a</sup>
Quilópodos	Ciempis	181	29	4	Cano-Santana <i>et al.</i> <sup>a</sup>
Sínfilos	Ciempis de jardín	14	0		Cano-Santana <i>et al.</i> <sup>a</sup>
Arañas	Arañas y tarántulas	2 295	97	ND	Durán-Barrón*
Escorpiones	Alacranes	278	13	ND	González Santillán*
Colémbolos	"Insectos" cola de resorte	1 000	151	2	Palacios-Vargas y Cruz-Leal*
Arqueognatos	Pescaditos de cobre	17	2	3	Cano-Santana <i>et al.</i> <sup>b</sup>
Zigentómidos	Pescaditos de plata	35	5	3	Cano-Santana <i>et al.</i> <sup>b</sup>
Efemerópteros	Efimeras	150	26	8	Corona-Tejeda <i>et al.</i>
Odonatos	Libélulas y caballitos del diablo	360 <sup>i</sup>	103	ND	Delgado-Hernández y González-Soriano*
Plecópteros	Moscas de las piedras	51	3	ND	Mayorga-Villalobos <i>et al.</i>
Blatodeos	Cucarachas	189	13	6	Cano-Santana <i>et al.</i> <sup>b</sup>
Isópteros	Termitas	80	1	22	Cano-Santana <i>et al.</i> <sup>b</sup>
Mantodeos	Mantis	77	5	10	Cano-Santana <i>et al.</i> <sup>b</sup>
Dermápteros	Tijerillas	54	9	2	Cano-Santana <i>et al.</i> <sup>b</sup>
Ortópteros	Chapulines, grillos, esperanzas y caras de niño	945	34	ND	Rivera-García*
Fasmátodeos	Insectos palo	65	1	ND	López-Mora*
Embiópteros	Tejedores	64	3	10	Cano-Santana <i>et al.</i> <sup>b</sup>
Zorápteros	Insectos ángel	1	0		Cano-Santana <i>et al.</i> <sup>b</sup>
Psocópteros	Piojos de los libros	775	51	13 <sup>d</sup>	Cano-Santana <i>et al.</i> <sup>c</sup>
Tirápteros	Piojos verdaderos	444	9	25	Cano-Santana <i>et al.</i> <sup>b</sup>
Heterópteros	Chinches verdaderas	5 609	53	ND	Torres Huerta y López Gómez*
Tisanópteros	Trips	700	85	ND	Johansen-Naime y Mojica-Guzmán*
Megalópteros	Moscas de Dobson	13	5	5	Mayorga-Villalobos <i>et al.</i> *
Rafidiópteros	Moscas serpiente	14	1	4	Marquez-López <i>et al.</i> *
Neurópteros	Crisopas, hormigas león	350	74	ND	Marquez-López <i>et al.</i> *
Coleópteros	Escarabajos	13 195	2 362	ND	Zaragoza-Caballero <i>et al.</i> *
Estrepsípteros	Estrepsípteros	16	1	4	Cano-Santana <i>et al.</i> <sup>b</sup>
Mecópteros	Moscas escorpión	47	3	9	Marquez-López <i>et al.</i> *
Sifonápteros	Pulgas	172	31	10	Acosta-Gutiérrez
Dípteros	Moscas y mosquitos	ND	606	ND	Ávalos-Hernández y Piceno Mares*
Tricópteros	Frigáneas	482	75	6	Razo-González*
Lepidópteros diurnos	Mariposas	1 929	447	ND	Luna-Reyes*
Lepidópteros nocturnos	Palomillas	4 201	331	6	Romero-Mata <i>et al.</i> *
Himenópteros no formicidos	Abejas y avispas	5 430 <sup>h</sup>	302	ND	Martínez-Peralta <i>et al.</i> *
Himenópteros formicidos	Hormigas	927	111	9	Castaño-Meneses <i>et al.</i> *
<b>Total de taxa</b>		<b>51 748<sup>e</sup></b>	<b>5 378</b>		

ND: no hay datos. <sup>a</sup>Incluye especies marinas; <sup>b</sup>grupo no abordado en la sección; <sup>c</sup>incluye dos especies dudosas; <sup>d</sup>el lugar que ocupa el estado considera las 75 especies que se registran para la Ciudad de México (García-Aldrete 2016); <sup>e</sup>la suma considera como registros para el país el número de especies de moscas y mosquitos registrados para Morelos. Fuente: elaboración propia con datos de <sup>f</sup>Monge-Nájera 2000, <sup>g</sup>Cano-Santana *et al.* 2016a, <sup>h</sup>Cano-Santana y Romero-Mata. 2016b, <sup>i</sup>Paulson y González-Soriano 2018, \*apéndices de cada capítulo en esta obra.

- d) implementación de acciones de restauración ecológica para recuperar ecosistemas dañados o destruidos.

Otras acciones que fueron escasamente mencionadas son el control de especies exóticas, la adquisición de compromisos estatales para mitigar el cambio climático, la regulación del crecimiento urbano y la reducción de uso de pesticidas, entre otras.

La conservación de los invertebrados asegura la estabilidad de los sistemas naturales y productivos de Morelos. Asimismo, se protegen elementos de la naturaleza que forman parte de la vida cotidiana de los morelenses y de la rica cultura del estado.

## Agradecimientos

Agradecemos a Paulina Corona-Tejeda por la revisión del texto, y a Ariana Romero-Mata y Melisa Medina Alvarado por su apoyo en la búsqueda de datos para elaborar este resumen.

## Referencias

- Cano-Santana, Z., I. Castellanos-Vargas y V. López-Gómez. 2016a. Resumen ejecutivo de invertebrados. En: *La biodiversidad en la Ciudad de México*. Vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp. 195-202.
- Cano-Santana, Z. y A. Romero-Mata. 2016b. Abejas y avispas (Hymenoptera). En: *La biodiversidad en la Ciudad de México*. Vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp. 357-362.
- García-Aldrete, A.N. 2016. Piojos de los libros (Psocoptera). En: *La biodiversidad en la Ciudad de México*. Vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp. 301-305.
- Monge-Nájera, J. 2000. Onychophora. En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento*. Vol. II. J. Llorente-Bousquets, E. González-Soriano y N. Papavero. Facultad de Ciencias-UNAM, México, pp. 105-114.
- Paulson, D.R. y E. González-Soriano. 2018. Mexican Odonata. En: <[www.pugetsound.edu/academics/academic-resources/slater-museum/biodiversity-resources/dragonflies/mexican-odonata/](http://www.pugetsound.edu/academics/academic-resources/slater-museum/biodiversity-resources/dragonflies/mexican-odonata/)>, última consulta: 18 de enero de 2018.

# Protistas heterótrofos

Rosaura Mayén Estrada, Fernando Olvera Bautista, Maricela Vicencio Aguilar, Jorge Medina Durán, Carlos Durán Ramírez, Margarita Reyes Santos y Víctor Romero Niembro

## Introducción

Los protistas son organismos microscópicos, eucariontes de organización celular, esto es, células con organelos como núcleo y mitocondrias (Hausmann *et al.* 2003). En este capítulo se revisan los protistas heterótrofos<sup>1</sup> que pertenecen a los grupos de apicomplexos, ciliados, heliozoos, metamonados, parabasálidos, percolozoos y rizópodos, así como algunos euglenozoos y criptomonados heterótrofos, tradicionalmente conocidos como protozoos.

El estudio de la biodiversidad y distribución de los protistas en Morelos permitirá tener un panorama sobre el estatus del conocimiento de los grupos. Todos los grupos revisados se caracterizan por ser unicelulares (excepto las formas coloniales) y heterótrofos sin organelos fotosintéticos que ingieren su alimento del medio.

Sus formas de vida incluyen organismos de vida libre que habitan ambientes de agua dulce (planctónicos<sup>2</sup> o bentónicos<sup>3</sup>), terrestres (suelo) y especies simbiotas<sup>4</sup> que pueden ser comensales,<sup>5</sup> mutualistas<sup>6</sup> o parásitos,<sup>7</sup> con hospederos acuáticos o terrestres. Además, manifiestan una amplia gama de formas, tallas, y caracteres celulares, que se utilizan para clasificarlos. En este trabajo, la clasificación que se utilizó para estos organismos fue la de Corliss (1994).

## Diversidad y distribución

De acuerdo con López-Ochoterena y Rouré-Cane (1970), Madrazo-Garibay y López-Ochoterena (1982),

Aladro-Lubel *et al.* (1987, 1990, 2006), Guzmán-Novoa *et al.* (2011), Gallegos-Neyra *et al.* (2014) y Mayén-Estrada *et al.* (2014a, b, 2016), en el estado existen registros de 190 especies de protistas heterótrofos (apéndice 18). Para la obtención de tal cifra se compilaron los registros taxonómicos con categorización a nivel de especie y se excluyeron, en el caso de los parásitos, los reportes serológicos.

De acuerdo con el sistema de clasificación de Corliss (1994) y los esquemas taxonómicos de Lee *et al.* (1985, 2000), Patterson y Larsen (1991) y Lynn (2008), estas especies se distribuyen en 12 *phyla*, 84 familias y 115 géneros (cuadro 1).

En los 22 municipios del estado (66% del territorio) se cuenta con registros de especies, y es Cuernavaca el que presenta mayor número (62; figuras 1 y 2). En el municipio de Huitzilac se identificaron 34 especies, y tan sólo en el lago Zempoala asciende a 33. Para 99 especies de varios protistas, el registro fue a nivel estatal sin precisar municipio o coordenada geográfica (figuras 1 y 2), o incluso tipo de ambiente o hábitat.

De las 190 especies de protistas registradas en el estado, 90 son de vida libre, mientras que 101 son simbiotas. Específicamente, *Colpoda steinii* se registró tanto en vida libre como simbiota (cuadro 2; López-Ochoterena *et al.* 1966). La diversidad de especies protistas en Morelos, comprende a ciliados y amébidos, así como de una especie de heliozoo registradas en algunos municipios (figura 3).

<sup>1</sup> Organismos que toman su alimento del medio, debido a su incapacidad de realizar la fotosíntesis.

<sup>2</sup> Organismos que habitan suspendidos en el agua y son arrastrados por corrientes.

<sup>3</sup> Organismos que habitan dentro o sobre del sustrato o fondo del cuerpo de agua.

<sup>4</sup> Asociación física entre especies en la que una ocupa como hábitat a la otra.

<sup>5</sup> Simbiosis en la cual ninguna especie es afectada, pero una es beneficiada.

<sup>6</sup> Simbiosis en la cual ambas especies obtienen beneficios.

<sup>7</sup> Simbiosis en la cual una especie es afectada y la otra obtiene beneficio.

Mayén-Estrada, R., J.F.Y. Olvera-Bautista, M.E. Vicencio-Aguilar, J.H. Medina-Durán, C.A. Durán-Ramírez, M. Reyes-Santos y V. Romero-Niembro. 2020. Protistas heterótrofos. En: *La biodiversidad en Morelos. Estudio de Estado 2*. Vol. II. CONABIO, México, pp. 27-35.

**Cuadro 1.** Géneros de protistas registrados en Morelos.

Grupo	Familias	Géneros
Apicomplexa	Eimeriidae	<i>Eimeria</i>
	Plasmodiidae	<i>Plasmodium</i>
	Sarcocystidae	<i>Toxoplasma</i>
Ciliophora	Acinetidae	<i>Acineta</i>
	Acropisthiidae	<i>Chaenea</i>
	Balantidiidae	<i>Balantidium</i>
	Blepharismidae	<i>Pseudoblepharisma</i>
	Blepharocorythidae	<i>Charonina</i>
	Buetschliidae	<i>Polymorphella</i>
	Chilodonellidae	<i>Chilodonella</i>
		<i>Trithigmostoma</i>
	Cinetochilidae	<i>Platynematum</i>
	Colepidae	<i>Coleps</i>
	Colpodidae	<i>Colpoda</i>
	Colpodellidae	<i>Colpodella</i>
	Ctedoctematidae	<i>Ctedoctema</i>
	Cyclidiidae	<i>Cyclidium</i>
	Dendrocometidae	<i>Dendrocometes</i>
	Discophryidae	<i>Discophrya</i>
		<i>Multifasciculatum</i>
	Enchelyidae	<i>Enchelydium</i>
	Epistylididae	<i>Epistylis</i>
		<i>Systylis</i>
	Euplotidae	<i>Euplotes</i>
		<i>Euplotoides</i>
		<i>Moneuplotes</i>
	Frontoniidae	<i>Frontonia</i>
	Glaucomidae	<i>Glaucoma</i>
		<i>Monochilum</i>
	Gonostomatidae	<i>Gonostomum</i>
Halteriidae	<i>Halteria</i>	
Ichthyophthiriidae	<i>Ichthyophthirius</i>	
Isotrichidae	<i>Dasytricha</i>	
	<i>Isotricha</i>	
Kahliellidae	<i>Cladotricha</i>	
Lacrymariidae	<i>Lacrymaria</i>	
Litonotidae	<i>Litonotus</i>	
Loxocephalidae	<i>Loxocephalus</i>	
Loxodidae	<i>Loxodes</i>	
Lynchellidae	<i>Chlamydonellopsis</i>	
Nyctotheridae	<i>Nyctotherus</i>	
Operculariidae	<i>Opercularia</i>	
Ophryoscolecidae	<i>Diplodinium</i>	
	<i>Elytroplastron</i>	
	<i>Entodinium</i>	
	<i>Eodinium</i>	
	<i>Eudiplodinium</i>	
Ciliophora	Ophryoscolecidae	<i>Metadinium</i>
		<i>Ophryoscolex</i>
		<i>Ostracodinium</i>
		<i>Polyplastron</i>
	Oxytrichidae	<i>Onychodromus</i>
		<i>Stylonychia</i>
		<i>Urosoma</i>
	Parameciidae	<i>Paramecium</i>
	Platyophryidae	<i>Platyophrya</i>
	Spirostomidae	<i>Spirostomum</i>
	Tetrahymenidae	<i>Tetrahymena</i>
	Tokophryidae	<i>Tokophrya</i>
	Tracheliidae	<i>Pseudomonilicaryon</i>
		<i>Rimaleptus</i>
	Trichophryidae	<i>Anarma</i>
		<i>Trichophrya</i>
	Urocentridae	<i>Urocentrum</i>
Vaginicolidae	<i>Cothurnia</i>	
Vorticellidae	<i>Carchesium</i>	
	<i>Vorticella</i>	
Zoothamniidae	<i>Zoothamnium</i>	
Cryptomonada	Cryptomonadidae	<i>Cryptomonas</i>
	Goniomonidae	<i>Goniomonas</i>
Dyctiochaete	Chromulinidae	<i>Oikomonas</i>
	Ochromonadidae	<i>Ochromonas</i>
Euglenozoa	Astasiidae	<i>Astasia</i>
	Anisonemidae	<i>Notosolenus</i>
		<i>Bodo</i>
	Bodonidae	<i>Parabodo</i>
	Peranemidae	<i>Entosiphon</i>
		<i>Peranema</i>
Trypanosomatidae	<i>Phytomonas</i>	
	<i>Trypanosoma</i>	
Heliozoa	Actinophryidae	<i>Actinophrys</i>
	Raphidiophryidae	<i>Raphidiophrys</i>
Metamonada	Enteromonadidae	<i>Trimitus</i>
	Hexamitidae	<i>Giardia</i>
	Retortamonadidae	<i>Chilomastix</i>
Microspora	Nosematidae	<i>Nosema</i>
Opalozoa	Cercomonadidae	<i>Cercomonas</i>
	Heteromitidae	<i>Heteromita</i>
	Opalinidae	<i>Opalina</i>
	Phalansteriidae	<i>Phalansterium</i>
Parabasala	Trichomonadidae	<i>Pentatrichomonas</i> <i>Trichomonas</i>
Percolozoa	Grubberelidae	<i>Stachyamoeba</i>
	Guttulinopsidae	<i>Rosculus</i>

Cuadro 1. Continuación.

Grupo	Familias	Géneros	Grupo	Familias	Géneros
Percolozoa	Vahlkampfiidae	<i>Naegleria</i>	Rhizopoda	Entamoebidae	<i>Entamoeba</i>
		<i>Tetramitus</i>			<i>Iodamoeba</i>
		<i>Vahlkampfia</i>		Euglyphidae	<i>Euglypha</i>
Rhizopoda	Acanthamoebidae	<i>Acanthamoeba</i>		Hartmannellidae	<i>Hartmannella</i>
	Amoebidae	<i>Amoeba</i>			<i>Saccamoeba</i>
	Arcellidae	<i>Arcella</i>		Nucleariidae	<i>Nuclearia</i>
	Copromyxidae	<i>Endamoeba</i>		Paramoebidae	<i>Mayorella</i>
		<i>Endolimax</i>		Thecamoebidae	<i>Thecamoeba</i>
		<i>Martinezia</i>		Vannellidae	<i>Vannella</i>
	Echinamoebidae	<i>Echinamoeba</i>		Vexilliferidae	<i>Vexillifera</i>
		<i>Filamoeba</i>			

Fuente: elaboración propia con datos de López-Ochoterena y Rouré-Cane 1970, Madrazo-Garibay y López-Ochoterena 1982, Aladro-Lubel *et al.* 1987, 1990, 2006, Guzmán-Novoa *et al.* 2011, Gallegos-Neyra *et al.* 2014, Mayén-Estrada *et al.* 2014a, b, 2016.

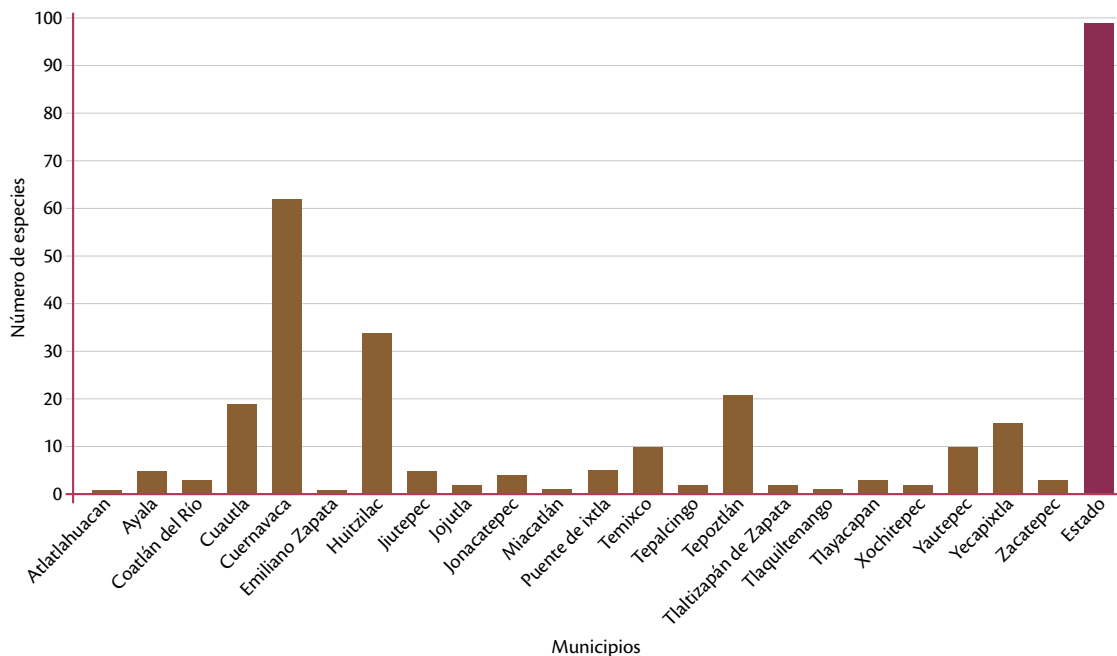


Figura 1. Especies de protistas registradas en cada municipio y a nivel estatal. Fuente: elaboración propia con datos de López-Ochoterena y Rouré-Cane 1970, Madrazo-Garibay y López-Ochoterena 1982, Aladro-Lubel *et al.* 1987, 1990, 2006, Guzmán-Novoa *et al.* 2011, Gallegos-Neyra *et al.* 2014, Mayén-Estrada *et al.* 2014a, b, 2016.

Para el estado se tienen nuevos registros identificados por Gallegos-Neyra: *Acanthamoeba polyphaga* (figura 4) que es de vida libre potencialmente parásita, y las amebas de vida libre: *Centropyxis discoides* (figura 5) y *Arcella discoides* (figura 6). Otras especies presentes en Morelos son un parabasálido (figura 7) y *Euplotes trisulcatus* (figura 8) que es una especie de ciliado que corresponde a un nuevo registro en esta contribución para el municipio de Totolapan.

Entre los géneros con especies simbiotes (mutualistas, comensales o parásitas) con amplia distribución en el estado se encuentran *Trypanosoma* en 14 municipios (en particular *T. cruzi*, con registro en 13) y *Eimeria* en 12. A nivel estatal *Entodinium* presentó 17 especies. Las especies de los géneros *Colpoda*, *Chilodonella*, *Bodo* y *Euglypha*, que corresponden a protistas ciliados, flagelados y amébidos de vida libre, respectivamente, fueron observadas en dos municipios cada uno.

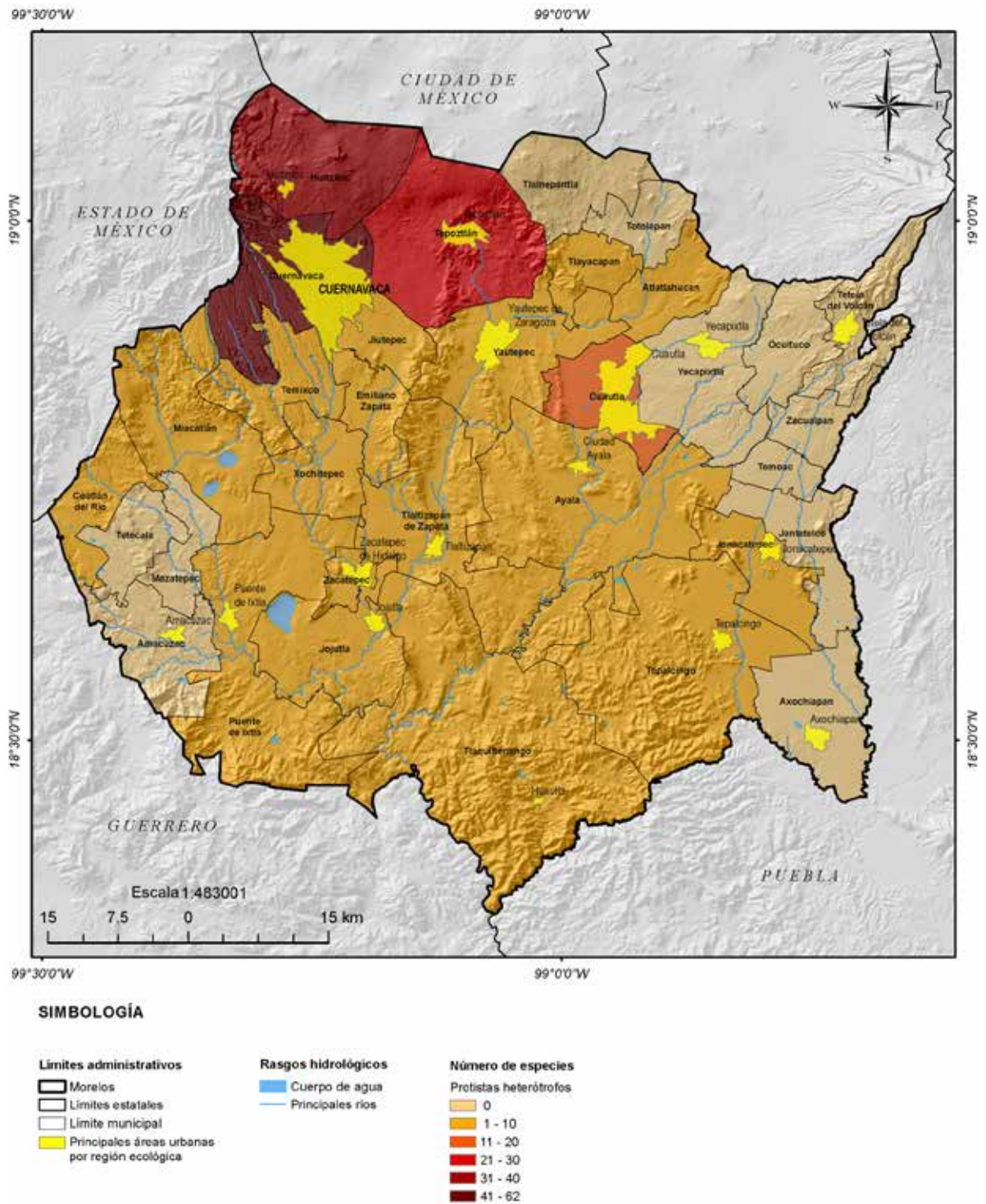


Figura 2. Distribución de la riqueza de especies por municipios en la entidad. La escala de colores corresponde al número de especies en los municipios. Fuente: elaboración propia con datos de López-Ochoterena y Rouré-Cane 1970, Madrazo-Garibay y López-Ochoterena 1982, Aladro-Lubel *et al.* 1987, 1990, 2006, Guzmán-Novoa *et al.* 2011, Gallegos-Neyra *et al.* 2014, Mayén-Estrada *et al.* 2014a, b, 2016.

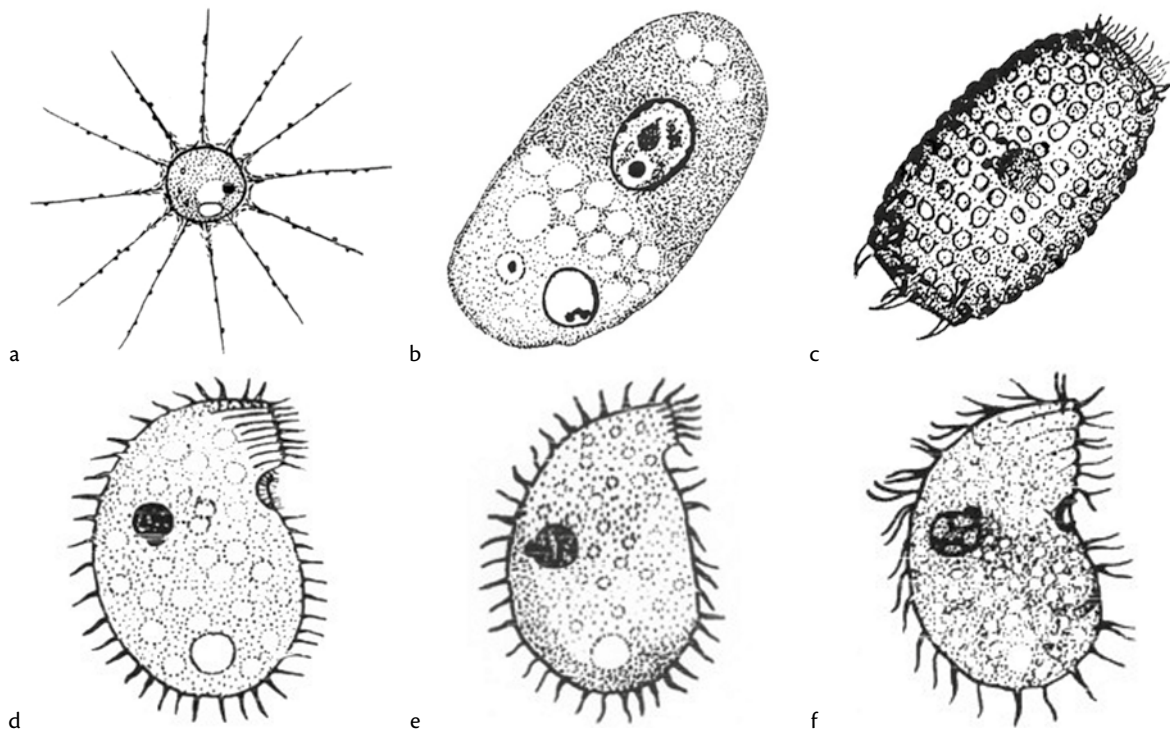
**Cuadro 2.** Total de especies registradas por forma de vida y ambiente.

Forma de vida*	Ambiente	Número de especies
Libre dulceacuícola	Acuífero subterráneo	20
	Arrozal	7
	Lago	7
	Piscina	20
Libre terrestre	Suelo	16
Libre no determinada	ND	41
Simbionte dulceacuícola	Hospederos en lago	22
Simbionte terrestre	Hospederos terrestres	79

ND: no hay datos. \*Algunas especies fueron registradas en más de un ambiente. Fuente: elaboración propia con datos de López-Ochoterena y Rouré-Cane 1970, Madrazo-Garibay y López-Ochoterena 1982, Aladro-Lubel *et al.* 1987, 1990, 2006, Guzmán-Novoa *et al.* 2011, Gallegos-Neyra *et al.* 2014, Mayén-Estrada *et al.* 2014a, b, 2016.

Las amebas desnudas representan el único grupo de protistas presentes en el acuífero subterráneo de Zacatepec, con un total de 21 especies (Ramírez-Flores *et al.* 2009a). Estas amebas son importantes porque son consumidoras activas de bacterias (Anderson *et al.* 1979) y otros protistas de talla pequeña (Page 1988), por lo que su presencia estuvo relacionada con diferentes concentraciones de bacterias coliformes detectadas en distintos pozos que abastecen de agua a nueve municipios del estado.

Las especies *Bodo saltans*, *Chilodonella uncinata*, *Colpoda aspera* y *Euglypha tuberculata* fueron registrados en piscinas (López-Ochoterena y Rouré-Cane 1970), ambientes que favorecieron su presencia. Por otra parte, *Colpoda aspera*, *C. cucullus*, *C. maupasi* y *B. saltans* fueron registradas en suelos del municipio de Yecapixtla



**Figura 3.** Especies de protistas registradas en varios municipios del estado: a) *Raphidiophrys bruni* (Heliozoa; Yecapixtla); b) *Endamoeba ctenosaurae* (Rhizopoda; Cuautla); c) *Coleps octospinus* (Ciliophora; Cuernavaca); d) *Colpoda cucullus* (Ciliophora; Yecapixtla); e) *Colpoda maupasi* (Ciliophora; Yecapixtla); y f) *Colpoda aspera* (Ciliophora; Yecapixtla). Fotos: R. Mayén-Estrada modificado de Arévalo-Trear 1967(a), J.H. Medina-Durán modificado de Hegner y Hewitt 1940 (b), M. Reyes-Santos modificado de Santiago-Fragoso 1969 (c), C. Durán-Ramírez, modificado de Arévalo-Trear 1967 (d, e), M. Reyes-Santos modificado de Santiago-Fragoso 1969 (f).

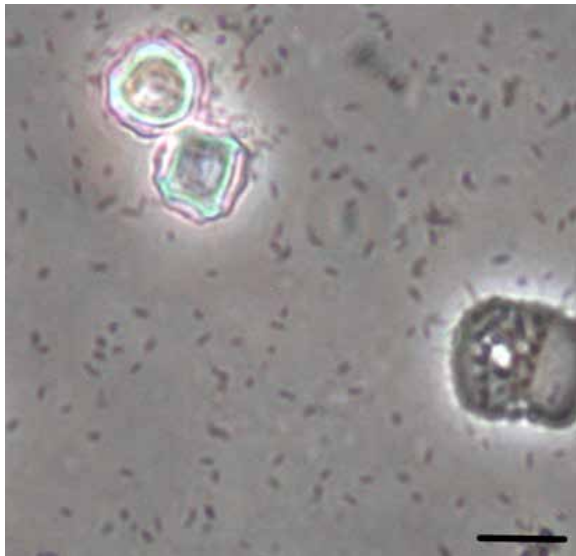


Figura 4. Ejemplares de *Acanthamoeba polyphaga* (Rhizopoda) en Huitzilac. Foto: E.M. Gallegos-Neyra.



Figura 5. *Centropyxis discoides* (Rhizopoda) en Huitzilac. Foto: E.M. Gallegos-Neyra.



Figura 6. Vista de otra ameba de vida libre, pero en este caso se trata de *Arcella discoides* (Rhizopoda) de Huitzilac. Foto: E.M. Gallegos-Neyra.

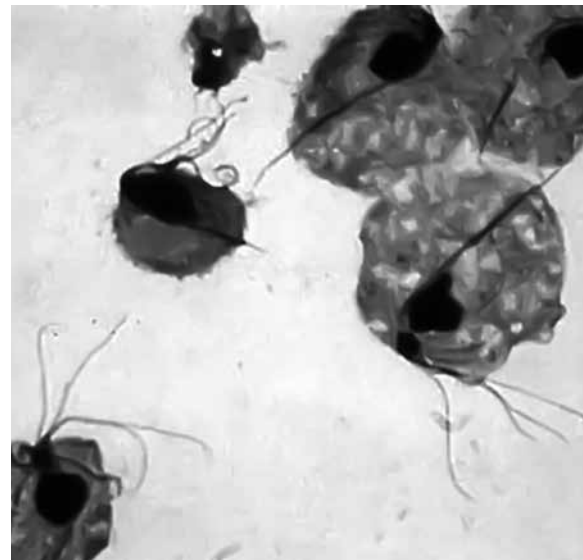


Figura 7. *Trichomonas vaginalis* (Parabasala). Foto: V.M. Romero-Niembro modificada de Carrada-Bravo 2006.

(López-Ochoterena y Rouré-Cane 1970). De hecho, especies de *Colpoda* ya habían sido registradas en suelo por Foissner (1987), por lo que el género es frecuente en este ambiente.

La variación de la riqueza de especies entre municipios es resultado tanto de disponibilidad y variedad de ambientes para los protistas, como del esfuerzo diferencial de muestreo hecho en cada uno de ellos.

A partir del registro de especies, se sabe que el estudio de la biodiversidad de protistas en Morelos abarca un periodo de alrededor de 75 años (Hegner 1940, Mendoza-Rodríguez 2015). A pesar de ello, no se cuenta con estudios que documenten la variación y sucesión de especies que conforman las comunidades en los distintos tipos de hábitats del estado.





**Figura 8.** Par de individuos de *Euplotes trisulcatus* (Ciliophora), un nuevo registro del municipio de Totolapan. Foto: F. Olvera-Bautista.

Las especies de vida libre han sido registradas en ambientes dulceacuícolas, como lagos, acuíferos subterráneos y, en menor medida, en ambientes terrestres representados por suelo y un arrozal (cuadro 2; López-Ochoterena y Rouré-Cané 1970).

La probabilidad de que la diversidad de protistas haya sido registrada parcialmente es muy alta, debido a que en un poco más de 30% de los municipios no se cuenta con ningún dato y en varios solamente hay entre una y 10 especies (figura 1), mientras que 46% de las especies sólo se registraron en un municipio.

Algunos biotopos que no se consideraron en el estudio de la biodiversidad de los grupos de protistas son las cuevas, ríos, fitotelmata<sup>8</sup> y musgos, por mencionar algunos ejemplos. Estos datos sugieren la necesidad de impulsar el estudio de los protistas para ampliar el conocimiento de su biodiversidad.

## Importancia

Ecológicamente, las especies de vida libre son importantes debido a que se relacionan directamente con las tramas tróficas del hábitat donde se localizan. Por ejemplo, los ciliados son bioindicadores potenciales de la calidad del agua (Foissner 1988) y en sistemas de

tratamiento de aguas residuales, los peritricos son el grupo más importante al eliminar la turbidez del agua por su actividad filtradora (Curds *et al.* 1968).

Las parasitosis causadas por protistas, así como la transmisión humano-humano y humano-animales constituyen un problema que repercute en la salud pública y en animales de relevancia veterinaria, pecuaria y silvestre; lo cual influye de manera negativa en el desarrollo económico de estas actividades (Thompson *et al.* 2010, Fletcher *et al.* 2012).

En Morelos, las amebas pertenecientes a los géneros *Acanthamoeba*, *Hartmannella* y *Filamoeba* se encuentran como formas de vida libre que habitan cuerpos de agua (Ramírez-Flores *et al.* 2009a, b). Sin embargo, estos organismos tienen potencial patógeno como parásitos oportunistas y facultativos (Gallegos-Neyra *et al.* 2014).

Las especies de los géneros *Acanthamoeba*, *Hartmannella*, *Vannella* y *Vahlkampfia*, adquieren relevancia médica ya que destacan por causar infecciones cerebrales y oculares en humanos (Centeno *et al.* 1996, Ramírez-Flores *et al.* 2009a).

A nivel nacional, la amebiasis intestinal afecta entre 10 y 20% de la población (Becerril-Flores 2011) y en Morelos se cuentan con registros de algunas amebas relacionadas con la afección. Por tal motivo, es importante continuar y detallar los estudios que aborden la diversidad, distribución, variación y patogenicidad de estos protistas parásitos.

Asimismo, en el estado se reportan géneros de ciliados, apicomplexos, flagelados y microsporideos como *Balantidium*, *Eimeria*, *Plasmodium*, *Toxoplasma*, *Trypanosoma*, *Giardia*, *Trichomonas* y *Nosema* que parasitan humanos y animales domésticos y silvestres (Beltrán 1942a, b, Estrada-López 1965, Ayala 1978, Rojas-Ramírez *et al.* 1992, Carrada-Bravo 2006, Guzmán-Novoa *et al.* 2011, Méndez-Bernal *et al.* 2011, Otero-Negrete *et al.* 2011).

En conjunto, las especies que habitan la cavidad intestinal son los que más registros presentan en el estado. De acuerdo con Baldursson y Karanis (2011), Snow *et al.* (2005) y Fletcher *et al.* (2012), la distribución de los protistas parásitos se relaciona con el grado de desarrollo de la región, el grupo taxonómico y el sitio de infección. A su vez, se sabe que son más comunes las afecciones entéricas causadas por estos protistas.

<sup>8</sup> Depósitos de agua en cavidades de plantas como bromelias y bambú.

Las especies del género *Entodinium* habitan en el rumen de especies de importancia veterinaria, e interfieren en la absorción de proteínas de sus hospederos (Ivan *et al.* 2000).

Por otra parte, los parásitos del género *Eimeria* tienen importancia en la avicultura al causar pérdidas económicas de consideración, lo cual cobra relevancia particular para el estado, pues estos parásitos se han registrado en 12 municipios (más de 30% de los que posee el estado).

Por último, *Trypanosoma cruzi*, causante del mal de Chagas, se ha registrado en 13 municipios del estado. Se trata de una especie cuyo ciclo de vida incluye un insecto hematófago, y que representa un problema potencial de salud. De acuerdo con Zingales *et al.* (2012), la enfermedad de Chagas es una de las más importantes en América Latina por las serias consecuencias a la salud pública y a la economía.

## Conclusiones y recomendaciones

El conocimiento de los protistas heterótrofos de la entidad es aún parcial. Se requiere impulsar proyectos de conservación y manejo, con estrategias para mantener cuerpos de agua y humedales, y preservar las especies de vida libre, ya que es importante conocer cómo el cambio en los hábitats (cuerpos de agua y suelo) puede afectar la composición de las comunidades que juegan un papel importante en las tramas tróficas.

En el caso de las especies patógenas y potencialmente patógenas, la localización de zonas de riesgo y de sus hospederos silvestres y domésticos tiene una importancia vital, ya que tales acciones permitirán el control de la transmisión de enfermedades de importancia médica y veterinaria, así como proponer a la población estrategias de prevención eficaces.

## Agradecimientos.

A la CONABIO por el apoyo al proyecto CAT KT003 "Protistas ciliados y flagelados heterótrofos". A la Dra. Elvia M. Gallegos-Neyra (FES-Iztacala-UNAM) por brindar información y fotografías.

## Referencias

Aladro-Lubel, M.A., M.E. Martínez-Murillo y R. Mayén-Estrada. 1987. Lista de los ciliados bentónicos salobres y marinos registrados

en México. *Anales del Instituto de Biología-UNAM Serie Zoología* 58:403-448.

—. 1990. *Manual de ciliados psamófilos marinos y salobres de México*. Instituto de Biología-UNAM, México.

Aladro-Lubel, M.A., R. Mayén-Estrada y M. Reyes-Santos. 2006. *Listados faunísticos de México: Registro actualizado de ciliados*. Vol. XI. Instituto de Biología-UNAM, México.

Anderson, R., E. Elliott, J. McClellan *et al.* 1979. Trophic interactions in soils as they affect energy and nutrient dynamics. III. Biotic interactions of bacteria, amoebae, and nematodes. *Microbial Ecology* 4:361-371.

Arévalo-Trejar, R.E. 1967. *Sistemática y morfología de algunas especies de protozoarios edafícolas aislados de un tipo de suelo de ando, del estado de Morelos, México*. Tesis de licenciatura en biología. Facultad de Ciencias-UNAM, México.

Ayala, S.C. 1978. Checklist, host index, and annotated bibliography of *Plasmodium* from reptiles. *Journal of Protozoology* 25:87-100.

Baldursson, S. y P. Karanis. 2011. Waterborne transmission of protozoa parasites: review of worldwide outbreaks—An update 2004-2010. *Water Research* 45:6603-6614.

Becerril-Flores, M.A. 2011. Amibiasis. En: *Parasitología Médica*. M.A. Becerril-Flores (ed.). Mc Graw Hill Interamericana, España, pp. 21-29.

Beltrán, E. 1942a. La balantidiosis en México. *Gaceta Médica de México* 72:288-301.

—. 1942b. Protozoarios intestinales del hombre en la república mexicana. *Revista del Instituto de Salubridad y Enfermedades Tropicales* 3:161-167.

Carrada-Bravo, T. 2006. Trichomoniasis vaginal: informe de un caso y revisión de la literatura. *Revista Mexicana de Patología Clínica* 53:151-156.

Centeno, M., F. Rivera, L. Cerva *et al.* 1996. *Hartmannella vermiformis* isolated from the cerebrospinal fluid of a young male patient with meningoencephalitis and bronchopneumonia. *Archives of Medical Research* 27:579-586.

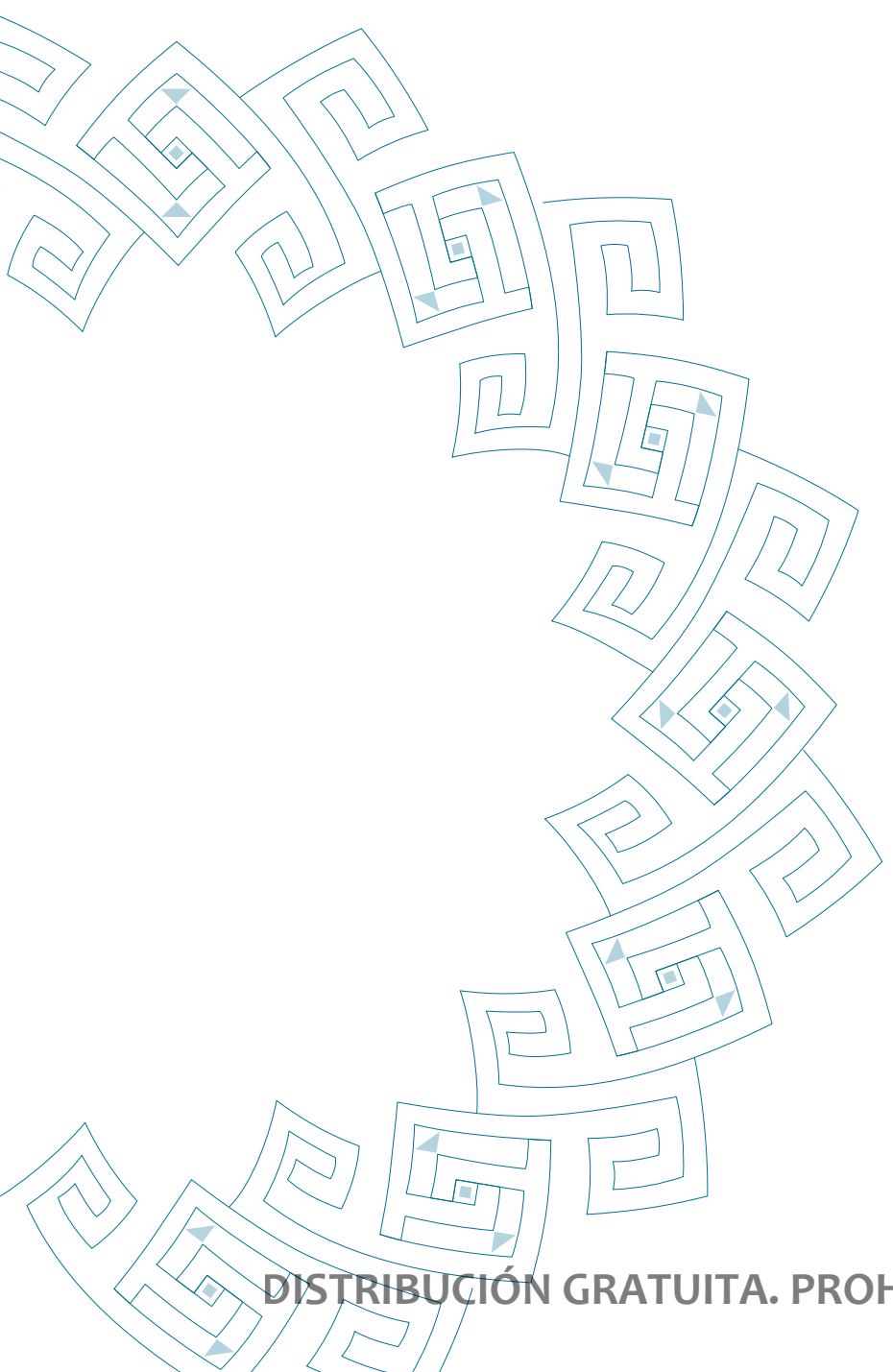
Corliss, J.O. 1994. An interim utilitarian (user-friendly) hierarchical classification and characterization of the protists. *Acta Protozoologica* 33:1-51.

Curds, C., A. Cockburn y J. Vandyke. 1968. An experimental study of the role of the ciliated protozoa in the activated sludge process. *Water Pollution Control* 67:312-329.

Estrada-López, D. 1965. *Aislamiento e identificación del Trypanosoma cruzi, agente etiológico de la tripanosomiasis o enfermedad de Chagas, en el estado de Morelos*. Tesis de licenciatura de médico cirujano y partero. Facultad de Medicina-UAEMEX, México.

Fletcher, S.M., D. Stark, J. Harkness y J. Ellis. 2012. Enteric protozoa in the developed world: a public health perspective. *Clinical Microbiology Reviews* 25(3):420-449.

- Foissner, W. 1987. Soil protozoa: Fundamental problems, ecological significance, adaptations in ciliates and testaceans, bioindicators, and guide to the literature. *Progress in Protistology* 2:69-212.
- . 1988. Taxonomic and nomenclatural revision of Sládeček's list of ciliates (Protozoa: Ciliophora) as indicators of water quality. *Hydrobiologia* 166:1-64.
- Gallegos-Neyra, E.M., A. Lugo-Vázquez, A. Calderón-Vega et al. 2014. Biodiversidad de protistas amébidos de vida libre en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85(Supl.): S10-S25.
- Guzmán-Novoa, E., M.M. Hamiduzzaman, M.E. Arechavaleta-Velasco et al. 2011. *Nosema ceranae* has parasitized africanized honey bees in Mexico since at least 2004. *Journal of Apicultural Research* 50:167-169.
- Hausmann, K., N. Hülsmann y R. Radek. 2003. *Protistology*. Schweizerbart'sche, Berlín.
- Hegner, R. 1940. *Nyctotherus beltrani* n. sp., a ciliate from an iguana. *Journal of Parasitology* 26(4):315-317.
- Hegner, R. y R. Hewitt. 1940. A new genus and new species of amoeba from Mexican lizards. *Journal of Parasitology* 26:319-321.
- Ivan, M., L. Neill, R. Forster et al. 2000. Effects of *Isotricha*, *Dasytricha*, *Entodinium*, and total fauna on ruminal fermentation and duodenal flow in wethers fed different diets. *Journal of Dairy Science* 83:776-787.
- Lee, J.J., S.H. Hutner y E.C. Bovee (eds.). 1985. *An Illustrated guide to the Protozoa*. Vol. 1. Society of Protozoologists, Kansas.
- Lee, J.J., G.F. Leedale y P. Bradbury (eds.). 2000. *An Illustrated guide to the Protozoa*. Vol. 2. Society of Protozoologists, Kansas.
- López-Ochoterena, E., L. Corrales y R. Pérez-Reyes. 1966. Protozoarios ciliados de México xi. Algunas consideraciones sobre el aparato bucal de *Colpoda steinii* Maupas, 1883 (Ciliatea, Trichostomatida) con referencia a su posible filogenia. *Revista Latinoamericana de Microbiología y Parasitología* 8:89-92.
- López-Ochoterena, E. y E. Roure-Cané. 1970. Lista taxonómica comentada de protozoarios de vida libre de México. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural* 31:23-68.
- Lynn, D.H. 2008. *The Ciliated Protozoa: Characterization, classification, and guide to the literature*. Springer, Dordrecht.
- Madrazo-Garibay, M. y E. López-Ochoterena. 1982. Segunda lista taxonómica comentada de protozoarios de vida libre de México. *Revista Latinoamericana de Microbiología* 24:281-295.
- Mayén-Estrada, R., C. Durán-Ramírez, V. Romero-Niembro et al. 2016. Mexican geographic distribution of *Balantidium coli* (Ciliophora: Litostomatea: Balantidiidae) and some notes of Latin American balantidiosis. *Revista Brasileira de Zootecias* 17(1):132-139.
- Mayén-Estrada, R., M. Reyes-Santos y M.E. Vicencio-Aguilar. 2014a. Biodiversidad de protistas (Flagelados Heterótrofos) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85(Supl.):S26-S33.
- Mayén-Estrada, R., M. Reyes-Santos y R. Aguilar-Aguilar. 2014b. Biodiversidad de Ciliophora en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85(Supl.):S34-S43.
- Méndez-Bernal, A., I. Martínez-Ramos, B. Saucedo-Garnica y J. Ramírez-Lezama. 2011. Toxoplasmosis en una colonia de monos ardilla (*Saimiri sciureus*) en cautiverio en Cuernavaca, Morelos, México. *Veterinaria México* 42:115-123.
- Mendoza-Rodríguez, M.I. 2015. *Caracterización biológica y bioquímica de cuatro aislados de Trypanosoma cruzi*. Tesis de licenciatura en química farmacéutico biológica. Facultad de Química-UNAM, México.
- Otero-Negrete, J.J., F. Ibarra-Velarde, M.N. Martínez-Gordillo y M. Ponce-Macotela. 2011. Prevalencia de *Giardia intestinalis* y predominio de genotipos zoonóticos en ovinos y bovinos de traspatio de cinco estados de la República Mexicana. *Veterinaria México* 42:219-226.
- Page, F. 1988. *A new key to freshwater and soil gymnamoebae*. Freshwater Biological Association, Ambleside.
- Patterson, D.J. y J. Larsen (eds.). 1991. *The biology of free-living heterotrophic flagellates*. The Systematics Association/Clarendon Press, Oxford.
- Ramírez-Flores, E., E. Robles-Valderrama, M.G. Sainz-Morales et al. 2009a. Coliformes y amibas de vida libre presentes en agua subterránea. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales* 5(2):98-105.
- . 2009b. Calidad microbiológica del acuífero de Zacatepec, Morelos, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 25:247-255.
- Rojas-Ramírez, E., L. Trejo-Castro, I. Hernández-Giles et al. 1992. Frecuencia y patogenicidad de *Eimeria* spp. en pollos de engorda de doce granjas en el Estado de Morelos. *Técnica Pecuaria en México* 30:37-40.
- Santiago-Fragoso, S. 1969. *Estudio de algunos protozoarios recolectados en plantíos de arroz del estado de Morelos*. Tesis de licenciatura en biología. Facultad de Ciencias-UNAM, México.
- Snow, R.W., C.A. Guerra, A.M. Noor et al. 2005. The global distribution of clinical episodes of *Plasmodium falciparum* malaria. *Nature* 434:214-217.
- Thompson, R.C.A., A.J. Lymbery y A. Smith. 2010. Parasites, emerging disease and wildlife conservation. *International Journal for Parasitology* 40:1163-1170.
- Zingales, B., M.A. Miles, D.A. Campbell et al. 2012. The revised *Trypanosoma cruzi* subspecific nomenclature: Rationale, epidemiological relevance and research applications. *Infection, Genetics and Evolution* 12:240-253.



**DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA**

# Moluscos continentales (Mollusca)

Gerardo Magaña Amador y Edna Naranjo García

## Introducción

Los moluscos (del latín *mollis*, blando) son animales invertebrados de cuerpo blando, cubierto por una membrana (llamada manto), la cual segrega una sustancia calcárea que forma la concha. Presentan una cabeza y un pie muscular ventral, con la excepción de los bivalvos (clase Bivalvia, como las almejas y los ostiones), que tienen un órgano raspador llamado rádula que usan para rasgar su alimento (Brusca y Brusca 2005, Haszprunar y Wanninger 2012, Springer y Holley 2013).

El *phylum* Mollusca comprende ocho clases, pero en los ambientes continentales existen exclusivamente dos: la clase Gastropoda (caracoles y babosas) que es la más diversa, y Bivalvia (almejas dulceacuícolas; Haszprunar y Wanninger 2012).

## Antecedentes

En sus inicios, el estudio de los moluscos continentales en México lo desarrollaron científicos extranjeros, principalmente estadounidenses y europeos. Este hecho se refleja en las exploraciones realizadas en la segunda mitad del siglo XIX, donde los ejemplares se enviaron a diversos taxónomos, quienes elaboraron los primeros inventarios importantes (p.e. Fischer y Crosse 1870-1902, Von Martens 1890-1901, Strebel 1873-1878, Strebel y Pfeffer 1878-1882, Díaz de León 1912). Además, se describieron nuevas especies en múltiples publicaciones generalmente extranjeras (Naranjo-García 2003a).

Sin embargo, la conchiliología (el estudio de las conchas) de moluscos continentales mexicanos comenzó a partir del siglo XVII por parte de Martin Lister, quien hace los primeros registros (Naranjo-García 2003a).

Posteriormente, a finales del siglo XIX se iniciaron investigaciones por mexicanos en esta área, y en el siglo XX, entre los años veinte y cincuenta, se realizaron algunos trabajos (Contreras 1923, Ancona 1940, 1947). Es hasta después de 1980 cuando surge la investigación formal de este tipo de animales.

En la actualidad los moluscos continentales se mantienen como un grupo poco estudiado, en gran medida por la creencia de que su estudio es complejo, por ser comercialmente menos importantes que sus representantes marinos y por su pequeño tamaño, pues en su mayoría tienen menos de 5 mm (Solem 1974).

Morelos es ejemplo de las zonas que carecen de un listado reciente. Algunos de los recolectores de moluscos en el estado fueron M.A. Boucard (Fischer y Crosse 1870-1902), H. Höge. (entre 1879 y 1880) y F.D. Godman (de 1887 a 1888; Von Martens 1890-1901).

En 1890 se realizó una expedición a México por parte de la Academy of Natural Sciences of Philadelphia (cuyos colectores eran Angelo Heilprin, Witmer Stone, J.E. Ives, F.C. Baker y Roberts Le Boutillier; Pilsbry 1891), la cual incluyó una visita al municipio de Yautepec.

Por su parte, Joshua L. Baily visitó Morelos en 1931 (Pilsbry 1937-1935). Después, Paraense y Correa (1988) realizaron un trabajo sobre fertilización de *Planorbella* (*Pierosoma*) *trivolis* (= *Helisoma* *trivolis*) del lago de Zempoala; mientras Paraense (1994) estudió ejemplares de *Stagnicola elodes* (= *Lymnaea elodes*) de la laguna de Quila, Zempoala.

El estudio de los moluscos de Morelos tomó impulso cuando se investigaron aspectos de sanidad animal en el estado, tal como fue el caso de los estudios de Amaya-Huerta y Almeyda-Artigas (1994), Amaya-Huerta (1995), Figueroa-Castillo (1995), Gaxiola-Camacho (1997), Scholz y Salgado-Maldonado (2000) y Huesca Guillén (2002).

Magaña-Amador, G. y E. Naranjo-García. 2020. Moluscos continentales (Mollusca). En: *La biodiversidad en Morelos. Estudio de Estado* 2. Vol. II. CONABIO, México, pp. 37-43.

## Diversidad y distribución

Los moluscos son numerosos y constituyen el segundo grupo biológico más diverso, después de los artrópodos (Haszprunar y Wanninger 2012). Se trata de un grupo que comprende cerca de 100 mil especies, pero se calcula que aún existen muchos más por descubrir (Haszprunar y Wanninger 2012). También es diverso en cuanto a los tipos de hábitats que ocupa, que van desde los ambientes marinos hasta los continentales (terrestres y de agua dulce) e incluyen los desiertos y las zonas polares (Baquero *et al.* 2007), y en un gradiente vertical que va de los abismos, a gran profundidad en los océanos, hasta miles de metros sobre el nivel del mar (Haszprunar y Wanninger 2012).

Hasta donde se conoce, son pocas las especies que México comparte con Guatemala, Belice y Estados Unidos de América (Naranjo-García 1993, Thompson 2011), lo cual sugiere la existencia de muchas especies endémicas (exclusivas del país).

En Morelos los moluscos están representados por 32 especies, más 16 no identificadas (algunas quizá nuevas para la ciencia), todas ellas pertenecientes a dos clases, seis órdenes, 22 familias y 35 géneros (apéndice 19). Nueve de las especies registradas son introducidas: cinco terrestres (*Gastrocopta servilis*, *Sarasinula plebeia*, *Deroceras laeve*, *Cornu aspersum* y *Rumina decollata*; figura 1) y cuatro acuáticas (*Melanoides tuberculata*, *Pseudosuccinea columella*, *Pomacea flagellata* y *Corbicula fluminea*). *P. flagellata* fue trasladada de los cuerpos de agua de la vertiente del golfo de México a la del Pacífico, en tanto que *C. fluminea* es de origen asiático.

De los 48 *taxa* de moluscos en Morelos, 17 son de agua dulce (16 gasterópodos y un bivalvo). Los gasterópodos de las familias Cochliopidae y Ancyliidae se pueden observar en el fondo de los cuerpos de agua sobre tejidos vegetales sumergidos, en tanto que las almejas se refugian a algunos centímetros bajo el sedimento del fondo, y los gasterópodos pulmonados de agua dulce de las familias Planorbidae, Lymnaeidae y Physidae viven sobre troncos, rocas y hojas muertas que flotan en la superficie.

Los cocliópodos en general habitan en diversos hábitats acuáticos, como lagos, arroyos, manantiales y ríos (Hershler y Thompson 1992). Por ejemplo, *Tepalcattia bakeri* es una especie endémica del estado, descubierta a las orillas de un arroyo que corría al este de Yau-tepec (Pilsbry 1891).



Figura 1. Caracol terrestre (*Rumina decollata*), gasterópodo introducido originario del norte de África y sur de Europa. Foto: Yazael Hernández Mancillas.

Las restantes 30 especies de moluscos del estado, son terrestres y todas son gasterópodos. Algunos de ellos están aún relacionados a los cuerpos de agua, se les puede encontrar a sus orillas sobre vegetación flotante, troncos, hojas muertas o rocas.

Hay especies que son arborícolas y otras más pueden encontrarse bajo la hojarasca. Por ejemplo, es posible que *Pupisoma (Ptychopatala) bailyi*, una especie registrada únicamente en Morelos (Pilsbry 1927-1935), viva entre el detrito y la hojarasca bajo la sombra, así como en oquedades cerca de los troncos de los árboles, tal como lo hacen otras especies del género. Por su parte, a *Coelostemma (Coelostemma) leucostoma* se le conoce únicamente del sitio arqueológico de Xochicalco (Thompson 1971).

## Importancia

Los moluscos continentales forman parte de las redes tróficas y tienen un papel importante en los ecosistemas como formadores de suelo y desintegradores de la materia orgánica (Naranjo-García 2003d). Estos animales son buenos indicadores de la calidad del agua y el suelo debido a su abundancia, facilidad de colecta, hábito sedentario, longevidad y resistencia a las variaciones en las condiciones ambientales (Naranjo-García y Meza-Meneses 2000, Naranjo-García 2003b, c, d).

Los moluscos acuáticos bentónicos (que habitan en el fondo) son buenos indicadores de la calidad del agua.

En particular, los de las familias Physidae, Lymnaeidae y Planorbidae son tolerantes a la contaminación (Naranjo-García 2003c), hecho que es posible debido a que obtienen el oxígeno del aire y no se ven tan afectados por la contaminación ni por las bajas concentraciones de oxígeno del agua (Appleton 2003).

En este sentido, las comunidades de moluscos cambian en respuesta a las descargas de aguas negras vertidas en hábitats acuáticos, pues las especies sensibles son desplazadas por aquellas que son más tolerantes (Naranjo-García y Meza-Meneses 2000).

Por otra parte, los gasterópodos actúan como hospederos intermediarios en el ciclo de vida de algunos parásitos del ser humano y de la fauna doméstica y silvestre (Haszprunar y Wanninger 2012). Este es el caso del caracol exótico *Melanoides tuberculata*, presente en Las Estacas, que es un hospedero intermediario del gusano parásito *Centrocestus formosanus*, que afecta a peces, anfibios y aves, y en laboratorio se ha logrado que infeste pollos y ratones al alimentarlos con moluscos portadores (Amaya-Huerta y Almeyda-Artigas 1994, Amaya-Huerta 1995, Scholz y Salgado-Maldonado 2000).

En el caso de los gasterópodos terrestres como *Polygyra* sp., *Deroceas laeve*, *Succinea* sp., *Glyphyalinia* sp. y *Omphalina* sp. de las localidades de Tetecalita y Tepetzingo, éstos son hospederos intermediarios del nematodo parásito *Muellerius capillaris* que infesta los pulmones de las cabras (Figuroa-Castillo 1995, Gaxiola-Camacho 1997).

Para combatir la incidencia de los parásitos, se ha buscado la reducción poblacional de los moluscos portadores. Una estrategia para ello es la introducción de gasterópodos no portadores que compitan por espacio y alimento con los que sí pueden hospedar parásitos (Pointier 2001).

Muchas especies de moluscos son comestibles y constituyen una fuente rica de alimento para la humanidad desde hace al menos 7 mil años (Cannon y Burchell 2009, Kennett *et al.* 2011), pues son ricos en proteínas y minerales, y tienen bajo contenido de grasas insaturadas (Murphy 2001, Martindale *et al.* 2009, Melo *et al.* 2011).

La mayoría de las especies comestibles de moluscos continentales son bivalvos y sólo unas cuantas son gasterópodos (p.e. los géneros dulceacuícolas *Pomacea* y *Pachychilus*). Las especies más utilizadas como alimento en México son los caracoles manzana *Pomacea catemacensis* y *P. flagellata* (figura 2; Iriarte-Rodríguez y Mendoza-Carranza 2007).



Figura 2. Caracol manzana (*Pomacea flagellata*), gasterópodo de importancia alimentaria. Foto: Patricia Ramírez Bastida/Banco de imágenes CONABIO.

## Situación y estado de conservación

Las especies registradas en el estado, no se encuentran bajo alguna categoría de riesgo en la NOM-059 (SEMARNAT 2010), ni en la CITES (2015). No obstante, el estado de conservación de los moluscos de Morelos aún se desconoce, así como una gran parte de su riqueza (Magaña-Amador 2014).

Por otro lado, se debe recalcar el hecho de que los moluscos son sensibles a los cambios en el medio ambiente (Naranjo-García y Meza-Meneses 2000), por lo que son vulnerables ante diferentes factores de presión. Esta sensibilidad es patente, de acuerdo con lo que indica Thompson (2011), quien sugiere que *Cylindrella pilocerei*, un gasterópodo encontrado únicamente en Cuautla en el siglo XIX, muy probablemente ya está extinto.

## Factores de presión

A pesar de ser uno de los grupos más exitosos a lo largo de la historia de la vida en la Tierra, la mayoría de los moluscos continentales se encuentran en riesgo, situación que se ocasiona por la destrucción de su hábitat, la introducción de especies invasoras, la contaminación de cuerpos de agua y suelos, así como por los efectos del cambio climático (Baqueiro *et al.* 2007, Naranjo-García y Olivera-Carrasco 2014).

La destrucción de los hábitats de los moluscos se debe a los procesos de urbanización, deforestación, extracción de madera, pastoreo del ganado (Hernández-Flores *et al.* 2016), agricultura e industrialización.

Específicamente, el caracol exótico *Melanoidea tuberculata* tiene la capacidad de desplazar a otras especies de moluscos nativos y endémicos (figura 3; Cruz-Ascencio *et al.* 2003).

Del mismo modo, los gasterópodos terrestres introducidos *S. plebeia*, *D. laeve* y *C. aspersa* pueden llegar a convertirse en serias plagas de huertos familiares y cultivos agrícolas (Naranjo-García *et al.* 2007, Naranjo-García y Castillo-Rodríguez 2017), y cuando el caracol exótico *Corbicula fluminea* se registra en grandes números, provoca tales cambios en la calidad del agua que puede afectar de manera adversa a las especies nativas (Boltovskoy *et al.* 1995).

Gran parte de los procesos de deterioro ambiental en el estado se relacionan con el crecimiento desmedido de la población humana y el vertido de aguas negras (que



Figura 3. Ejemplares de la especie *Melanoidea tuberculata*, que es un caracol acuático invasivo originario de Asia. Foto: Evania Gondium.

incluye la que desechan los ingenios) a los hábitats acuáticos (Magaña-Amador 2014, Eufrazio-Torres *et al.* 2016).

## Acciones de conservación

Es necesario generar conocimiento sobre la diversidad y biología de moluscos continentales y difundir esa información. Sosa y De-Nova (2012) encontraron que uno de los sitios prioritarios de conservación es la zona de clima seco con vegetación xerófila que se encuentra en la depresión del río Balsas. En esa región es posible que se encuentren especies endémicas y desconocidas para la ciencia.

Asimismo, la protección de los diversos ecosistemas naturales del estado bajo el estatus de áreas naturales protegidas puede permitir la conservación de su malacofauna (fauna de moluscos), con lo cual se puede proteger, además a otros elementos de su biota (Longar-Blanco y Bautista-Baños 2002).

Es necesario promover el cuidado y recuperación de los cuerpos de agua. En particular, se debe impedir que se liberen productos agroquímicos tóxicos al ambiente, los cuales suelen terminar en los cuerpos de agua.

También se debe tener precaución al utilizar especies exóticas para fines de control biológico. Por ejemplo, la introducción del caracol *M. tuberculata* en el Caribe con



el fin de regular las poblaciones de caracoles portadores de parásitos (Pointier 2001) permitió su dispersión a una gran porción de los cuerpos de agua del estado.

## Conclusiones y recomendaciones

El conocimiento de los moluscos continentales de Morelos es escaso. Gran parte de las especies conocidas hasta ahora fueron colectadas por extranjeros, y la mayoría de los estudios realizados se han enfocado a los parásitos que estos invertebrados transmiten. En consecuencia, prácticamente todo el estado está inexplorado en su malacofauna.

Se recomienda priorizar la protección de los moluscos del río Amacuzac, donde actualmente se pescan almejas, así como los de la depresión del Balsas (Eufrazio-Torres *et al.* 2016). También deben realizarse recolectas por todo el estado, sobre todo en la región del Balsas.

En la actualidad, las medidas directas de conservación de la malacofauna en Morelos son inexistentes. Se sugiere protegerlos mediante el incremento del número y extensión de las áreas naturales protegidas, de manera que se conserve al menos cada uno de los tipos de ecosistemas que se extienden por el estado.

Asimismo, se recomienda llevar a cabo labores de restauración ecológica de los cuerpos de agua contaminados y reducir la destrucción de los hábitats terrestres y de agua dulce, así como impedir la introducción de especies exóticas, sobre todo de aquéllas que son capaces de transmitir parásitos.

## Agradecimientos

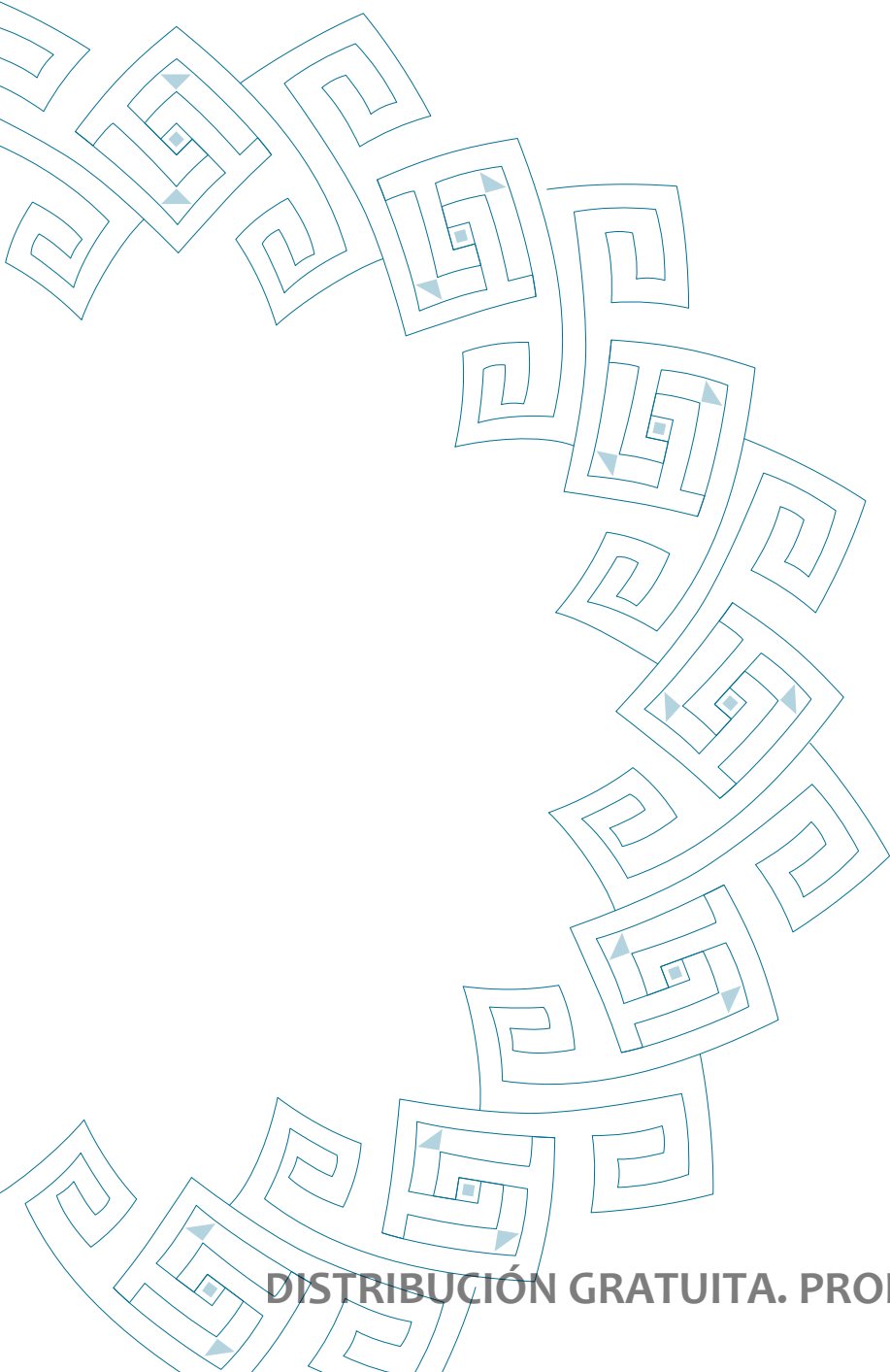
Agradecemos a Laura Cárdenas y al banco de imágenes CONABIO por facilitarnos una de las fotos que ilustran este trabajo, así como a Ariana Romero Mata, Luis Enrique Juárez Sotelo y Melisa Medina Alvarado por su apoyo técnico en diversos aspectos que incluyeron la búsqueda de información y del material fotográfico para ilustrar esta contribución.

## Referencias

- Amaya-Huerta, D. 1995. *Algunos aspectos de la transmisión y dispersión de Centrocestus formosanus (Trematoda: Centrocestinae) en el Estado de Morelos, México*. Tesis de maestría en biología animal. Facultad de Ciencias-UNAM, México.
- Amaya-Huerta, D. y R.J. Almeyda-Artigas. 1994. Confirmation of *Centrocestus formosanus* (Nishigori, 1924) Price, 1932 (Trematoda: Heterophyidae) in Mexico. *Research and Reviews in Parasitology* 54:99-103.
- Ancona, I. 1940. Nota de los moluscos del Lago de Pátzcuaro y regiones vecinas. *Anales del Instituto de Biología-UNAM* 11:477-479.
- . 1947. Moluscos del Distrito Federal. *Anales del Instituto de Biología-UNAM* 18:151-158.
- Appleton, C.C. 2003. Alien and invasive fresh water Gastropoda in South Africa. *African Journal of Aquatic Science* 28:69-81.
- Baqueiro, C.E., L. Borabe, I.C. Goldoracena y N.O.J. Rodríguez. 2007. Los moluscos y la contaminación. Una revisión. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 78(Supl.):S1-S7.
- Boltovskoy, D., I. Izaguirre y N. Correa. 1995. Feeding selectivity of *Corbicula fluminea* (Bivalvia) on natural phytoplankton. *Hydrobiologia* 312:171-182.
- Brusca, C. y J. Brusca. 2005. *Invertebrados*. McGraw-Hill/Interamericana, México.
- Cannon, A. y M. Burchell. 2009. Clam growth-stage profiles as a measure of harvest intensity and resource management on the central coast of British Columbia. *Journal of Archaeological Science* 36:1050-1060.
- CITES. Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. 2015. *Apéndices I, II y III. Secretaría de la CITES*. En: <<http://www.cites.org/esp/app/appendices.php>>, última consulta: 15 de febrero de 2018.
- Contreras, F. 1923. *Glandina herrerae* sp. n. *Boletín de la Sociedad de Estudios Biológicos* 1(2):13-14.
- Cruz-Ascencio, M., R. Florido, A. Contreras-Arquieta y A.J. Sánchez. 2003. Registro del caracol exótico *Thiara (Melanoides) tuberculata* (Müller, 1774) (Gastropoda: Thiariidae) en Reserva de Biosfera Pantanos de Centla. *Universidad y Ciencia* 19:101-103.
- Díaz de León, J. 1912. Mollusca. Catalogus molluscarum mexicanae republicae hucusque descripta. *La Naturaleza* 1(4):13-143.
- Eufrazio-Torres, A.E., E.V. Wehncke, X. López-Medellín y B. Maldonado-Almanza. 2016. Fifty years of environmental changes of the Amacuzac riparian ecosystem: a social perceptions and historical ecology approach. *Ethnobiology and Conservation* 5(8):1-35.
- Figueroa-Castillo, J.A. 1995. *Muellerius capillaris* en cabras. *Eliminación de larvas, hospederos intermediarios y su relación con factores climáticos*. Tesis de maestría en ciencias veterinarias. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia-UNAM, México.
- Fischer, P. y H. Crosse. 1870-1902. Études sur les mollusques terrestres et fluviatiles du Mexique et du Guatemala. En: *Mission scientifique au Mexique et dans l'Amérique Centrale. Recherches Zoologiques pour servir à l'Histoire de la Faune de l'Amérique*

- Centrale et du Mexique. Septième Partie, Tome II. M.M. Edwards (ed.). Imprimerie Nationale, París, 1-958.
- Gaxiola-Camacho, S.M. 1997. *Infestación natural por Muellerius capillaris en cabras, moluscos intermediarios y su relación con factores climáticos en Tepetzingo, Morelos, México*. Tesis de maestría en ciencias veterinarias. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia-UNAM, México.
- Haszprunar, G. y A. Wanninger. 2012. Molluscs. *Current Biology* 22:R510-R514.
- Hernández-Flores, J., M. Osorio-Beristain y C. Martínez-Garza. 2016. Ant foraging as an indicator of tropical dry forest restoration. *Environmental Entomology* 45(4):991-994.
- Hershler, R. y F.G. Thompson. 1992. A review of the aquatic gastropod subfamily Cochliopinae (Prosobranchia: Hydrobiidae). *Malacological Review* 55.
- Huesca Guillén, A. 2002. *Infestación experimental de Polygyra sp. como hospedero intermediario de Muellerius capillaris in vitro*. Tesis de maestría en ciencias veterinarias. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia-UNAM, México.
- Iriarte-Rodríguez, F. y M. Mendoza-Carranza. 2007. Validación del cultivo semi-intensivo de caracol tote (*Pomacea flagellata*), en el trópico húmedo. *Revista AquaTIC* 27:16-30.
- Kennett, D.J., B.J. Culleton, B. Voorhies y J.R. Southon. 2011. Bayesian analysis of high-precision AMS <sup>14</sup>C dates from a prehistoric Mexican shellmound. *Radiocarbon* 53(2):245-259.
- Longar-Blanco, P. y S. Bautista-Baños. 2002. Recovery of the tropical fruit biodiversity of the state of Morelos, Mexico. *Proceedings of the International Symposium on Tropical and Subtropical Fruits. Acta Horticulturae* 575:207-210.
- Magaña-Amador, G. 2014. *Gasterópodos de agua dulce del estado de Morelos, México*. Tesis de licenciatura en biología. Facultad de Ciencias Biológicas-UAEM, Cuernavaca.
- Martindale, A., B. Letham, D. McLaren et al. 2009. Mapping of sub-surface shell midden components through percussion coring: examples from the Dundas Islands. *Journal of Archaeological Science* 36:1565-1575.
- Melo, V., T. Quirino, S. Macín et al. 2011. The *Chiton articulatus* source of minerals for human health. *Emirates Journal of Food and Agriculture* 25(6):490-494.
- Murphy, B. 2001. *Breeding and growing snails on a commercial level in Australia*. Australian Government/Rural Industries Research Development Corporation, Kingston.
- Naranjo-García, E. 1993. The land snails of the western coast of Mexico. *Western Society of Malacologists, Annual Report* 26:8-11.
- . 2003a. Historia de la malacología en México con énfasis en la malacología continental. *Revista de Biología Tropical* 51(Supl.3):463-471.
- . 2003b. Moluscos continentales de México: Terrestres. *Revista de Biología Tropical* 51(Supl.3):483-493.
- . 2003c. Moluscos continentales de México: Dulceacuícolas. *Revista de Biología Tropical* 51(Supl.3):495-505.
- . 2003d. Malacofauna de la hojarasca. En: *Ecología del suelo en la selva tropical húmeda de México*. J. Álvarez-Sánchez y E. Naranjo-García (eds.). INECOL/Instituto de Biología-UNAM/Facultad de Ciencias-UNAM, Xalapa, pp. 141-161.
- Naranjo-García, E. y Z.G. Castillo-Rodríguez. 2017. First inventory of the introduced and invasive mollusks in Mexico. *The Nautilus* 131(2):107-126.
- Naranjo-García, E. y G. Meza-Meneses. 2000. Moluscos. En: *Organismos indicadores de la calidad del agua y de la contaminación (bioindicadores)*. G. De la Lanza-Espino, S. Hernández-Pulido y J.L. Carbajal-Pérez (comps.). Plaza y Valdez, México, pp. 309-404.
- Naranjo-García, E. y M.T. Olivera-Carrasco. 2014. Moluscos dulceacuícolas introducidos e invasores. En: *Especies acuáticas invasoras en México*. R. Mendoza y P. Koleff (coords.). CONABIO, México, pp. 337-345.
- Naranjo-García, E., J.W. Thomé y J. Castillejo. 2007. A review of the Veronicellidae from Mexico (Gastropoda: Soleolifera). *Revista Mexicana de Biodiversidad* 78(1):41-50.
- Paraense, W.L. 1994. A Mexican population of *Lymnaea elodes* (Gastropoda: Lymnaeidae). *Malacological Review* 27:5-11.
- Paraense, W.L. y L.R. Correa. 1988. Self-fertilization in the freshwater snails *Helisoma duryi* and *Helisoma trivolvis*. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz* 83(4):405-409.
- Pilsbry, H.A. 1891. Land and fresh-water mollusks collected in Yucatan and Mexico. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia* 43:310-334.
- . 1927-1935. *Manual of conchology*. Vol. xxviii, 2ª serie. Academy of Natural Sciences of Philadelphia, Filadelfia.
- Pointier, J.P. 2001. El control biológico de los moluscos vectores intermediarios de los esquistosomas: el ejemplo de la región Caribe. *Vitae: Academia Biomédica Digital* 8.
- Scholz, T. y G. Salgado-Maldonado. 2000. The introduction and dispersal of *Centrocestus formosanus* (Nishigori, 1924) (Digenea: Heterophyidae) in Mexico: A review. *American Midland Naturalist* 143:185-200.
- SEMARNAT. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. *Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010*. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.
- Solem, A. 1974. *The shell makers, introducing mollusks*. Wiley Interscience Publications, Nueva York.
- Sosa, V. y J.A. De-Nova. 2012. Endemic angiosperm lineages in Mexico: hotspots for conservation. *Acta Botanica Mexicana* 100:293-315.

- Springer, J.T. y D. Holley. 2013. *An introduction to zoology. Investigating the animal world*. Jones y Bartlett Learning, Burlington.
- Strebel, H. 1873-1878. *Beitrag zur Kenntniss der Fauna mexikanischer Land-und Süßwasser-Conchylien*. G.J. Herbst, Hamburgo.
- Strebel, H. y G. Pfeffer. 1878-1882. *Beitrag zur Kenntniss der Fauna mexikanischer Land-und Süßwasser-Conchylien*. G.J. Herbst, Hamburgo.
- Thompson, F.G. 1971. Some Mexican land snails of the genera *Coelostemma* and *Metastoma* (Urocoptidae). *Bulletin of the Florida State Museum* 15:267-302.
- . 2011. An annotated checklist and bibliography of the land and freshwater snails of México and Central America. *Bulletin of the Florida Museum of Natural History* 50:1-299.
- Von Martens, E. 1890-1901. *Biologia Centrali Americana. Land and freshwater Mollusca*. Taylor and Francis Printers, Londres.



**DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA**

# Lombrices de tierra (Annelida)

Carlos Enrique Fragoso González y Patricia Rojas Fernández

## Introducción

Las lombrices de tierra son gusanos segmentados que viven dentro del suelo, preferentemente en ambientes húmedos. Se trata de animales blandos sin endo-esqueleto (como los vertebrados) y sin exo-esqueleto (como los artrópodos), que pertenecen al *phylum* Annelida.

A las lombrices se les clasifica dentro del *subphylum* Euclitellata, clase Clitellata y suborden Crassicitellata, ya que presentan un verdadero clitelo formado por varias capas de células, el cual es una estructura glandular que aparece durante la etapa reproductiva con la función de formar los capullos donde se resguardan los huevos (Dyne y Jamieson 2004, Fragoso y Rojas 2014).

Fragoso (2001) presentó la lista de todas las especies de México e indicó, para cada una de ellas, las entidades en las que se encontraron, los tipos de vegetación asociados y la referencia correspondiente. Posteriormente, Fragoso (2007) actualizó este listado para el número de localidades de cada estado. Fragoso y Rojas (2014)

registraron para Morelos seis especies de lombrices de tierra: dos nativas y cuatro exóticas.

En este trabajo se actualiza el listado de las especies para Morelos, añadiendo varias más que fueron encontradas al revisar la colección de lombrices de tierra del Instituto de Ecología, A.C. (INECOL). Asimismo, se discute el escaso conocimiento del grupo y se mencionan los sitios potenciales a estudiar para encontrar especies nativas.

## Diversidad y distribución

Hasta el momento en Morelos se cuenta con nueve especies registradas (cuadro 1; apéndice 20). A las seis especies registradas en el último listado (las nativas *Protozapotecia koebeli* y *Phoenicodrilus taste* y las exóticas *Amyntas gracilis*, *Dendrodrilus rubidus*, *Lumbricus rubellus* (figura 1) y *Octolasion tyrtaeum*; Fragoso 2007), se añaden tres especies más, todas ellas exóticas (*Aporrectodea rosea*, *Eukerria saltensis* y *Pontoscolex corethrurus*), y localidades

**Cuadro 1.** Lombrices de tierra registradas en Morelos.

Origen	Familia	Especie	Localidad	
Nativas	Acanthodrilidae	<i>Protozapotecia koebeli</i>	No se especifica/Morelos <sup>1</sup>	
	Ocnerodrilidae	<i>Phoenicodrilus taste</i>	No se especifica/Morelos <sup>1</sup>	
Exóticas	Ocnerodrilidae	<i>Eukerria saltensis</i>	Lagunas de Zempoala <sup>4</sup>	
	Megascolecidae	<i>Amyntas gracilis</i>	Cuernavaca <sup>2</sup> y Tepoztlán <sup>4</sup>	
	Rhinodrilidae	<i>Pontoscolex corethrurus</i>	Las Estacas y Tepoztlán <sup>4</sup>	
	Lumbricidae		<i>Dendrodrilus rubidus</i>	Lagunas de Zempoala <sup>4</sup> Tepoztlán <sup>3</sup>
			<i>Aporrectodea rosea</i>	Las Estacas
			<i>Lumbricus rubellus</i>	Lagunas de Zempoala <sup>4</sup> Tepoztlán <sup>3</sup>
			<i>Octolasion tyrtaeum</i>	Lagunas de Zempoala <sup>3</sup> Tepoztlán y Oaxtepec <sup>4</sup>

Fuente: elaboración propia con datos de <sup>1</sup>Eisen 1900, <sup>2</sup>Gates 1982, <sup>3</sup>Fragoso 2001, <sup>4</sup>autores de este capítulo.

Fragoso, C. y P. Rojas. 2020. Lombrices de tierra (Annelida). En: *La biodiversidad en Morelos. Estudio de Estado 2*. Vol. II. CONABIO, México, pp. 45-49.

adicionales para algunas de las especies (apéndice 20). Toda esta información se obtuvo al revisar el material de la colección del Instituto de Ecología, A.C.

Como en la mayoría de los estados del altiplano mexicano, las especies exóticas dominan sobre la fauna nativa, en particular aquellas de la familia Lumbricidae originarias de Europa y el norte de Asia.

De las dos especies nativas de Morelos, *P. koebeli* es de gran interés por ser endémica del estado. Fue descrita por Eisen (1900), quien la ubicó en el género *Diplocardia* subgénero *Naillenia*, debido a la morfología tan característica que presentaba. Posteriormente, Frago y Reynolds (1997) la ubicaron en el género *Protozapotecia*, descrito por James (1993) a partir de dos especies encontradas en la Ciudad de México y en el Estado de México.

Sin embargo, Cervantes *et al.* (2014) encontraron que las especies del género *Zapotecia* y *Protozapotecia* pertenecen al mismo linaje, por lo cual proponen que todas debieran ubicarse en el género *Zapotecia*, aunque será necesaria la confirmación de esto con estudios más finos.

No obstante, desde su descripción hace más de 100 años no se ha vuelto a encontrar a *P. koebeli*, a pesar de que se han registrado otras especies nuevas de este género en los estados de Puebla, Veracruz y Ciudad de México (Frago *et al.* 2017, Cervantes y Frago 2018), mientras que las especies *Protozapotecia aquilonalis* y *P. australis* son relativamente frecuentes en las montañas

orientales y centrales del altiplano y en la planicie costera del norte de Veracruz (Frago 2001, Cervantes 2012).

En la colecta efectuada en septiembre de 1897 por el profesor Albert Koebele (12 individuos, ninguno reproductivo), se hace la descripción original de esta especie y sólo se indica a Morelos como localidad, a una altitud de 1 829-2 134 msnm en la región de los pinares (Eisen 1900). Por la descripción morfológica (8–10 cm de largo, 2 mm de ancho y sin pigmento), se trata de una especie que seguramente vive dentro del suelo.

En total, se tienen 15 registros de lombrices en ocho localidades del estado, concentrados principalmente en la parte norte, en zonas urbanas (Cuernavaca y Oaxtepec) y en la vegetación poco o medianamente perturbada de bosques de pinos y encinos (Lagunas de Zempoala y cerro del Tepozteco, cerca de Tepoztlán). El único registro más sureño corresponde a la parte central del estado, en las orillas de las pozas de Las Estacas, formadas por riachuelos afluentes del río Yautepec. Salvo los registros de especies nativas de principios del siglo xx (sin localidades específicas y ubicados en las zonas de bosques de pinos), los registros restantes corresponden a especies exóticas.

La información existente indica que el estado está prácticamente inexplorado en lo que concierne a este grupo de gusanos.



**Figura 1.** Ejemplar de *Lumbricus rubellus*, que es una especie exótica muy común en los bosques de pino de los parques nacionales Lagunas de Zempoala y El Tepozteco, en el norte del estado. Foto: Carlos Frago.

## Importancia

El papel de las lombrices de tierra es importante en el mantenimiento de la fertilidad de los suelos (Lavelle y Spain 2001), por lo que la presencia de estos organismos en el estado siempre conllevará un beneficio.

Mantener poblaciones elevadas de lombrices terrestres en los suelos de vocación agrícola, tendrá necesariamente un impacto positivo en la fertilidad de éstos. Generalmente, esto ocurrirá independientemente de si se trata de lombrices nativas o exóticas.

Desafortunadamente, en los suelos forestales del estado la fauna nativa es aparentemente cada vez más escasa, sin que a la fecha se hayan llevado a cabo estudios sobre su papel en la dinámica edáfica. Por lo tanto, se considera una prioridad realizar estudios ecológicos y del impacto de estos organismos en los suelos de los bosques del estado.

## Situación y estado de conservación

De las dos especies nativas de Morelos, *P. taste* es muy común en todo el país y no se encuentra en riesgo (Fragoso 2001, 2007), en el caso de *P. koebeli* no se tiene ningún dato acerca del estatus de sus poblaciones y por lo tanto no es posible saber si se encuentra amenazada.

## Factores de presión

Se sabe que en el territorio nacional la destrucción de los bosques y selvas conlleva casi siempre la desaparición de una gran parte de las lombrices de tierra nativas (Fragoso et al. 1999, Fragoso 2007). Dicha situación la aprovechan las lombrices exóticas que, una vez establecidas en estos ambientes, se expanden hacia los bosques no perturbados en donde representan una amenaza para las especies nativas aún presentes.

Si se considera la destrucción continua de los pocos ambientes naturales que quedan en Morelos y el escaso conocimiento de las lombrices de tierra, es probable que la fauna nativa de lombrices esté en un alto riesgo de desaparecer.

## Acciones de conservación

Se considera que las nueve especies de lombrices de tierra registradas hasta el momento en la entidad, representan

una fracción pequeña de las que realmente podrían encontrarse y que con colectas en diversas partes de territorio este número fácilmente podría triplicarse. En la Ciudad de México que tiene una menor superficie, se han registrado 25 especies, la mayoría de ellas exóticas (21 especies; Fragoso y Rojas 2014).

Por su superficie, Morelos es la tercera entidad más pequeña del país (4 941 km<sup>2</sup>), sólo por arriba de la Ciudad de México y el estado de Tlaxcala (Álvarez 2000). A pesar de su tamaño, ésta cuenta con una alta diversidad de ecosistemas que incluye pastizales de alta montaña, bosques fríos de pinos y encinos y selvas tropicales bajas, en gran parte debido a que el estado se encuentra en dos grandes regiones fisiográficas: el Eje Neovolcánico Transversal y la Depresión del Balsas.

Sin embargo, solamente se conserva 14.5% del área cubierta por los ecosistemas naturales, pues la mayoría de la superficie del estado (85.5%) se destina a la ganadería, la agricultura o a zonas urbanas (Anzures-Vázquez et al. 2006). No obstante, por la escasa superficie de vegetación natural es casi seguro se tengan más especies de lombrices, sobre todo exóticas.

Los muestreos en las áreas verdes de las principales ciudades, en los bosques perturbados o reforestados de pinos y encinos de la parte norte y central, así como en los ambientes perturbados de la parte sur (Depresión del Balsas) seguramente revelarán la presencia de más especies exóticas que son comunes en otros estados. Por ejemplo, en las partes templadas es probable que se encuentren *Aporrectodea trapezoides*, *Octolasion cyaneum*, *Dendrobaena octaedra* y *Eiseniella tetraedra*; mientras que en las partes más cálidas estarían *Amyntas corticis*, *Dichogaster bolau*, *Dichogaster affinis* y *Ocnerodrilus occidentalis*.

Sin embargo, el reto será registrar la fauna nativa. Las regiones prioritarias para buscar estas lombrices son las áreas naturales protegidas del estado, en particular:

1. Bosques por arriba de Tetela del Volcán, en las faldas del volcán Popocatepetl (Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatepetl), en donde es probable que se encuentre todavía *P. koebeli* y otras especies nativas registradas en la parte noroccidental y oriental del volcán, como *Zapotecia amecameca* (figura 2) y *Dichogaster eiseni* (Zicsi y Csuzdi 1991, Cervantes 2010, Fragoso y Rojas 2014);
2. Zonas más conservadas de los bosques de abetos (*Abies religiosa*) y pino encino al oeste de



**Figura 2.** *Zapotecia amecamecae*, es una especie nativa común en los volcanes Popocatepetl e Iztaccíhuatl, y que es probable que se encuentre en los bosques de pino del Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatepetl en Morelos. Foto: Carlos Fragosó.

Cuernavaca y Huitzilac (Parque Nacional Lagunas de Zempoala), al norte de Tepozotlán, en la frontera con Milpa Alta (Parque Nacional El Tepozteco) y en la Sierra del Chichinautzin (polígono general).

3. Ambientes que aún se conservan del resto del estado, como los bosques de encinos y las zonas de selvas bajas y medianas del sur (Reserva de la Biósfera Sierra de Huautla).

Aunque no se anticipa el hallazgo de nuevos géneros, sí es muy probable que se encuentren especies nuevas de los géneros nativos *Dichogaster*, *Protozapotecia*, *Zapotecia* y *Zapatadrilus*.

Para conservar las lombrices nativas en las áreas naturales mencionadas y eliminar la introducción adicional de especies exóticas será necesario considerar las siguientes acciones: 1) garantizar el mantenimiento de la vegetación original; 2) llevar a cabo las prácticas de reforestación con plántulas de árboles sembradas en suelo esterilizado; y 3) evitar la introducción de ganado.

## Conclusiones y recomendaciones

La fauna de lombrices de tierra de Morelos está muy poco estudiada, y la situación no es mejor para el caso de las nativas, cuyos últimos registros datan de hace más de 100 años.

Una estrategia para evaluar el riesgo de desaparición de la fauna nativa debe considerar las siguientes etapas: 1) llevar a cabo un muestreo sistemático e intensivo en todo el estado, principalmente en los ambientes más conservados; 2) determinar la identidad de las especies

nativas; 3) evaluar el estatus ecológico de las poblaciones nativas encontradas; y 4) determinar si la fauna exótica está afectando a la fauna nativa.

Estos primeros estudios serán importantes para futuras investigaciones que evalúen el impacto de estos organismos en la fertilidad y dinámica de los ecosistemas naturales y perturbados del estado.

## Agradecimientos

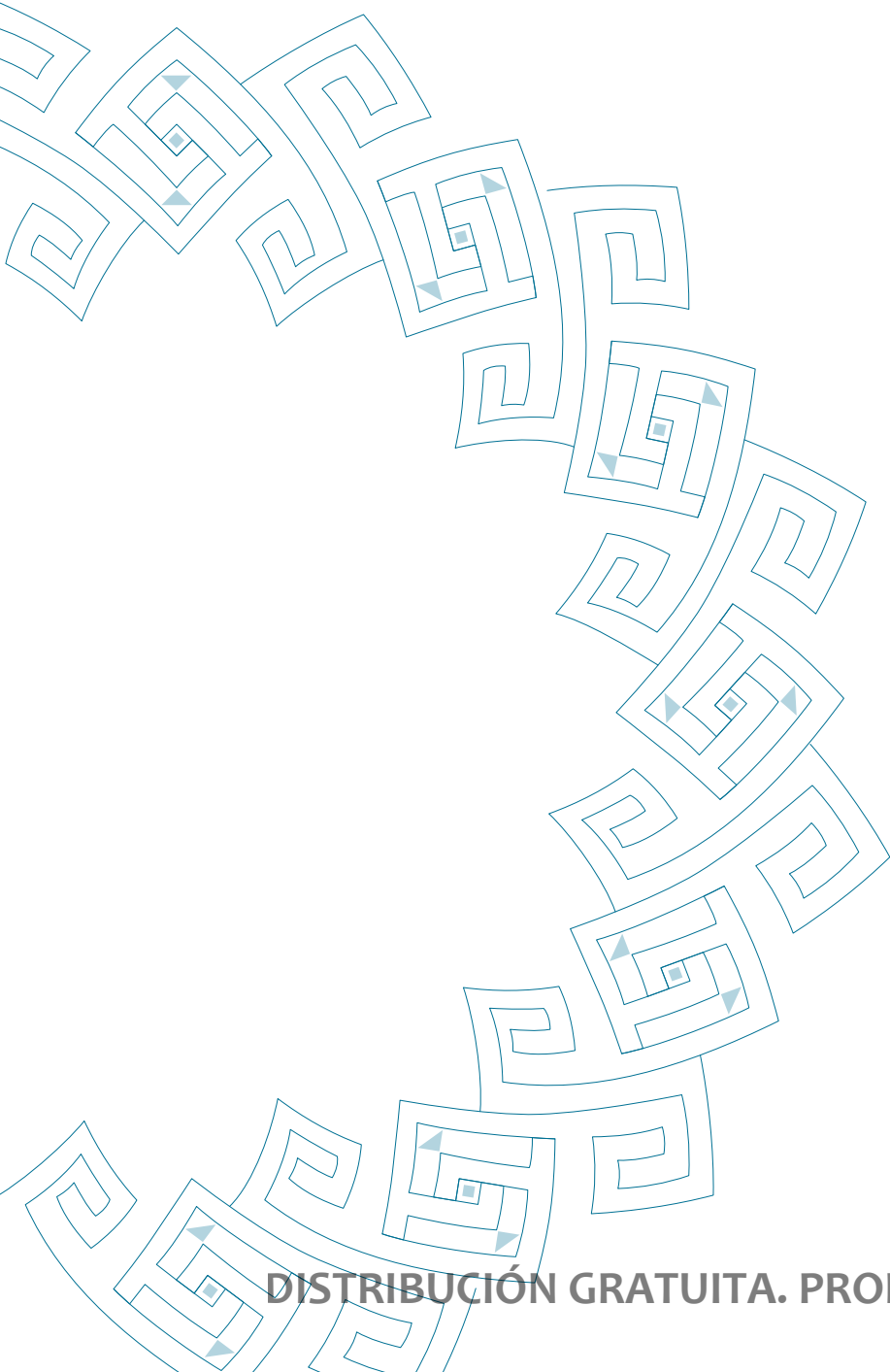
A Antonio Ángeles por su ayuda en la búsqueda del material en la colección IEOI. A Julián Bueno y Gabriela Pérez por haber colectado en diferentes regiones de Morelos. Al Dr. Zenón Cano-Santana por la invitación a participar en este libro y por sus correcciones y sugerencias. Finalmente, a los revisores anónimos de la CONABIO por sus atinadas correcciones.

## Referencias

- Álvarez, J.R. (dir.). 2000. México. En: *Enciclopedia de México*. Vol. 9. Sabeca International Investment Corporation, México, pp. 411-414.
- Anzures-Vázquez, E., J.C. Boyas-Delgado, J.I. Martínez-Thomas *et al.* 2006. Uso de la biodiversidad. En: *La diversidad biológica en Morelos: estudio del estado*. T. Contreras-MacBeath, J.C. Boyás y F. Jaramillo. CONABIO/UAEM, México, pp. 59-78.
- Cervantes, O.G. 2010. *Las lombrices de tierra (Annelida: Oligochaeta) de regiones selectas del Estado de Puebla*. Tesis de licenciatura en biología. Escuela de Biología-BUAP, Puebla.
- . 2012. *Filogenia y Biogeografía del género Zapotecia*. Tesis de maestría en ciencias. INECOL, Xalapa.



- Cervantes, O.G., C. Fragoso, S.W. James y A. Espinosa de los Monteros. 2014. Assessing the evolution of morphological characters in Mexican Acanthodriline earthworms with multiple gizzards (Oligochaeta: Acanthodrilidae). En: *Advances in earthworm taxonomy vi (Annelida: Oligochaeta). Proceedings of the 6th International Oligochaete Taxonomy Meeting*. T. Pavlíček, P. Cardet, M.T. Almeida et al. (eds.). Kasperek Verlag, Heidelberg, pp. 17-25.
- Cervantes, O.G. y C. Fragoso. *Protozapotecia acaxetlensis* and *Protozapotecia oyametlensis*, two new earthworm species (Crassiclitellata: Acanthodrilidae) from Mexican central mountains. *Zootaxa* 4496 (1): 431-439
- Dyne, G.R. y B.G.M. Jamieson. 2004. *Native earthworms of Australia II (Megascolecidae, Acanthodrilinae)*. Australian Biological Resources Study, Canberra.
- Eisen, G. 1900. Researches in the American Oligochaeta, with special reference to those of the Pacific coast and adjacent islands. *Proceedings of the California Academy of Sciences* 2:85-276.
- Fragoso, C. 2001. Las lombrices de tierra de México (Annelida, Oligochaeta): diversidad, ecología y manejo. *Acta Zoológica Mexicana nueva serie* 1(número especial):131-171.
- . 2007. Diversidad y patrones biogeográficos de las lombrices de tierra de México (Oligochaeta, Annelida). En: *Minhocas na América Latina: Biodiversidade e ecología*. G.G. Brown y C. Fragoso (eds.). Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Londrina, pp. 107-124.
- Fragoso, C., P. Lavelle, E. Blanchart et al. 1999. Earthworm communities of tropical agroecosystems: origin, structure and influence of management practices. En: *Earthworm management in tropical agroecosystems*. P. Lavelle, L. Brussaard y P. Hendrix (eds.). Centre for Agricultural Bioscience International, Wallingford, pp. 27-55.
- Fragoso, C. y J.W. Reynolds. 1997. On some earthworms from central and southeastern Mexican mountains, including two new species of the genus *Dichogaster* (Dichogastrini). *Megadrilogica* 7:9-19.
- Fragoso, C. y P. Rojas. 2014. Biodiversidad de lombrices de tierra (Annelida: Oligochaeta: Crassiclitellata) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85(Supl.):S197-S207.
- Fragoso, C., P. Rojas, M. Martínez et al. 2017. *Lombrices de tierra de los bosques de Abies religiosa del sur de la ciudad de México*. México (inédito).
- Gates, G. 1982. Farewell to North American megadriles. *Megadrilogica* 4:12-77.
- James, S.W. 1993. New Acanthodriline earthworms from Mexico (Oligochaeta: Megascolecidae). *Acta Zoológica Mexicana nueva serie* 60:1-21.
- Lavelle, P. y A. Spain. 2001. *Soil Ecology*. Kluwer Academic Publishers, Nueva York.
- Zicsi, A. y C.S. Csuzdi. 1991. Der erste Wiederfund von *Zapotecia ameamecae* Eisen, 1900 aus Mexiko (Oligochaeta: Acanthodrilidae). *Miscellanea Zoologica Hungarica* 6:31-34.



**DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA**

## Ositos de agua y miriápodos (Tardigrada y Myriapoda)

*Pie por pie fueron calzando/Hasta los cien que tenía y para calzarle todos/tardaron más de cien días*  
Adivinanza de Pedro C. Cerrillo

Zenón Cano Santana, Ariana Romero Mata y Alma Delia García Alfaro

### Introducción

Los ositos de agua o tardígrados (Tardigrada) y los miriápodos (Arthropoda, *subphylum* Myriapoda) son animales invertebrados segmentados alargados que tienen el cuerpo dividido en cabeza y tronco, y varios pares de apéndices a todo lo largo. Asimismo, cuentan un esqueleto exterior de quitina que los obliga a experimentar varias mudas durante su desarrollo (Vázquez 1987, Fernández-Álamo 2012).

Los tardígrados (llamados así por la lentitud de sus movimientos) son pequeños organismos de menos de 1.2 mm emparentados con los artrópodos, cuya cabeza apenas se distingue del tronco por un cuello incipiente (figura 1). Poseen cuatro pares de patas no claramente segmentadas (llamadas lobópodos), con uñas terminales y una boca armada con un estilete perforador.

Viven en ambientes marinos, dulceacuícolas y terrestres, pero siempre con un pequeño contenido de agua,

como el suelo, el lodo, la hojarasca o mantillo, líquenes y musgos. Se pueden alimentar de plantas, bacterias, microalgas, protozoarios, hongos y animales invertebrados, como rotíferos o nematodos (Vázquez 1987, Barnes *et al.* 1988, Claps y Rossi 2002, Fernández-Álamo 2012, Guidetti *et al.* 2012).

Las especies terrestres y de agua dulce poseen la extraordinaria particularidad de que, ante la incidencia de condiciones rigurosas en el ambiente por temperaturas extremas o sequía, entran en un estado profundo de latencia (criptobiosis), en el que adquieren un aspecto de momia que les permite sobrevivir hasta por más de 120 años (Vázquez 1987, Claps y Rossi 2002, Fernández-Álamo 2012).

Por su parte, los miriápodos son artrópodos terrestres que tienen apéndices divididos claramente en segmentos (artejos), una cabeza bien diferenciada del resto del cuerpo y provista de un par de antenas y un par de mandíbulas morderoras. El cuerpo de éstos presenta



Figura 1. Osito de agua (Tardigrada). Foto: Liisa Ikonen.

Cano-Santana, Z., A. Romero-Mata y A.D. García-Alfaro. 2020. Ositos de agua y miriápodos (Tardigrada y Myriapoda). En: *La biodiversidad en Morelos. Estudio de Estado 2*. Vol. II. CONABIO, México, pp. 51-58.

segmentos bien marcados en donde se insertan entre nueve y 191 pares de apéndices caminadores (Rivas y Hoffmann 2012, Cupul-Magaña *et al.* 2014, Cano-Santana *et al.* 2016).

Se clasifican en cuatro clases: Chilopoda (ciempiés), Diplopoda (milpiés), Symphyla (sínfilos o ciempiés de jardín) y Pauropoda (paurópodos). De acuerdo con Kaestner (1968), Borror y White (1970), McGavin (2002), Bueno-Villegas (2012), Rivas y Hoffmann (2012) y Cupul-Magaña (2013), estos se caracterizan por:

1. Los ciempiés miden entre 0.5 y 26.5 cm, tienen largas antenas, son depredadores que se mueven ágilmente y cuyo primer par de apéndices del tronco (las forcípulas) tiene aspecto de mandíbulas robustas con las cuales inyectan veneno (figura 2).
2. Los milpiés llegan a medir entre 5 mm (o menos) y 28 cm, tienen antenas más cortas, son más lentos en sus movimientos y se alimentan de plantas o de materia orgánica muerta. Además, los segmentos de su cuerpo están fusionados por pares de modo que se observan dos pares de patas por segmento aparente y tienen la capacidad de enrollarse (figura 3).

3. Los sínfilos son miriápodos delgados y ciegos de 1 a 8 mm de largo que tienen entre 10 y 12 pares de patas; mientras que los paurópodos son aún más pequeños (0.5 a 2 mm), con cabeza pequeña, ciegos y con placas dorsales en el tronco. Viven en el suelo, hojarasca, cuevas, bajo rocas y troncos caídos o en la corteza, aunque algunos trepan a la vegetación o viven dentro de las bromelias.

## Diversidad y distribución

Los tardígrados y los miriápodos aportan juntos un total de 62 especies (59 identificadas) a la riqueza biológica registrada en Morelos (cuadro 1, apéndice 21). De estas especies, dos de ciempiés y una de milpiés han sido identificadas solamente a género.

El *phylum* Tardigrada tiene registradas 1 167 especies en el mundo (Zhang 2013a) y 41 en México (Kaczmarek *et al.* 2011). En Morelos hay cinco especies, que equivalen al 12.2% de lo reportado para el país, y esta riqueza lo coloca en quinto lugar nacional, por debajo de Chihuahua (12) y Chiapas (11; Kaczmarek *et al.* 2011).



Figura 2. Un ciempiés (Myriapoda: Chilopoda). Foto: Víctor Hugo Luja/Banco de imágenes CONABIO.



**Figura 3.** Un milpiés (Myriapoda: Diplopoda). Foto: Víctor Hugo Luján/Banco de imágenes CONABIO.

**Cuadro 1.** Especies de tardígrados y miriápodos en el mundo, México y Morelos.

Grupo	Mundo	México	Morelos
Ositos de agua (Tardigrada)	1 167 <sup>d</sup>	41 <sup>c</sup>	5
Ciempíes (Myriapoda: Chilopoda)	3 112 <sup>e</sup>	181 <sup>g</sup>	29
Milpiés (Myriapoda: Diplopoda)	7 837 <sup>e</sup>	498 <sup>b</sup>	25
Paurópodos (Myriapoda: Pauropoda)	846 <sup>e</sup>	4 <sup>a</sup>	0
Sínfilos (Myriapoda: Symphyla)	204 <sup>e</sup>	14 <sup>f</sup>	0

Fuente: elaboración propia con datos de <sup>a</sup>Scheller 2002 (incluye dos especies dudosas), <sup>b</sup>Bueno-Villegas *et al.* 2004 (sólo especies no fósiles), <sup>c</sup>Kaczmarek *et al.* 2011, <sup>d</sup>Zhang 2013a, <sup>e</sup>b, <sup>f</sup>Cupul-Magaña *et al.* 2014, <sup>g</sup>Flores-Guerrero *et al.* 2015.

Cabe hacer notar que estas cinco especies provienen de una sola muestra de líquenes *Parmelia cirrhata* tomada en 1964 en los cerros de los alrededores de Cuernavaca (Beasley 1972). No obstante, se les reporta también en las lagunas de Tequesquitengo y Zempoala, en los arroyos de Las Estacas y Tepoztlán (Hoffmann y Jiménez 1994), así como en los bordos (reservorios artificiales de agua permanentes o temporales) de Ixtlilco el Chico, municipio de Tepalcingo (Quiroz-Castelán *et al.* 2009, 2012).

Vázquez (1987) los encontró en el fondo de manantiales donde domina el alga roja *Batrachospermum* sp. Evidentemente, hace falta hacer mucho más trabajo de colecta y de identificación taxonómica de estos animales.

En cuanto a los miriápodos, en el mundo hay 11 999 especies (Zhang 2013b) y 698 están en México (cuadro 1). Morelos alberga 54 especies, 29 de ciempíes distribuidas en nueve familias (cuadro 2), 25 de milpiés agrupadas en 14 familias (cuadro 3) y ninguna de paurópodos y sínfilos.

Esta riqueza representa 7.7% de total de las especies en México y ubica al estado en el quinto lugar nacional, sólo por debajo de Veracruz (177), Chiapas (70), Nuevo León (67) y Oaxaca (63; Cupul-Magaña *et al.* 2014).

De acuerdo con la riqueza de ciempíes, el estado ocupa el cuarto lugar nacional por debajo de Chiapas (54), Veracruz (44) y Nuevo León (33), y por su riqueza de milpiés el séptimo, por debajo de Veracruz (125), Nuevo León (44) y Guerrero (42; Cupul-Magaña *et al.* 2014).

El estado alberga 17 especies de miriápodos endémicas de México, siete de ciempíes y 10 de milpiés (cuadro 4), y registra solamente dos especies introducidas: el quilópodo *Lamyctes coeculus* y el diplópodo *Chondromorpha xanthotricha*, nativo del sur de la India y Sri Lanka (De Zoysa *et al.* 2015).

Es posible que los ciempíes y milpiés estén distribuidos por todo el estado. Los ciempíes se han registrado en 10 municipios (cuadro 2) y los milpiés en nueve (cuadro 3).

Los municipios que se distinguen por su riqueza de miriápodos son: Cuernavaca (con 23 especies), Tepoztlán (19), Yautepec (10) y Huitzilac (8; cuadros 3 y 4). Dichas especies se les ha colectado en cuevas, hojarasca, casas habitación, composta y bajo piedras y troncos (Quintana *et al.* 2009, Pineda 2013, Tabullo de Robles *et al.* 2014, apéndice 21). La gran diversidad de miriápodos en Morelos sugiere que falta por conocer aún más especies y localidades.

## Importancia

Los tardígrados son importantes como alimento de los colémbolos, pequeños artrópodos que cumplen con un papel muy relevante en los procesos regulatorios del suelo (Uribe-Hernández *et al.* 2010). Asimismo, los ositos de agua se utilizan como controladores biológicos de nematodos parásitos del ganado, cuando éstos viven en estado larvario en el suelo (Morales-Soto *et al.* 2016).

**Cuadro 2.** Especies de cada familia de ciempiés (clase Chilopoda) reportada en cada municipio de Morelos.

Familia	Cua	Cue	JoJ	Hui	Mia	PI	Tem	Tep	Yau	Zac	Total
Geophilidae		1		2				1			4
Henicopidae		2									2
Himantariidae	2							2	1		2
Neogeophilidae		1									1
Lithobiidae		2		3				1			6
Schendylidae				1							1
Scolopendridae	1	4	1	1	1	1	2	5	3	1	8
Scolopocryptopidae		2						1			3
Scutigeridae		1						1			2
<b>Total</b>	<b>3</b>	<b>13</b>	<b>1</b>	<b>7</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>11</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>29</b>

Municipios: Cuautila (Cua); Cuernavaca (Cue); Jojutla (JoJ); Huitzilac (Hui); Miacatlán (Mia); Puente de Ixtla (PI); Temixco (Tem); Tepoztlán (Tep); Yauatepec (Yau) y Zacatepec (Zac). La identidad de las especies puede ser la misma en distintos municipios. Fuente: elaboración propia.

**Cuadro 3.** Especies de cada familia de milpiés (clase Diplopoda) reportada en cada municipio de Morelos.

Familia	Ama	Cua	Cue	EZ	Hui	Tep	Tla	Xoc	Yau	Total
Atopetholidae			3							3
Cryptodesmidae			1			1				2
Holistophallidae			1							1
Paradoxomatidae		1								1
Parajulidae									1	1
Polydesmidae				1						1
Pyrgodesmidae					1					1
Rachodesmidae						1				1
Rhinocricidae			1							1
Sphaeriodesmidae			1						1	2
Spirobolidae		1	1			1	1		1	3
Spirostreptidae	1					1			1	2
Typhlolellidae									1	1
Xystodesmidae			1			2		1	1	5
<b>Total</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>9</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>6</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>6</b>	<b>25</b>

Municipios: Amacuzac (Ama); Cuautila (Cua); Cuernavaca (Cue); Emiliano Zapata (EZ); Huitzilac (Hui); Tepoztlán (Tep); Tlaltizapan (Tla); Xochitepec (Xoch) y Yauatepec (Yau). Una especie puede presentarse en más de un municipio. Fuente: elaboración propia.

Por su capacidad de entrar en latencia profunda, también se usan para entender cómo los organismos sobreviven y se reproducen en el vacío, sin oxígeno, bajas temperaturas y alta radiación, de modo que se pueden explorar las claves biológicas que permitan a los humanos colonizar el espacio (Jönsson *et al.* 2008, Guidetti *et al.* 2012).

Por otra parte, los miriápodos son un componente importante de la fauna del suelo, forman parte de la dieta de aves y mamíferos y son indicadores de la calidad del hábitat (Cupul-Magaña 2013, Cupul-Magaña *et al.* 2014).

En particular, los ciempiés son reguladores de los tamaños poblacionales de insectos (Cano-Santana *et al.* 2016), aunque también se alimentan de otros artrópodos, así como de pequeños especímenes de anfibios, reptiles, aves y mamíferos (Cupul-Magaña 2014).

Los milpiés participan en los ciclos de nutrientes, pues en los bosques pueden consumir grandes cantidades de hojarasca y devolverla al suelo en forma de heces, de tal manera que se les considera ingenieros del ecosistema (Bueno-Villegas 2012).

**Cuadro 4.** Especies de ciempiés (Chilopoda) y milpiés (Diplopoda) de Morelos que son endémicas de México.

Familia	Especie
<b>Ciempiés (clase Chilopoda)</b>	
Geophilidae	<i>Garrina monachus</i>
	<i>G. ochrus</i>
	<i>G. pluripes</i>
	<i>Polycricus didymus</i>
Himantariidae	<i>Straberax morelus</i>
Lithobiidae	<i>Atethobius mirabilis</i>
Neogeophilidae	<i>Neogeophilus primus</i>
Schendylidae	<i>Morunguis morelus</i>
<b>Milpiés (clase Diplopoda)</b>	
Atopetholidae	<i>Centrelus heteropygus</i>
	<i>C. neglectus</i>
	<i>C. nietanus</i>
Cryptodesmidae	<i>Maderesmus tepoztlanus</i>
Holistophallidae	<i>Duoporus barretti</i>
Pyrgodesmidae	<i>Myrmecodesmus morelus</i>
Rhachodesmidae	<i>Ceuthauxus morelus</i>
Sphaeriodesmidae	<i>Cyphodesmus trifidus</i>
Spirobolidae	<i>Hiltonius mexicanus</i>
Typhlobolellidae	<i>Morelene munda</i>
Xystodesmidae	<i>Rhysodesmus elestribus</i>

Fuente: elaboración propia.

Los miriápodos tienen importancia cultural, y específicamente los ciempiés aparecen en los códices, pues uno aparece dibujado entre los cabellos de la diosa azteca Tlaltecuctli (señora de la tierra; Cupul-Magaña 2013).

Por otra parte, la imagen del ciempiés y la de otros animales se ocupa para elaborar el juego de 12 figurillas de barro de entre 5 y 8 cm, conocido como juego del aire, que se utiliza para curar el mal aire en el pueblo de Tlayacapan (figura 4; Granados y Cortés 2009).

Los miriápodos también tienen importancia médica, debido a que las toxinas contenidas en el veneno de los ciempiés son agentes antibacteriales, analgésicos o antitumorales (Cupul-Magaña 2013). No obstante, los ciempiés también pueden llegar a morder a los humanos y su veneno les puede causar dolor e inflamación en el área afectada, lo cual puede desembocar en una infección. En México dichos ataques se atribuyen sobre todo al ciempiés tigre (*Scolopendra polymorpha*), aunque no se registran casos por mordedura de éste y otros ciempiés en Morelos (Cupul-Magaña et al. 2015).



**Figura 4.** Objeto de barro de un ciempiés coloreado que forma parte de las 12 piezas del llamado juego del aire. Figura elaborada por la señora María del Refugio Reyes del pueblo de Tlayacapan. Foto: Luis Enrique Juárez-Sotelo.

## Situación y estado de conservación

Ninguna de las especies registradas en este capítulo se encuentra en peligro de extinción o sujeta a protección especial de acuerdo con la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES 2017), o por la Norma Oficial Mexicana NOM-059 (SEMARNAT 2010).

Lo anterior se debe al poco conocimiento que se tiene del estado, en particular de las poblaciones de las especies del grupo en el país. Estos animales aún no han sido estudiados a profundidad y falta impulsar su colecta en muchas localidades del estado. En especial, de aquellos grupos que son muy difíciles de ver a simple vista, como los tardígrados, los paurópodos y los sínfilos.

## Factores de presión

Los factores que han promovido el deterioro de los hábitats morelenses están estrechamente relacionados con el rápido incremento de la población humana, cuyas demandas de satisfactores provocan un desarrollo industrial sostenido, reducción de los cuerpos de agua y el cambio de uso del suelo de área natural a agropecuario y de éste a urbano (Aguilar-Benítez 1993).

Otro posible factor es la reducida cultura ambiental de sus habitantes y visitantes, lo que provoca el inadecuado manejo y disposición de los residuos sólidos urbanos y la contaminación de los cuerpos de agua, entre otras consecuencias (Batllori 2001).

Tan sólo entre 1973 y 1989 el bosque tropical caducifolio de la entidad se perdió a una tasa de 1.4% anual,

y aunque esta tendencia ha disminuido, el daño a este tipo de bosques parece irreversible (Sotelo-Caro *et al.* 2015). Asimismo, entre 1973 y 2007 se detectó la pérdida de superficie de otros ecosistemas naturales, como los bosques de coníferas (10.1%) y la vegetación ribereña (82.8%; Ayala 2012). Este proceso, sin duda, afecta sensiblemente a las poblaciones de miriápodos, pero no hay estudios que lo cuantifiquen.

Por otra parte, en zonas como Cuautla, Cuernavaca, Jojutla, Temixco y Zacatepec, las aguas subterráneas y manantiales se han visto seriamente afectados debido a la infiltración de contaminantes derivados de actividades agrícolas. En tanto que, en las Lagunas de Zempoala el nivel del agua ha disminuido significativamente por sobreexplotación (Aguilar-Benítez 1993, Batllori 2001). Es muy probable que estos dos procesos afecten negativamente a los tardígrados.

La urbanización es un proceso que también afecta a los animales invertebrados. Ayala (2012) detectó que la superficie urbana en el estado se incrementó 84.4% entre 1973 y 2007, y es un proceso que afectó al Corredor Biológico Chichinautzin (Montoya 2011).

Respecto a los ambientes acuáticos en donde viven los ositos de agua, éstos son amenazados con las construcciones realizadas en las barrancas que alimentan los embalses, como es el caso de las barrancas Pitzotlan y Chirimoyo, que llenan su caudal en temporada de lluvias, así como el embalse La Poza en Tepalcingo (Díaz *et al.* 2011).

Otra amenaza detectada es la extracción de la tierra negra y tierra de hoja (Paz 2005) que perturba las poblaciones y reduce el volumen de suelo donde se alimentan y viven los tardígrados y los miriápodos.

## Acciones de conservación

Aunque se han llevado a cabo acciones de protección de la biodiversidad importantes en la entidad, no hay políticas de conservación específicas para los tardígrados y los miriápodos. De acuerdo con Guerrero *et al.* (2015), tres acciones generales a implementar son: 1) la protección de los ecosistemas en áreas naturales protegidas (ANP); 2) la implementación de unidades de manejo para la conservación de la vida silvestre (UMA); y 3) el pago por servicios ambientales (PSA). En este contexto se requerirá acotar o hacer propuestas en donde los invertebrados puedan ser tomados en cuenta en estas acciones, como un grupo importante a conservar por los servicios que brindan.

## Conclusiones y recomendaciones

Las acciones de conservación recomendadas para los organismos estudiados son: 1) el incremento en el número y tamaño de las áreas naturales protegidas del estado; 2) la protección de sus cuerpos de agua; y 3) fomentar el establecimiento de huertos tradicionales en los espacios aledaños a las casas (Montoya 2011).

También se recomienda regular la construcción de desarrollos urbanos y mantener las áreas verdes y jardines urbanos (como el jardín Borda y Chapultepec en Cuernavaca), así como llevar a cabo acciones de restauración ecológica en los ecosistemas dañados, deteriorados o destruidos, las cuales pueden ser iniciadas por actividades tan simples como retirar la basura y evitar su depósito al aire libre, así como la reforestación, tal como se llevan a cabo en Temixco (Pineda 2013).

No obstante, es importante que la reforestación siempre se lleve a cabo con plantas nativas de cada región, aun si se trata de una zona urbana.

Por otro lado, para algunas ANP se propone el control de especies exóticas, pero esta acción debería realizarse también en todas las áreas naturales del estado, aunque no estén protegidas (sds 2018).

Quiroz-Castelán (2011) propone, para el caso particular del Parque Nacional Lagunas de Zempoala, la implementación de varias acciones para mejorar la calidad de los hábitats que este parque alberga, como son: el dragado de sedimentos en los cuerpos de agua, control de la tala inmoderada y el tratamiento de aguas negras, entre otras.

Los tardígrados y los miriápodos son organismos importantes en las redes alimentarias y los ciclos de nutrientes. Sin embargo, aunque se sabe poco sobre su verdadera diversidad en la entidad debido a la escasez de muestreos y estudios, es importante persistir en la implementación de acciones que promuevan la protección de los ecosistemas naturales, y por ende coadyuven a la preservación de las funciones ecológicas que estos grupos de organismos desempeñan en los suelos y cuerpos de agua.

## Agradecimientos

Agradecemos a Iván Castellanos-Vargas, Marco A. Romero Romero y Paulina Corona Tejeda el apoyo técnico y la revisión del manuscrito. A la señora María del



Refugio Reyes por su amabilidad para mostrarnos las piezas del juego del aire elaboradas por ella. Al personal bibliotecario de la UAEM por su apoyo para tener acceso a la literatura, y a la M. C. Laura Cárdenas por proporcionarnos las fotos del Banco de imágenes CONABIO. Melisa Medina Alvarado incorporó los registros de NaturaLista al apéndice y apoyó en la búsqueda de fotos. Liisa Ikonen y Luis Enrique Juárez Sotelo gentilmente nos facilitaron sus fotos. Julián Pineda y Alicia Rojas Ascencio nos ayudaron en la búsqueda de imágenes y especímenes y a Juana Martínez Sánchez, quien elaboró los cuadros.

## Referencias

- Aguilar-Benitez, S. 1993. La vegetación forestal y el agua en el estado de Morelos, México. En: *Memorias del I Congreso Forestal Español: ponencias y comunicaciones, tomo III*. Xunta de Galicia, Pontevedra.
- Ayala, M.P. 2012. *Estimación del impacto de la deforestación sobre la recarga potencial del manto freático en cuenca alta de Apatlaco en el periodo 1973-2007*. Tesis de licenciatura en ciencias biológicas. Facultad de Ciencias Biológicas-UAEM, Cuernavaca.
- Barnes, R.S.K., P. Calow y P.J.W. Olive. 1988. *The invertebrates: a new synthesis*. Blackwell Scientific Publishing, Oxford.
- Batlloori, A. 2001. Los problemas ambientales del estado de Morelos: la educación como parte de la solución. *Gaceta Ecológica* 61:47-60.
- Beasley, C.W. 1972. Some tardigrades from Mexico. *Southwestern Naturalist* 17:21-29.
- Borror, D.J. y R.E. White. 1970. *A field guide to the insects of America north of Mexico*. Houghton Mifflin, Boston.
- Bueno-Villegas, J., P. Sierwald y J.E. Bond. 2004. Diplopoda. En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento*. Vol. IV. J.E. Llorente-Bousquets, J. Morrone, O. Yáñez-Ordóñez e I. Vargas-Fernández (eds.). Facultad de Ciencias-UNAM, México, pp. 569-599.
- Cano-Santana, Z., A. Romero-Mata y V. López-Gómez. 2016. Crustáceos y miriápodos (Crustacea y Myriapoda). En: *La biodiversidad en la Ciudad de México*. Vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp. 259-267.
- CITES. Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. 2017. *Apéndices I, II y III*. Secretaría de la CITES. En: <<http://www.cites.org/esp/app/appendices.php>>, última consulta: 28 de enero de 2017.
- Claps, M.C. y G.C. Rossi. 2002. Tardigrada. En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento*. Vol. III. J. Llorente-Bousquets y J. Morrone (eds.). Facultad de Ciencias-UNAM, México, pp. 171-186.
- Cupul-Magaña, F.G. 2013. La diversidad de los ciempiés (Chilopoda) de México. *Dugesiana* 20:17-41.
- . 2014. Lista taxonómica de los ciempiés (Arthropoda: Myriapoda: Chilopoda) de Perú. *Revista Peruana de Entomología* 49:121-135.
- Cupul-Magaña, F.G., H. Terán-Flores, J. Bueno-Villegas y A.H. Escobedo-Galván. 2015. Mordedura de ciempiés (Chilopoda) en humanos: un registro de cuatro casos en México. *Boletín de Malariología y Salud Ambiental* 55:199-203.
- Cupul-Magaña, F.G., M.R. Valencia-Vargas, J. Bueno-Villegas y R.M. Shelley. 2014. Nota sobre los miriápodos (Arthropoda: Myriapoda) de Jalisco, México: distribución y nuevos registros. *Dugesiana* 21:83-97.
- De Zoysa, H.K.S., A.D. Nguyen y S. Wickramasinghe. 2015. Annotated checklist of millipedes (Myriapoda: Diplopoda) of Sri Lanka. *Zootaxa* 4061:451-482.
- Díaz, M., H. Quiroz, J. García e I. Molina. 2011. Caracterización del bordo temporal "La Poza" en el que se practica la acuicultura extensiva, en Ixtlilco el Chico, Morelos. *Investigación Agropecuaria* 8:91-102.
- Fernández-Álamo, M.A. 2012. Phylum Tardigrada. En: *Niveles de organización en animales*. M.A. Fernández-Álamo y G. Rivas (eds.). Facultad de Ciencias-UNAM, México, pp. 220-224.
- Flores-Guerrero, U.S., F.G. Cupul-Magaña, J. Bueno-Villegas y E. Rodríguez-López. 2015. Adenda y corrigenda de *Dugesiana* 20(1):17-41, la diversidad de los ciempiés (Chilopoda) de México. *Dugesiana* 22:69-80.
- Granados, B. y S. Cortés. 2009. Juego de aire: relatos, mitos e iconografía de un ritual curativo en Tlayacapan (Morelos, México). *Revista de Literaturas Populares* 2:388-407.
- Guerrero, J.A., R. Cerros-Tlatilpa, E. Urzúa y A. Rizo-Aguilar. 2015. Indicadores de biodiversidad en el estado de Morelos: situación actual. En: *Los indicadores ambientales como herramienta para la sustentabilidad. Estudio de caso en Morelos*. M.L. Ortiz-Hernández, E. Sánchez-Salinas, M.L. Castrejón-Godínez y M. Romero-Aguilar (comps.). UAEM, Cuernavaca, pp. 55-90.
- Guidetti, A., A.M. Rizzo, T. Altiero y L. Rebecchi. 2012. What can we learn from the toughest animals of the Earth? Water bears (tardigrades) as multicellular model organisms in order to perform scientific preparations for lunar exploration. *Planetary and Space Science* 74:97-102.
- Hoffmann, A. y M.L. Jiménez. 1994. Tardígrados en México. *Anales del Instituto de Biología-UNAM. Serie Zoología* 65:297-301.
- Jönsson, K.I., E. Rabbow, R.O. Schill et al. 2008. Tardigrades survive exposure to space in low Earth orbit. *Current Biology* 18:729-731.
- Kaczmarek, L., D. Diduszko y L. Michalczuk. 2011. New records of Mexican Tardigrada. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82:1324-1327.
- Kaestner, A. 1968. *Invertebrate zoology*. Vol. 2. Interscience, Nueva York.
- McGavin, G.C. 2002. *Entomología esencial*. Ariel, Barcelona.

- Montoya, A. 2011. *Los huertos tradicionales de Tlayacapan, Morelos. Productores de bienes y servicios ambientales con significado cultural*. Tesis de licenciatura en ciencias biológicas. Facultad de Ciencias Biológicas-UAEM, Cuernavaca.
- Morales-Soto, I., P. Mendoza-de-Gives, L. Aguilar-Marcelino et al. 2016. Reducción in vitro de larvas infectantes del parásito *Haemonchus contortus* (Nematoda) en microparcelas por *Caloglyphus mycophagus* (Acari: Acaridae). *Entomología Mexicana* 3:203-208.
- Paz, M.F. 2005. *La participación en el manejo de áreas naturales protegidas. Actores e intereses en conflicto en el corredor biológico Chichinautzin, Morelos*. CRIM-UNAM, Cuernavaca.
- Pineda, E. 2013. Plan municipal de desarrollo 2013-2015 Temixco, Morelos. En: <[https://www.hacienda.morelos.gob.mx/images/docu\\_planeacion/planea\\_estrategica/planes\\_municipales/Temixco.pdf](https://www.hacienda.morelos.gob.mx/images/docu_planeacion/planea_estrategica/planes_municipales/Temixco.pdf)>, última consulta: 26 de noviembre de 2017.
- Quintana, K., G. Obispo y E. Granados. 2009. Indicadores de turismo sustentable y educación popular ambiental en cuevas de San Juan Tlacotenco, Tepoztlán, Morelos. *Mundos Subterráneos* 20:147-152.
- Quiroz-Castelán, H. 2011. Situación actual de los lagos del Parque Nacional Lagunas de Zempoala. *Hypatia* 37.
- Quiroz-Castelán, H., C. Martínez-Javier, J. García-Rodríguez et al. 2009. Análisis de los componentes zoobentónicos en un bordo temporal utilizado para acuicultura extensiva en el norte del estado de Guerrero, México. *Revista Electrónica de Veterinaria REDVET* 10(4):1-47.
- Quiroz-Castelán, H., A.F. González-Miranda, M. Díaz-Vargas et al. 2012. Fauna bentónica en el bordo "La Poza" en la región oriente del estado de Morelos durante un ciclo anual. *Revista Electrónica de Veterinaria REDVET* 13(11):1-16.
- Rivas, G. y A. Hoffmann. 2012. *Phylum Arthropoda*. En: *Niveles de organización en animales*. M.A. Fernández-Álamo y G. Rivas (eds.). Facultad de Ciencias-UNAM, México, pp. 233-252.
- Scheller, U. 2002. Paupoda. En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento*. Vol. III. J. Llorente-Bousquets y J. Morrone (eds.). Facultad de Ciencias-UNAM, México, pp. 429-432.
- sds. Secretaría de Desarrollo Sustentable. 2018. *Parque Estatal El Texcal*. En: <<http://sustentable.morelos.gob.mx/and/texcal>>, última consulta: 29 de mayo de 2018.
- SEMARNAT. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. *Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010*. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.
- Sotelo-Caro, O., J. Chichia-González, V. Sorani y A. Flores-Palacios. 2015. Cambios en la dinámica de deforestación de la subcuenca de un río en México: la imposibilidad de recuperación de los hábitats originales después del cese de la deforestación. *Revista de Geografía Norte Grande* 61:221-227.
- Tabullo de Robles, J., M.C. Gutiérrez y F.G. Cupul-Magaña. 2014. Nuevos registros de ciempiés (Myriapoda, Chilopoda) para Morelos, México. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)* 30:731-733.
- Uribe-Hernández, R., C.H. Juárez-Méndez, M.A. Montes de Oca et al. 2010. Colémbolos (Hexapoda) como bioindicadores de la calidad de suelos contaminados con hidrocarburos en el sureste de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 81:153-162.
- Vázquez, G.L. 1987. *Zoología del Phylum Arthropoda*. Interamericana, México.
- Zhang, Z.Q. 2013a. Animal biodiversity: an update of classification and diversity in 2013. *Zootaxa* 3703:5-11.
- . 2013b. Phylum Arthropoda. *Zootaxa* 3703:17-26.

# Cangrejos, camarones de río, cochinillas, pulgas de agua, camarones duende, copépodos y otros crustáceos

Carmen Hernández Álvarez y José Luis Villalobos Hiriart

## Introducción

Los crustáceos (*subphylum Crustacea*) son artrópodos de agua dulce, marinos o terrestres que se caracterizan por tener larva nauplio,<sup>1</sup> apéndices birameos, dos pares de antenas, una glándula verde para la excreción y respiración branquial (Rivas y Hoffmann 2007, Brusca *et al.* 2016). En el grupo se incluyen los camarones, las langostas de río, los cangrejos, las cochinillas de la humedad, los camarones almeja (figura 1), las pulgas de agua y los copépodos, entre otros.

Estos organismos requieren de agua o un poco de humedad, habitan ecosistemas acuáticos, terrestres sombreados y húmedos, entre los que se encuentran zonas marinas, manglares, lagos, ríos, charcas temporales, manantiales termales, cuevas y hasta debajo de las macetas (Schmitt 1965, Schram 1986, Brusca *et al.* 2016).

En este capítulo se revisan los crustáceos de Morelos, y para ello se consultaron los registros de la Colección Nacional de Crustáceos (CNCR) del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Asimismo, se revisó la literatura especializada publicada en los últimos 60 años, en la que describen la riqueza de especies, distribución, estructura de la comunidad y algunas notas ecológicas (Mulaik 1960, Álvarez y Villalobos 1995, Álvarez 1997, Molina-Astudillo *et al.* 2005, Elías-Gutiérrez *et al.* 2008a, b, García-Rodríguez *et al.* 2010, Quiroz-Castelán *et al.* 2000, 2007, 2012, Gallardo-Pineda 2013, Gómez-Márquez *et al.* 2013).

Dentro de la literatura revisada, se encontraron documentos donde citan a crustáceos (cladóceros, copépodos, isópodos o anfípodos) que se utilizan como



Figura 1. Camarón almeja (*Chlamydotheca* sp.). Foto: Erika Rodríguez Flores.

alimento, o bien, que son parte del contenido estomacal de peces y anfibios que se distribuyen en los cuerpos de agua morelenses (Trujillo-Jiménez y Díaz-Pardo 1996, Mañón-Zúñiga 2008, Mendoza-Estrada *et al.* 2008, Trujillo-Jiménez y Castro-Lara 2009, Quiroz-Castelán y Díaz-Vargas 2010, Sierra-Castillo y Granados-Ramírez 2013). También hay estudios que enlistan especies del zooplancton<sup>2</sup> que se encuentran en cuerpos de agua específicos como manantiales, ríos, lagos, presas, estanques artificiales o charcas temporales (Molina-Astudillo *et al.* 2005, García-Rodríguez *et al.* 2010, Gallardo-Pineda 2013, Gómez-Márquez *et al.* 2013).

## Diversidad y distribución

La diversidad de crustáceos de México supera la de varios países de Latinoamérica (Álvarez *et al.* 1996). No obstante, muchos de los hábitats potenciales no han sido estudiados con detalle, debido a la topografía compleja

<sup>1</sup> Larva nadadora de los crustáceos que tiene un solo ojo (el ojo nauplio), así como dos pares de antenas y un par de maxilas como únicos apéndices.

<sup>2</sup> Conjunto de pequeños animales que se encuentran flotando en los cuerpos de agua.

Hernández Álvarez, C. y J.L. Villalobos-Hiriart. 2020. Cangrejos, camarones de río, cochinillas, pulgas de agua, camarones duende, copépodos y otros crustáceos. En: *La biodiversidad en Morelos. Estudio de Estado 2*. Vol. II. CONABIO, México, pp. 59-65.

del país, por lo cual el conocimiento de crustáceos aún es moderado.

En Morelos se registran 82 especies de crustáceos (75 identificadas), agrupadas en 46 géneros, 25 familias, ocho órdenes y cuatro clases: Branchiopoda, Copepoda, Ostracoda y Malacostraca (cuadro 1, apéndice 22). Del total de las especies citadas, 9.4% son exóticas y 90.6% nativas, entre las que se encuentran cuatro especies endémicas<sup>3</sup> del estado.

En la clase de los branquiópodos se registra la presencia del camarón duende (*Streptocephalus mackini*: Anostraca), el camarón almeja (*Eulimnadia texana*: Diplostraca) y la pulga de agua (*Daphnia pulex*: Cladocera). Por su parte, entre los Copepoda se encuentran 19 especies, de las cuales, tres pertenecen al género *Mesocyclops*, que es exótico al igual que la especie *Thermocyclops crassus*. En este grupo se registra *Hesperodiaptomus morelensis*, que es endémica del estado (Suárez-Morales *et al.* 2000, 2011, Álvarez-Silva y Campos-Verduzco 2000, Quiroz-Castelán *et al.* 2012, Elías-Gutiérrez 2014). Asimismo, se registran 10 especies de camarones almeja que viven en el zooplancton (Molina-Astudillo *et al.* 2005, García-Rodríguez *et al.* 2010).

En la entidad destacan por su abundancia y diversidad los tres órdenes registrados para la clase Malacostraca: los anfípodos (Amphipoda, pulgas de agua saltonas), los isópodos (Isopoda, cochinillas) y los decápodos (Decapoda, cangrejos y acociles).

Entre los anfípodos se tiene a la pulga saltona (*Hyalella azteca*) en las lagunas de Zempoala, pero es probable que se distribuya en otros cuerpos de agua del estado (Hernández *et al.* 2010).

En cuanto a las especies de los isópodos, hay cinco terrestres registradas y una acuática. En particular, a los isópodos terrestres se les conoce comúnmente como cochinillas de la humedad, chanchitos de tierra, marranitos de tierra o bichos bolita. El escaso registro de isópodos terrestres y acuáticos, en comparación con estados vecinos, como Guerrero y Puebla (Mulaik 1960, Contreras-MacBeath *et al.* 2002, 2006, Rocha-Ramírez *et al.* 2009, Rocha 2012, García-Vázquez 2013, Rodríguez-García 2014), indica la falta de estudios para conocer la riqueza de estos crustáceos en el territorio morelense, el cual alberga una gran variedad de ecosistemas en los que pueden vivir estos animales (García-Vázquez 2013).

**Cuadro 1.** Clases, órdenes, familias, géneros y especies de crustáceos de Morelos.

Clase	Órdenes	Familias	Géneros	Especies
Branchiopoda	2	9	15	40
Copepoda	2	2	12	19
Ostracoda	1	5	9	10
Malacostraca	3	9	10	13
<b>Total</b>	<b>8</b>	<b>25</b>	<b>46</b>	<b>82</b>

Fuente: elaboración propia.

En los decápodos se registraron tres especies endémicas: el acocil o camarón de río (*Cambarellus zempoalensis*), el cangrejito barranqueño (*Pseudohelphusa dugesi*) y el cangrejo de agua dulce (*P. morelosis*). El acocil (*C. zempoalensis*) habita comúnmente en las lagunas de Zempoala (Villalobos-Figueroa 1943, 1955), en tanto que el cangrejito barranqueño (*P. dugesi*) tiene reducidas poblaciones que habitan en los pequeños manantiales que brotan de los taludes de dos barrancas de Cuernavaca: el Salto de San Antón y la Barranca de Tlaltitenango (Rodríguez y Smalley 1969, Álvarez *et al.* 2014b, García 2016). El cangrejo de agua dulce (*P. Morelosis*, figura 2), habita en las partes bajas de Morelos que colindan con el Estado de México y Guerrero (Villalobos-Hiriart 2005, Villalobos y Álvarez 2008).



**Figura 2.** Cangrejo de agua dulce (*Pseudohelphusa morelosis*) especie nativa de Las Estacas. Foto: José Luis Bortolini Rosales.

<sup>3</sup> Especies que son únicas de una región particular, por lo que no se encuentran en otras partes del mundo.

## Importancia

Algunos crustáceos, como los camarones y cangrejos son comestibles para el ser humano, lo que les brinda cierto nivel de importancia económica. Asimismo, los microcrustáceos (especies de pequeña talla), como las pulgas de agua, camarones duende, camarones almeja (ostrácodos) y copépodos que forman una proporción considerable de la biomasa en los ecosistemas acuáticos, son necesarios en la trama trófica, ya que constituyen el alimento de peces, anfibios, aves y mamíferos (Schmitt 1965, Brusca *et al.* 2016).

Algunas especies de copépodos son parásitos de peces, por lo cual constituyen un factor de regulación poblacional (Lamothe-Argumedo 1999). Además, algunas especies de pulgas de agua y copépodos se utilizan como bioindicadores de la calidad de agua, particularmente cuando existe contaminación por metales pesados o sustancias tóxicas (Quiroz-Castelán *et al.* 2007, Bermúdez 2010).

Por otra parte, algunos géneros de copépodos depredadores como *Mesocyclops*, *Macrocylops* y *Acanthocyclops* se usan como agentes de control biológico de mosquitos transmisores de enfermedades que afectan al ser humano, como dengue, paludismo, Zika y chikungunya (Suárez-Morales *et al.* 2003, Elías-Gutiérrez *et al.* 2008a)

También, los camarones almeja son excelentes indicadores de condiciones ambientales tanto recientes como del pasado (Quiroz-Castelán *et al.* 2012).

En los ecosistemas terrestres las cochinillas contribuyen en los procesos de descomposición de la materia orgánica y en el mejoramiento del suelo (Kayang *et al.* 1997), en tanto que algunas especies de los géneros *Ligia*, *Porcellio* y *Oniscus* son considerados como biorremedidores de contaminación por metales (Zimmer 2002).

En el estado, las pulgas de agua *Alona* sp., *D. pulex* y *D. parvula* se comercializan frecuentemente como alimento de peces y anfibios para cultivo o de ornato, que se mantienen en acuarios, laboratorios o como mascotas (Robles 1995, Arboleda 2005, Mañón-Zúñiga 2008).

Respecto al cultivo en granjas y piscifactorías, se ha tratado de realizar con algunos decápodos para consumo humano. En este caso, las larvas y juveniles de especies exóticas, como la langosta australiana de agua dulce (*Cherax quadricarinatus*, figura 3), los camarones de río *Macrobrachium rosenbergii* y *M. tenellum* han sido puestos a disposición de productores acuícolas de Jojutla, Zacatepec, Puente de Ixtla, Tlaltizapan, Jantetelco y Yautepec para su cultivo por diferentes medios, incluidos en el Programa piscícola de Morelos (PROPIMOR) o a través del Gobierno Federal (Ponce-Palafox *et al.* 2002, García-Rodríguez *et al.* 2005, Martínez *et al.* 2006, Sierra-Castillo y Granados-Ramírez 2013).



Figura 3. Langosta australiana de agua dulce (*Cherax quadricarinatus*) especie exótica avistado en Las Estacas. Foto: José Luis Bortolini Rosales.

## Situación y estado de conservación

Morelos es potencialmente megadiverso, por la gran variedad de climas en su territorio, además cuenta con una importante cantidad de recursos hídricos y una precipitación media anual de 1 045 mm, de los cuales una importante proporción de esta agua se infiltra y alimenta los acuíferos, como lagos, ríos y charcas (Contreras-MacBeath *et al.* 2006), que son el principal hábitat de los crustáceos. Con el incremento del estudio en los cuerpos de agua del estado, se espera encontrar más especies de las clases Branchiopoda y Copepoda ya que existen las condiciones favorables para su desarrollo.

Es importante tener cuidados con las especies que se introducen con fines de alimentación, para organismos que se cultivan, ya que la presencia de especies exóticas puede desplazar a las nativas. También se tiene que realizar un estudio poblacional de la langosta australiana de agua dulce (*C. quadricarinatus*) para determinar si se ha establecido exitosamente y el efecto que causa en las especies nativas con las que comparte el hábitat.

El estado tiene una especie que se utiliza como indicadora de calidad de agua (*Daphnia magna*), de la cual es importante conocer su ciclo de vida, estructura poblacional y distribución en los cuerpos de agua de la entidad. Otra especie, con importancia emblemática para Morelos es el cangrejo barranqueño (*P. dugesi*) que está listada en la NOM-059 (SEMARNAT 2010) como endémica y en peligro de extinción.

## Factores de presión

La pérdida acelerada de hábitats acuáticos registrada en México lleva a suponer que la mayoría de las especies asociadas a los cuerpos de agua se encuentren en riesgo de extinción, en particular las especies de decápodos endémicas (Villalobos *et al.* 1993, 2010, Villalobos y Álvarez 2008, Álvarez y Villalobos 2016a, b).

Asimismo, la contaminación de los cuerpos de agua constituye otro serio problema. Por ejemplo, el cangrejo barranqueño (*P. dugesi*) está en alto riesgo porque los ríos que corren a lo largo de las barrancas en las que vive ahora se utilizan como desagües y tiraderos de desechos urbanos.

Por otra parte, algunos crustáceos exóticos constituyen una amenaza para la biodiversidad de especies nativas, porque son capaces de desplazarlas o llevarlas a

la extinción a través de la competencia que ejercen por los recursos disponibles.

Entre dichas especies exóticas, se hallan los copépodos *Mesocyclops aspericornis*, *M. thermocyclopoides*, *M. pehpeiensis* y *Thermocyclops crassus*, que han sido liberados como agentes de control biológico de las larvas de mosquitos del género *Aedes* (Suárez-Morales *et al.* 2003).

Otro caso es el de la langosta australiana de agua dulce (*C. quadricarinatus*), que se aprovecha en la acuicultura desde 1995, pero cuyos escapes han ocasionado el establecimiento exitoso en diversos hábitats acuáticos, como en Las Estacas (Bortolini *et al.* 2007, Elías-Gutiérrez *et al.* 2008a, Suárez-Morales *et al.* 2011, Álvarez *et al.* 2014a, b). La presencia de esta especie puede desplazar o reducir el tamaño poblacional de otros organismos acuáticos, como el cangrejo *P. morelosis* con el que convive en algunos ríos, como el que alimenta el balneario Las Estacas.

## Acciones de conservación

Morelos cuenta con la Dirección General de Áreas Naturales Protegidas, la cual depende de la Subsecretaría de Gestión Ambiental, cuya función es proteger las siete áreas naturales estatales, para hacer de ellas zonas de conservación y aprovechamiento sustentable, además de promover la creación de corredores biológicos nort-sur, con las entidades vecinas, para dar continuidad a los ecosistemas.

El complemento de este proyecto es hacer énfasis en los ambientes acuáticos, para proteger la biodiversidad de organismos de estos ecosistemas, como las 82 especies de crustáceos que se tienen registradas en la zona.

Un caso específico de acciones de conservación, la tiene el cangrejo barranqueño (*P. dugesi*). Este se describió en 1893 y durante mucho tiempo se consideró extinto. Fue hasta 1999, que en la Colección Nacional de Crustáceos de la UNAM se confirmó el registro de la especie en una barranca de Cuernavaca, lo cual permitió iniciar los trabajos para promover el aumento del tamaño de sus poblaciones.

Finalmente, el estado cuenta con la Secretaría de Desarrollo Sustentable, que es la encargada en buscar recursos que permitan desarrollar investigaciones de especies endémicas de la entidad, además en Morelos existen la Comisión Estatal de Biodiversidad del Estado de Morelos (COESBIO) la cual implementa acciones para proteger su biodiversidad.

## Conclusiones y recomendaciones

La riqueza específica de crustáceos en Morelos es de 82 especies. Como la entidad cuenta con varios ambientes acuáticos y terrestres húmedos (Contreras-MacBeath *et al.* 2002), se espera el incremento de especies, al aumentar el número de estudios en estos hábitats.

Además, la alta riqueza de crustáceos que se registran en las entidades vecinas a Morelos, como la Ciudad de México (Cano-Santana *et al.* 2016), Guerrero (Rodríguez-García 2014), Estado de México y Puebla (Villalobos *et al.* 2010), puede ser un indicativo que es posible que se incrementen el número de especies con la construcción de corredores biológicos en Morelos. Por lo que es importante trabajar a la par los investigadores de universidades y entidades gubernamentales, para mantener la alta biodiversidad de la zona.

Se debe tener en especial cuidado con el manejo de especies exóticas con fines de acuicultura. Por ello, es recomendable incrementar las medidas de control y seguimiento poblacional de estos organismos, para determinar el tipo de crecimiento de sus poblaciones, localización y distribución potencial, para establecer medidas adecuadas que impidan el desplazamiento de las especies nativas.

## Agradecimientos

Se agradece al Dr. Luis A. Soto González por el apoyo para la realización de este documento, por las fotografías de la Biól. Erika Rodríguez Flores y el M.C. José Luis Bortolini Rosales. Asimismo, se agradecen los comentarios del Biól. Carlos Manuel Illescas Monterroso, que permitieron mejorar este documento y a Paulina Corona-Tejada que ayudó en la revisión del manuscrito.

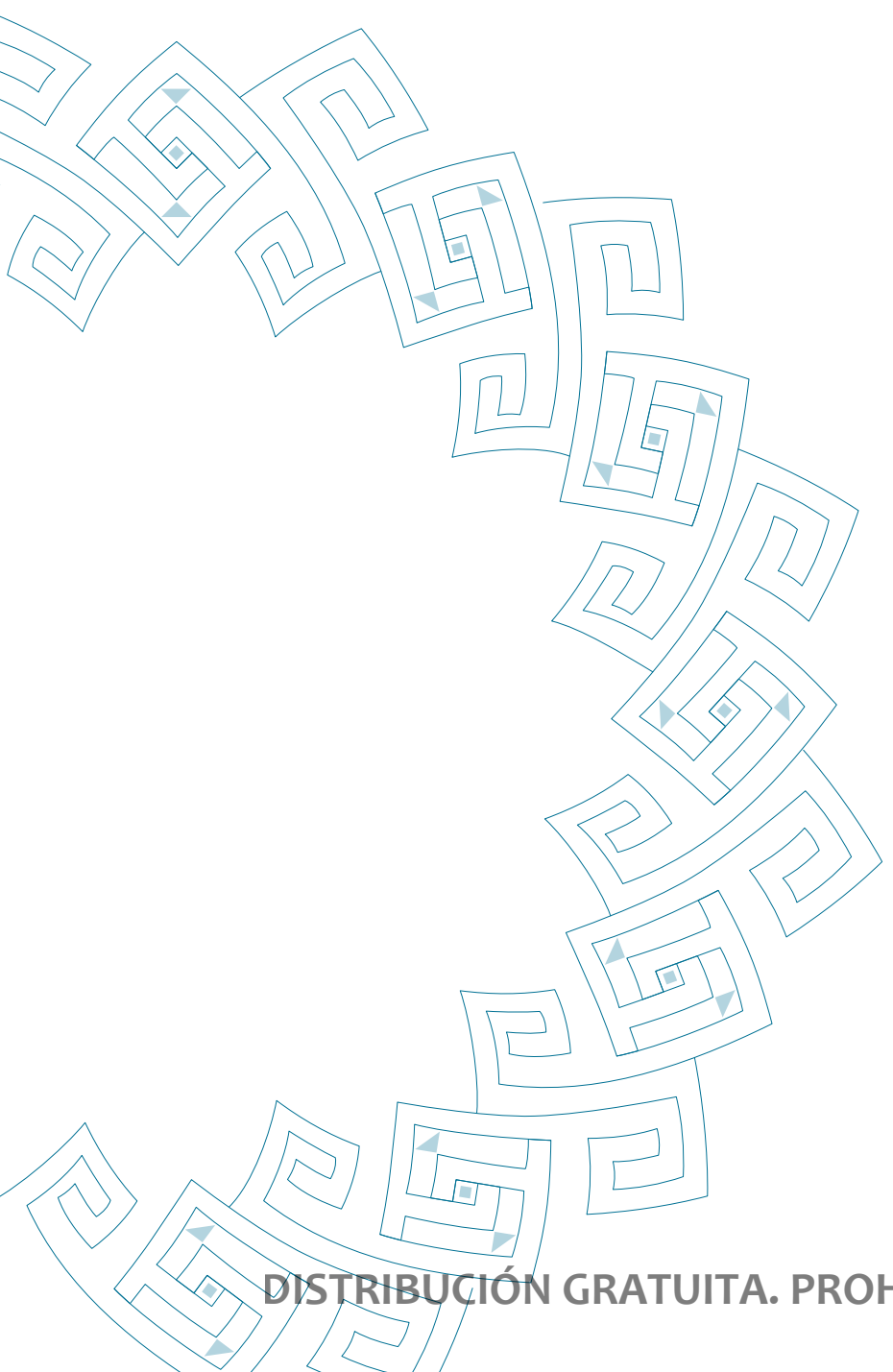
## Referencias

- Álvarez, F. 1997. *Los crustáceos decápodos de agua dulce de México*. Instituto de Biología-UNAM. Informe final proyecto No. E002 SNIB-CONABIO. En: <<http://conabio.gob.mx/institución/proyectos/resultados/Inf%20e002.pdf>>, última consulta: 28 de abril de 2017.
- Álvarez, F., J.L. Bortolini, J.L. Villalobos y L. García. 2014a. La presencia del acicil australiano *Cherax quadricarinatus* (Von Martens, 1868) en México. En: *Especies invasoras acuáticas: casos de estudio en ecosistemas de México*. A.M. Low-Pfeng, P.A. Quijón y E. Peters-Recagnos (eds.). SEMARNAT, México, pp. 605-626.
- Álvarez, F. y J.L. Villalobos. 1995. Lista anotada de los tipos de la colección de crustáceos (Decapoda: Brachyura) del Instituto de Biología, de la Universidad Nacional Autónoma de México. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural* 46:87-96.
- . 2016a. The crayfish of Middle America. En: *Freshwater crayfish: a global overview*. T. Kawai, Z. Faulkes y G. Scholtz (eds.). Taylor and Francis, Nueva York, pp. 448-463.
- . 2016b. Freshwater decapod diversity and conservation in Mexico. En: *Conservation and biology of freshwater Decapoda: A global overview*. T. Kawai y N. Cumberlidge (eds.). Springer, Suiza, pp. 237-266.
- Álvarez, F., J.L. Villalobos, G. Armendáriz y C. Hernández. 2014b. Relación biogeográfica entre cangrejos dulceacuicolas y acociles a lo largo de la zona mexicana de transición: reevaluación de la hipótesis de Rodríguez (1986). *Revista Mexicana de Biodiversidad* 83(4):1073-1083.
- Álvarez, F., J.L. Villalobos y E. Lira. 1996. Decápoda. En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento*. Vol. 1. J. Llorente-Bousquets, A. García-Aldrete y E. González-Soriano (eds.). Instituto de Biología-UNAM, México, México, pp. 103-129.
- Álvarez-Silva, C. y R. Campos-Verduzco. 2000. *Arctodiaptomus dorsalis* (Copepoda: Calanoida) in the states of Morelos and Tabasco, México. *Revista de Biología Tropical* 48:722-722.
- Arboleda, D.A. 2005. Calidad del agua y mantenimiento de acuarios. *Revista Electrónica de Veterinaria REDVET* 6(8):1-11.
- Bermúdez, Y. 2010. *Diversidad del orden Cladocera (Crustacea: Branchiopoda: Phyllopoada) de las pozas de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, Ciudad Universitaria, México*. Tesis de licenciatura en biología. Facultad de Ciencias-UNAM, México.
- Bortolini, J.L., F. Álvarez y G. Rodríguez-Almaraz. 2007. On the presence of the Australian redclaw crayfish, *Cherax quadricarinatus*, in Mexico. *Biological Invasions* 9:615-620.
- Brusca, R.C., W. Moore y S.M. Shuster. 2016. *Invertebrates*. Sinauer Associates, Massachusetts.
- Cano-Santana, Z., A. Romero-Mata y V. López-Gómez. 2016. Crustáceos y miriápodos (Crustacea y Myriapoda). En: *La biodiversidad en la Ciudad de México*. Vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp. 259-267.
- Contreras-MacBeath, T., J.C. Boyás y F. Jaramillo. 2006. *La diversidad biológica en Morelos: estudio del estado*. CONABIO/UAEM, México.
- Contreras-MacBeath, T., E. Ongay-Delhumeau y V. Sorani. 2002. *Programa estatal de ordenamiento territorial sustentable de Morelos fases I, II y III. Incluyendo los subsistemas natural, social y económico*. SEDESOL, México.
- Elías-Gutiérrez, M. 2014. Zooplancton de agua dulce: especies exóticas, posibles vías de introducción. En: *Especies acuáticas invasoras en México*. R. Mendoza y P. Koleff (eds.). CONABIO, México, pp. 309-315.

- Eliás-Gutiérrez, M., E. Suárez-Morales, M.A. Gutiérrez-Aguirre et al. 2008a. *Cladocera y Copepoda de las aguas continentales de México*. CONABIO/FES Iztacala-UNAM/ECOSUR, México.
- . 2008b. *Cladocera y Copepoda de las aguas continentales de México. Guía ilustrada*. ECOSUR/FES Iztacala-UNAM/CONABIO/CONACYT, México.
- Gallardo-Pineda, V. 2013. *Composición y abundancia del zooplancton en el bordo Huitchila, Mor.* Tesis de licenciatura en biología. FES Iztacala-UNAM, Estado de México.
- García, M. 2016. *Peligra cangrejito barranqueño por contaminación*. Diario de Morelos. En: <<http://www.diariodemorelos.com/content/peligra-cangrejito-barranque%C3%B1o-por-contaminaci%C3%B3n>>, última consulta: 05 de julio de 2018.
- García-Rodríguez, J., J.G. Granados-Ramírez, H. Quiroz-Castelán et al. 2005. Utilización de fertilizantes y desechos agrícolas para el crecimiento del langostino *Macrobrachium rosenbergii* en estanques rústicos. *Revista Electrónica de Veterinaria REDVET* 6(8):1-10.
- García-Rodríguez, J., F.I. Molina-Astudillo, M. Díaz-Vargas y H. Quiroz-Castelán. 2010. Componentes fitoplanctónicos y zoobentónicos en el lago Zempoala, Morelos, México. *Acta Universitaria* 20(2):23-30.
- García-Vázquez, L. 2013. *Variación morfológica en isópodos del género Caecidotea (Packard, 1871) (Crustacea: Peracarida: Isopoda) de México*. Tesis de licenciatura en biología. Facultad de Ciencias-UNAM, México.
- Gómez-Márquez, J.L., B. Peña-Mendoza, J.L. Guzmán-Santiago y V. Gallardo-Pineda. 2013. Composición, abundancia del zooplancton y calidad de agua en un microreservorio en el estado de Morelos. *Hidrobiológica* 23(2):227-240.
- Hernández, M.C., E. Escobar y J. Alcocer. 2010. Ensamble de Crustáceos bentónicos en un lago salino tropical. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 81(Supl.):S133-S140.
- Kayang, H., G. Sharma y B. Kharbuli. 1997. The effect of isopod feeding activities on litter microbial population. *Geobios* 24:42-46.
- Lamothe-Argumedo, R. 1999. La gnatostomiasis. Breve revisión y recomendaciones. *Revista Mexicana de Patología Clínica* 46(2):86-91.
- Mañón-Zúñiga, C.S. 2008. Reproducción del pez ángel *Pterophyllum scalare* (Pisces: Cichlidae) Lichtenstein, 1823. En: *Memorias del XIX Congreso de Investigación del Centro Universitario Anglo Mexicano*. CUAM, Cuernavaca.
- Martínez, D., S. Marañón y A. Malpica, 2006. Transición del sector agrícola hacia la acuicultura en el estado de Morelos. Análisis de caso: el cultivo del langostino en la granja ejidal "El Jicarero". *Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente* 6(12):39-66.
- Mendoza-Estrada, L.J., R. Lara López y R. Castro-Franco. 2008. Dieta de *Lithobates zweifeli* Hillis, Frost y Webb 1984 (Anura: Ranidae) en un río estacional del centro de México. *Acta Zoológica Mexicana* 24(1):169-197.
- Molina-Astudillo, F.I., H. Quiroz-Castelán, J. García-Rodríguez y M. Díaz-Vargas. 2005. Distribución vertical del plancton en un estanque rústico de producción piscícola en el municipio de Cuautla, Morelos, México. *Revista Electrónica de Veterinaria REDVET* 6(4):1-17.
- Mulaik, S. 1960. Contribución al conocimiento de los isópodos terrestres de México (Isopoda, Oniscoidea). *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural* 21:79-292.
- Ponce-Palafox, J.T., F.C. Arana-Magallón, H. Cabanillas-Beltrán y H. Esparza-Leal. 2002. Bases biológicas y técnicas para el cultivo de los camarones de agua dulce nativos del Pacífico Americano *Macrobrachium tenellum* (Smith, 1871) y *M. americanum* (Bate, 1968). En: *Memorias del I Congreso Iberoamericano Virtual de Acuicultura*. Zaragoza.
- Quiroz-Castelán, H. y M. Díaz-Vargas. 2010. Los bordos y su aprovechamiento en Morelos. *Inventio* 12:33-38.
- Quiroz-Castelán, H., M. Díaz-Vargas, R. Trejo-Albarrán y E. Arriaga. 2000. Aspectos sobre la abundancia y distribución de los principales grupos de la fauna bentónica en el lago "Zempoala", Morelos, México. *Ciencia y Mar* 4:39-50.
- Quiroz-Castelán, H., A.F. González-Miranda, M. Díaz-Vargas et al. 2012. Fauna bentónica en el bordo "La Poza" en la región oriente del estado de Morelos durante un ciclo anual. *Revista Electrónica de Veterinaria REDVET* 13:1-16.
- Quiroz-Castelán, H., F.I. Molina-Astudillo, J. García-Rodríguez y M. Díaz-Vargas. 2007. Los lagos Zempoala y Tonatiagua del Parque Natural Lagunas Zempoala, Morelos. En: *Aguas interiores de México. Conceptos y casos*. G. de la Lanza Espino y S. Hernández-Pulido (comps.). AGT Editores, México, pp. 143-167.
- Rivas, G. y A. Hoffmann. 2007. *Phylum Arthropoda*. En: *Niveles de organización en animales*. M.A. Fernández y G. Rivas (eds.). Facultad de Ciencias-UNAM, México, pp. 233-253.
- Robles, G.H. 1995. *Investigaciones de biotecnología para producir en cautiverio acocil, rana toro y ajolotes*. Desarrollo de lotes. Reporte de servicio social de licenciatura. Iztapalapa-UAM, México.
- Rocha, R.A., J. Alcocer-Durand, R. Chávez-López et al. 2012. *Guía de identificación de isópodos acuáticos continentales mexicanos*. FES Iztacala-UNAM, México.
- Rocha-Ramírez, A., F. Álvarez, J. Alcocer et al. 2009. Lista anotada de los isópodos acuáticos epicontinentales de México (Crustacea: Isopoda). *Revista Mexicana de Biodiversidad* 80:615-631.
- Rodríguez, G. y A.F.E. Smalley. 1969. Los cangrejos de agua dulce de México de la familia Pseudothelphusidae (Crustácea, Brachyura). *Anales del Instituto de Biología-UNAM. Serie Ciencias del Mar y Limnología* 40(1):69-112.



- Rodríguez-García, S. 2014. *Revisión taxonómica de los Oníscidos (Crustacea: Isopoda) de México*. Tesis de licenciatura en biología. Facultad de Ciencias-UNAM, México.
- Schmitt, W.L. 1965. *Crustaceans*. University of Michigan Press, Michigan.
- Schram, F.R. 1986. *Crustacea*. Oxford University Press, Nueva York.
- SEMARNAT. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. *Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010*. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.
- Sierra-Castillo, C. y J.G. Granados-Ramírez. 2013. Los crustáceos y su mecanismo de defensa en la acuicultura. *Inventio* 17:41-45.
- Suárez-Morales, E., M.A. Gutiérrez-Aguirre y F. Mendoza. 2011. The Afro-Asian cyclopoid *Mesocyclops aspericornis* (Crustacea: Copepoda) in eastern Mexico with comments on the distribution of exotic copepods. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82:109-115.
- Suárez-Morales, E., A. Morales Ramírez y M.A. Gutiérrez. 2003. Voracidades acuáticas. Control Biológico del mosquito. *Ciencia y Desarrollo* 29(168):28-34.
- Suárez-Morales, E., J.W. Reid y R. Gasca. 2000. Copepoda. En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento*. Vol. II. J. Llorente-Bousquets, E. González-Soriano y N. Papavero. Facultad de Ciencias-UNAM, México, México, pp.171-190.
- Trujillo-Jiménez, P. y M.A. Castro-Lara. 2009. Dieta de la carpa *Notropis moralesi* (Pisces: Cyprinidae) en el río Amacuzac, Morelos, México. *Revista de Biología Tropical* 57(1-2):195-209.
- Trujillo-Jiménez, P. y E. Díaz-Pardo. 1996. Espectro trófico de *Ilyodon whitei* (Pisces: Goodeidae) en el río del Muerto, Morelos, México. *Revista de Biología Tropical* 44(2):795-801.
- Villalobos, J.L. y F. Álvarez. 2008. Los cangrejos de agua dulce de la Familia Pseudothelphusidae (Decapoda: Brachyura: Eurbrachyura) de México. Con un apéndice de las especies citadas para América hasta el 2006. En: *Crustáceos de México: estado actual de su conocimiento*. F. Álvarez y G. Rodríguez (eds.). Programa de Mejoramiento del Profesorado-SEP/Dirección General de Publicaciones-UANL, Monterrey, pp. 239-299.
- Villalobos, J.L., F. Álvarez, C. Hernández *et al.* 2010. Crustáceos decápodos de las cuencas Copalita, Zimatán y Coyula, en Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 81(Supl.):S99-S111.
- Villalobos, J.L., A. Cantú y E. Lira-Fernández. 1993. Los crustáceos dulceacuícolas de México. En: *Diversidad biológica en México*. R. Gío-Argáez y E. López-Ochoterena (eds.). Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural, México, pp. 267-290.
- Villalobos-Figueroa, A. 1943. Estudios de los cambarinos mexicanos. I. Observaciones sobre *Cambarellus montezumae* (Saussure) y algunas de sus formas con descripción de una subespecie nueva. *Anales del Instituto de Biología-UNAM* 14(2):587-611.
- . 1955. *Cambarinos de la fauna mexicana (Crustacea, Decapoda)*. Tesis de licenciatura en biología. Facultad de Ciencias-UNAM, México.
- Villalobos-Hiriart, J.L. 2005. *Sistemática de los cangrejos de agua dulce en México, tribu Pseudothelphusini Ortmann. 1897 (Crustacea: Decapoda: Brachyura: Pseudothelphusidae), Análisis filogenético, biogeográfico y descripción de especies nuevas*. Tesis de doctorado en ciencias biológicas. Instituto de Biología-UNAM, México.
- Zimmer, M. 2002. Nutrition in terrestrial isopod (Isopoda: Oniscidea): an evolutionary ecological approach. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society* 77:455-493.



**DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA**

## Arañas (Araneae)

César Gabriel Durán Barrón

### Introducción

Las arañas (orden Araneae) son arácnidos que presentan un cuerpo dividido en dos partes: el prosoma (cefalotórax -tórax y cabeza unidos-) y el opistosoma (abdomen), ambos unidos por un estrecho pedicelo (cintura). Poseen glándulas de veneno asociadas a los quelíceros (partes bucales), así como apéndices productores de seda en la zona media o posterior del opistosoma; y en el caso de los machos adultos, un par

de pedipalpos (apéndices) desarrollados como órganos que sirve para la cópula (Coddington *et al.* 2004, Beccaloni 2009, Foelix 2011).

En el orden Araneae se incluyen a los subórdenes Mesothelae (una familia, dos géneros y 85 especies) y Opisthothelae, con los infraórdenes Mygalomorphae (tarántulas, 16 familias, 346 géneros y 2 881 especies; figura 1) y Araneomorphae (arañas verdaderas, 98 familias, 3 701 géneros y 43 443 especies; figura 2; Coddington y Levi 1991, Coddington *et al.* 2004, Ubick *et al.* 2005).



Figura 1. Tarántula dorada (*Brachypelma albiceps*). Foto: Griselda Montiel-Parra.

Durán-Barrón, C.G. 2020. Arañas (Araneae). En: *La biodiversidad en Morelos. Estudio de Estado 2*. Vol. II. CONABIO, México, pp. 67-72.



Figura 2. Ejemplar de la familia Araneidae, género *Neoscona*. Foto: Griselda Montiel-Parra.

## Diversidad y distribución

La amplia diversidad del orden Araneae lo ubica en el séptimo lugar en riqueza de especies entre los artrópodos. A pesar de ello, se estima que sólo un tercio de las especies se han descrito (Brescovit *et al.* 2002). Se considera que esta diversidad puede llegar alcanzar entre 76 mil y 80 mil especies (Platnick 2016), o incluso hasta 120 mil especies (Coddington *et al.* 2004, Garrison *et al.* 2016).

El orden Araneae tiene 120 familias, 4 145 géneros y 48 365 especies en el mundo (World Spider Catalog 2019), en específico para México se reconocen 66 familias, 534 géneros y 2 295 especies (Francke 2014). Particularmente, en Morelos sólo se reconocen 23 familias, 64 géneros y 104 especies (97 identificadas, apéndice 23; Hoffmann 1976, Richman *et al.* 2011, Nieto-Castañeda y Álvarez-Padilla 2013, World Spider Catalog 2017).

Las arañas se encuentran en casi cualquier lugar de la tierra (Foelix 2011), exceptuando la Antártica (Jiménez 1996), el aire y el mar abierto (Foelix 2011); y tienen un rol dominante en casi todos los ecosistemas terrestres (Foelix 2011, Garrison *et al.* 2016).

Aunque Morelos cuenta con una gran cantidad de estudios sobre su fauna de artrópodos, la gran mayoría de ellos están más encaminados al conocimiento de la entomofauna (diversidad de insectos; Contreras-MacBeath *et al.* 2006).

Para el caso particular de las arañas, los estudios de Hoffmann (1976), quien registró 82 especies arañas, y el de Jiménez (1983) que incluye la descripción de la especie de araña lobo (*Pardosa amacuzacensis*) en la Sierra de Huautla (municipio de Amacuzac), se pueden considerar de mayor relevancia para el estado.

Sin embargo, se cuenta con otros trabajos desarrollados en el estado, como los de Torres (1992) que analizó la distribución altitudinal de los araneídeos en el declive sur de la Sierra del Chichinutzin (municipio de Tepalcingo), y de Jiménez (1996) que reporta 124 especies, lo que deja al estado en el lugar número 14 en riqueza específica a nivel nacional.

Durante los primeros años del siglo XXI, Nieto (2000) y Correa (2001) realizaron estudios de las arañas en la entidad. El primero realizó un inventario de arañas en la parte alta del Balsas, Sierra de Huautla (municipio de Tepalcingo), que abarcó cuatro localidades de Morelos con la recolección de 39 especies. El segundo comparó la diversidad de arañas arbustivas y de árboles, y obtuvo un registro de 12 familias.

Posteriormente, ya entrado el siglo XXI se dio un repunte en los trabajos relacionados con las arañas. Medina (2009) realizó un estudio sobre la depredación de la araña de seda dorada (*Nephila clavipes*) durante su ontogenia (desarrollo embrionario) en la Sierra de Huautla (municipio de Tepalcingo). Por su parte, González-Tokman y Martínez-Garza (2015) trabajaron sobre el efecto de la restauración ecológica en la talla corporal de *N. clavipes* en Sierra de Huautla (municipio de Tepalcingo).

Sobre este orden, hay trabajos en los que se evalúa la riqueza, la abundancia y la composición de las arañas tejedoras y errantes como prueba de la eficacia de los tratamientos de restauración ecológica en la selva estacional de Sierra de Huautla (Rivas 2015, Hernández 2016). En esta misma área, se realizaron trabajos sobre la diversidad, la fenología y la estacionalidad de las familias Salticidae (Menéndez-Acuña *et al.* 2016, Sosa-Romero *et al.* 2016) y Araneidae (Salas-Rodríguez *et al.* 2016, Salas-Rodríguez 2018).

## Importancia

Las arañas se ubican entre los depredadores más abundantes en cualquier ecosistema terrestre (Jiménez 1996), e incluso se consideran como componentes significativos en ecosistemas de agua dulce y marinos (Ubick *et al.* 2005).

A muchas arañas se les considera depredadoras generalistas, debido a que pueden capturar y consumir toda una variedad de presas; aunque también hay arañas que llegan a ser especialistas y se alimentan sólo de un tipo de presa (Bradley 2013).

Sin embargo, dentro de este mismo orden las dietas pueden variar, debido a que hay algunas que incluyen granos de polen como las arañas de sabana (familia Linyphiidae), néctar como las arañas cangrejo (familia Thomisiidae, figura 3; Foelix 2011), e inclusive cuerpos belgianos (tejido especializado para recompensa) y néctar extrafloral como las arañas saltarinas (familia Salticidae, figura 4; Meehan *et al.* 2009).

Lo que es un hecho es que diversos estudios establecen que las arañas juegan un rol importante como consumidoras de insectos (figura 5), tanto en ambientes naturales como en tierras para cultivo (Bradley 2013). Algunos ejemplos de esto son los estudios de Rivas (2015) y Hernández (2016) sobre la evaluación de la riqueza, la abundancia y la composición de arañas tejedoras y errantes en zonas de cultivo bajo tratamientos de restauración ecológica, versus sitios expuestos a perturbación.

En el ámbito económico, cada vez más estudios se enfocan en el conocimiento de las proteínas que conforman la seda de las arañas, debido a su gran resistencia y elasticidad (Ubick *et al.* 2005).

De igual manera, el veneno de las arañas ha sido estudiado como un potencial pesticida, y en el ámbito médico hay investigaciones recientes que consideran a los componentes del veneno como útiles en padecimientos cardíacos.

## Situación y estado de conservación

En las últimas décadas se incrementó el comercio ilegal de fauna animal y vegetal en México, un ejemplo palpable de esto es un grupo en extremo vulnerable conocido como tarántulas (infraorden Mygalomorpha). La popularidad de este grupo como mascotas ha ido en aumento, debido a que sus ejemplares llaman la atención



Figura 3. Araña cangrejo de la familia Thomisiidae. Foto: Griselda Montiel-Parra.



Figura 4. Araña saltarina (*Phidippus* sp.) de la familia Salticidae. Foto: Griselda Montiel-Parra.



Figura 5. Araña (*Neoscona* sp.) de la familia Araneidae durante la captura de una presa. Foto: Griselda Montiel-Parra.

por su gran tamaño y colores. Esto ha devenido en la sobreexplotación de algunas poblaciones naturales de ciertas especies, que ha puesto en riesgo su conservación (Durán-Barrón *et al.* 2016, Mendoza-Marroquin 2016).

De las 104 especies que se reportan en Morelos (apéndice 23), sólo la tarántula dorada (*Brachypelma albiceps*, figura 1), se encuentra en la NOM-059 y en el Apéndice II de la CITES (SEMARNAT 2010, CITES 2015).

## Factores de presión

La principal amenaza para las arañas recae en las acciones ejecutadas por los humanos. De manera concreta, el saqueo y la venta ilegal de determinadas especies en el mercado informal, el constante deterioro de los ecosistemas naturales mediante el cambio del uso del suelo, así como la introducción de ganado, juegan un papel determinante en la destrucción de los hábitats naturales de las arañas (García 2017). Cabe mencionar, la presencia de ciertos animales de granja (gallinas, pavos y gatos) que pueden depredarlas (Orozco 2016).

## Acciones de conservación

Pocas son las acciones de conservación que se realizan en pro de las arañas, principalmente para las especies

incluidas en la CITES, como la tarántula de rodillas de fuego (*Brachypelma auratum*) y la tarántula dorada.

Dentro de estas escasas acciones, destacan por su labor que realizan personas como Rodrigo Orozco Torres y Jorge I. Mendoza Marroquin, cada uno de ellos desde su unidad de manejo para la conservación de la vida silvestre (UMA), Tarántulas de México y Arachnida, respectivamente.

El objetivo en conjunto de ambas UMA es la preservación, conservación y reproducción de especies de tarántulas en peligro de extinción. Para ello, las reproducen en cautiverio, liberan y reintegran a su medio ambiente, con la finalidad de crear conciencia de que son animales en extremo vulnerables y que podrían encontrarse en peligro, a la vez de evitar su saqueo y venta en el comercio informal.

De igual manera, criar a las especies nativas en cautiverio o semicautiverio, o hacer una extracción controlada de estos animales con cuotas fijas basadas en estudios poblacionales y de capacidad de carga, así como regular la explotación de la fauna mediante el establecimiento de cuotas de exportación podría ser una buena herramienta.

Asimismo, sería deseable llevar a cabo programas de reproducción del género *Brachypelma*, e incluir a todas las especies presentes en México, así como la reintroducción y repoblación de tarántulas en sitios clave.

Finalmente, la mejor y principal acción de conservación que se debe llevar a cabo es la conservación y/o restauración del hábitat, debido a que el principal impacto sobre las poblaciones naturales de tarántulas es la fragmentación y destrucción de su hábitat (García 2017).

## Agradecimientos

A la M.C. Dariana Raquel Guerrero Fuentes, al Dr. Jorge I. Mendoza Marroquin y al Dr. David Ortiz Martínez, de la Colección Nacional de Arácnidos del Instituto de Biología, UNAM. A los biólogos Cecilio Iván Rivas Herrera y Miguel Menéndez Acuña de la UAEM y al zoólogo Rodrigo Orozco Torres de la UMA Tarántulas de México, por compartir amablemente la información para el desarrollo de este trabajo. A la M.C. Griselda Montiel-Parra, técnico académico titular "A" de la Colección Nacional de Ácaros (CNAC) del Instituto de Biología, UNAM por su consentimiento para el uso de las fotografías presentes en este trabajo. A la Dra. Irma Gisela Nieto Castañeda por sus valiosos comentarios y correcciones realizadas a la versión preliminar del escrito. Al Dr. Víctor López Gómez por la invitación a participar en la presente obra y por todo el apoyo logístico.

## Referencias

- Beccaloni, J. 2009. *Arachnids*. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization Publishing/Natural History Museum, Londres.
- Bradley, R.A. 2013. *Common spiders of North America*. University of California Press, California.
- Brescovit, A.D., A.B. Bonaldo, R. Bertani, y C.A. Rheims. 2002. Araneae. En: *Amazonian arachnida and myriapoda: identification keys to all classes, orders, families, some genera and lists of known terrestrial species*. J. Adis (ed.). Pensoft, Bulgaria, pp. 303-343.
- CITES. Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. 2015. *Apéndices I, II y III*. Secretaría de la CITES. En: <<http://www.cites.org/esp/app/appendices.php>>, última consulta: 14 de abril de 2017.
- Coddington, J.A., G. Giribet, M.S. Harvey *et al.* 2004. Arachnida. En: *Assembling the tree of life*. J. Cracraft y M. J. Donoghue (eds.). Oxford University Press, Nueva York, pp. 296-318.
- Coddington, J.A. y H.W. Levi. 1991. Systematics and evolution of spiders (Araneae). *Annual Review of Ecology and Systematics* 22:565-592.
- Contreras-MacBeath, T., J.C. Boyás y F. Jaramillo. 2006. *La diversidad biológica en Morelos: estudio del estado*. CONABIO/UAEM, México.
- Correa, M.M. 2001. *Estudio comparativo de las arañas de la vegetación arbustiva y arbórea de dos comunidades vegetales en Tlancualpican, Puebla y Cerro El Horno, Morelos, México*. Tesis de licenciatura en biología. FES Zaragoza-UNAM, México.
- Durán-Barrón, C.G., G. Montiel-Parra, A. Valdez-Mondragón *et al.* 2016. Arácnidos (Arachnida). En: *La biodiversidad en la Ciudad de México. Estudio de estado*. Vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp. 227-236.
- Foelix, R.F. 2011. *The biology of spiders*. Oxford University Press, Nueva York.
- Francke, O. 2014. Biodiversidad de Arthropoda (Chelicerata: Arachnida ex Acari) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85(Supl.): S408-S418.
- García, G. 2017. *Tarántulas de México. Estatus de poblaciones en vida libre en el mundo, mercado ilegal y acciones de conservación*. UMA Aracnofilia, Cancún. En: <<http://www.tarantulasdemexico.com/statuspoblacion.htm#ACCIONES>>, última consulta: 14 de abril de 2017.
- Garrison, N.L., J. Rodríguez, I. Agnarsson *et al.* 2016. Spider phylogenomics: untangling the spider tree of life. *PeerJ* 4:e17119.
- González-Tokman, D. y C. Martínez-Garza. 2015. Effect of ecological restoration on body condition of a predator. *PLOs ONE* 10(7):e0133551.
- Hernández, Y.G. 2016. *Araneofauna de vegetación en tratamientos de restauración ecológica en selva estacional de Huautla, Morelos*. Tesis de licenciatura en ciencias biológicas. Facultad de Ciencias Biológicas-UAEM, Cuernavaca.
- Hoffmann, A. 1976. *Relación bibliográfica preliminar de las arañas de México (Arachnida: Araneae)*. Instituto de Biología-UNAM, México.
- Jiménez, M.L. 1983. Una nueva especie de pardosa del grupo lapidicina (Lycosidae: Araneae) de Amacuzac, Morelos. *Folia Entomológica Mexicana* 55:153-159.
- . 1996. Araneae. En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento*. Vol. I. J. Llorente-Bousquets, A. García-Aldrete y E. González-Soriano (eds.). Instituto de Biología-UNAM, México, pp. 83-101.
- Medina, M.A. 2009. *Depredación diferencial de presas durante la ontogenia de Nephila clavipes (Araneae: Nephilidae) en una selva seca de Morelos*. Tesis de licenciatura en ciencias biológicas. Facultad de Ciencias Biológicas-UAEM, Cuernavaca.
- Meehan, C.J., E.J. Olson, M.W. Reudink *et al.* 2009. Herbivory in a spider through exploitation of an ant-plant mutualism. *Current Biology* 19(19):892-893.

- Mendoza-Marroquin, J. 2016 Las tarántulas endémicas del D.F.: problemática y conservación. En: *La biodiversidad en la Ciudad de México. Estudio de estado*. Vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp. 245-248.
- Menéndez-Acuña, M., C.G. Durán-Barrón y R.M. Ventura. 2016. Diversity of Salticidae (Arachnida: Araneae) in Sierra de Huautla, Morelos: A first taxonomic inventory. En: *Memorias del xxv Congreso Internacional de Entomología*. Orlando.
- Nieto, I.G. 2000. *Inventario de arañas de algunas localidades de los estados de Puebla y Morelos en la parte alta del Balsas*. Tesis de licenciatura en biología. FES Zaragoza-UNAM, México.
- Nieto-Castañeda, I.G. y F. Álvarez-Padilla. 2013. Catálogo de arañas de la Superfamilia Araneoidea FES Zaragoza-UNAM. Proyecto IE002. Informe técnico final presentado a CONABIO.
- Orozco, T.R. 2016. Zoólogo Naturalista, Fundador y Presidente de la UMA "Tarántulas de México". Comunicación personal, noviembre.
- Platnick, N.I. 2016. Curador de la División de zoología de invertebrados del Museo Americano de Historia Natural en Nueva York. Comunicación personal, marzo.
- Richman, D.B., B. Cutler y D.E. Hill. 2011. Salticidae of North America, including Mexico. *Peckhamia* 95(1):1-88.
- Rivas, C.I. 2015. *Araneofauna errante (Arachnida: Araneae) en tratamientos de restauración ecológica en la selva estacional de sierra de Huautla, México*. Tesis de licenciatura en ciencias biológicas. Facultad de Ciencias Biológicas-UAEM, Cuernavaca.
- Salas-Rodríguez, M. 2018. *Diversidad en la familia Araneidae (Arachnida: Araneae) en tres localidades de Sierra de Huautla, Morelos, México*. Tesis de licenciatura en biología. UAEM, Cuernavaca.
- Salas-Rodríguez, M., V. Rosas-Echeverría y G. Montiel-Parra. 2016. Diversity of Araneidae (Arachnida: Araneae) in Sierra de Huautla, Morelos, Mexico. En: *Memorias del xxv Congreso Internacional de Entomología*. Orlando.
- SEMARNAT. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. *Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010*. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.
- Sosa-Romero, M., M. Menéndez-Acuña y A. Burgos-Solorio. 2016. Fenología y estacionalidad del género *Mexigonus* Edwards, 2002 (Araneae: Salticidae) en un bosque templado al norte de Cuernavaca, Morelos, México. *Entomología Mexicana* 3:919-923.
- Torres, M.A. 1992. *Distribución latitudinal de los araneidos en el declive sur de la Sierra del Chichinautzin, estado de Morelos (Araneae: Araneomorphae)*. Tesis de licenciatura en biología. Facultad de Ciencias-UNAM, México.
- Ubick, D., P. Paquin, P.E. Cushing et al. 2005. *Spiders of North America: an identification manual*. American Arachnological Society, San Francisco.
- World Spider Catalog. 2019. *World Spider Catalog*. Version 20.5. Natural History Museum Bern. En: < <http://wsc.nmbe.ch>>, última consulta: 11 de septiembre de 2019.



# Alacranes (Scorpiones)

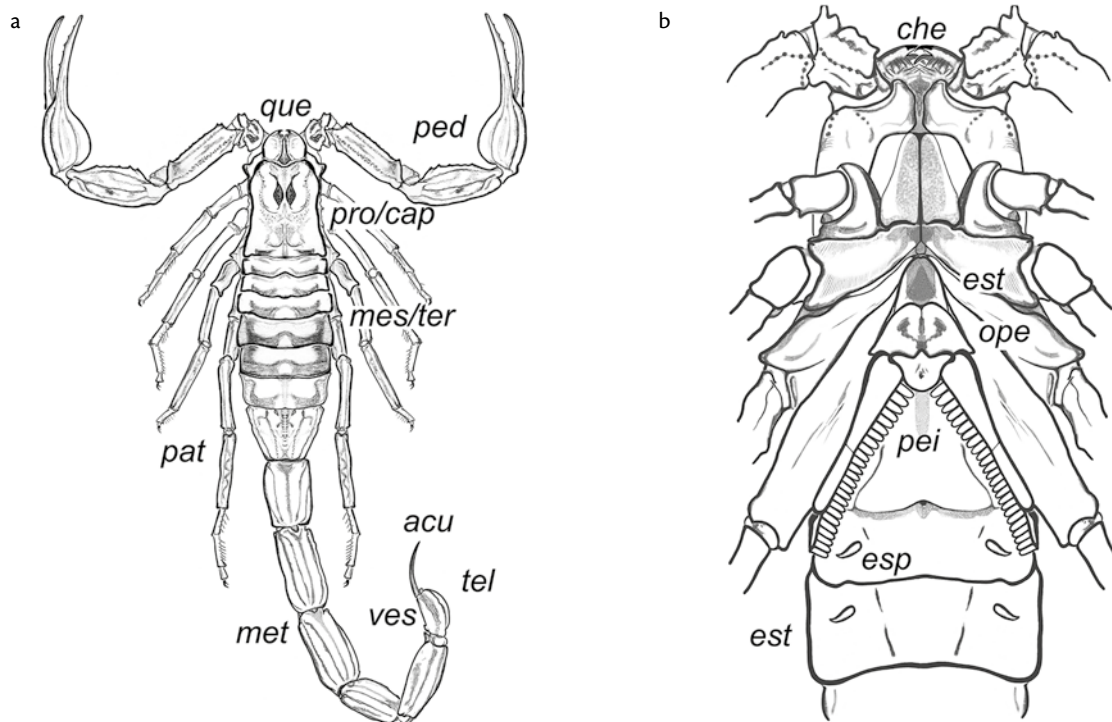
Edmundo González Santillán

## Introducción

Los alacranes son artrópodos (animales con patas caminadoras articuladas) que pertenecen al orden Scorpiones. Su morfología es particular y fácilmente distinguible de otros arácnidos (figura 1), debido a que está constituida por tres segmentos: uno anterior llamado prosoma, uno medio denominado mesosoma y uno posterior conocido como metasoma.

Sus pedipalpos, el segundo par de apéndices después de los quelíceros, conforman un par de quelas o pinzas (figura 1a, *ped*). Esta característica la comparten con los falsos escorpiones, pero no se ha podido probar si provienen de un ancestro común o bien si es un carácter convergente (Sharma *et al.* 2015).

Un rasgo único de los alacranes es la presencia del metasoma (figura 1a, *met*) o cola, alargada y flexible, que en su extremo presenta una estructura derivada del



**Figura 1.** Esquema representativo de un alacrán del género *Centruroides*; a) vista dorsal del hábito y b) vista ventral del prosoma (*pro*), mesosoma (*mes*). *que*: quelíceros; *ped*: pedipalpos; *cap*: caparazón; *ter*: terguitos; *pat*: patas caminadoras; *met*: metasoma; *tel*: telson; *ves*: vesícula del telson; *acu*: acúleo; *est*: esternón; *ope*: opérculo genital; *pei*: peines; *esp*: espiráculos; y *ests*: esternitos. Ilustración: Ofelia Delgado Hernández.

González-Santillán, E. 2020. Alacranes (Scorpiones). En: *La biodiversidad en Morelos. Estudio de Estado 2*. Vol. II. CONABIO, México, pp. 73-77.

último segmento de la cola, llamada telson (figura 1a, *tel*; Hjell 1990.). Dentro del telson hay un par de glándulas que producen veneno, el cual puede inyectarse a otro animal mediante la inserción del aguijón o acúleo (figura 1a, *acu*) en tejido blando. Puesto que todos los alacranes son depredadores, la función primaria del veneno es la captura de presas y secundariamente la defensa en contra de sus propios depredadores.

Los alacranes son los únicos arácnidos que presentan una estructura pareada que se conoce como peines (figura 1b, *pei*), ubicados en la superficie ventral justo en la parte anterior del mesosoma. La función principal de éste es la percepción química y mecánica del medio donde se desplazan (Hjell 1990).

El orden Scorpiones pertenece al *subphylum* Chelicerata, que incluye todos aquellos artrópodos que poseen quelíceros. Los quelíceros son las partes bucales de estos animales que están formados por un par de piezas articuladas en forma de pinzas o quelas (figura 1, *que*). Estos animales incluyen ácaros, arañas, alacranes, amblipígidos o tenderapos, uropígidos o vinagrillos, opiliones o arañas patonas, solífugos o madres de alacrán, seudoescorpiones o falsos escorpiones, entre otros (Brusca *et al.* 2016).

El origen del orden es antiguo, lo cual se refleja en la existencia de al menos tres especies fósiles datadas hace más de 428 millones de años (Waddington *et al.* 2015). Es probable que los alacranes invadieran la tierra durante el período Carbonífero, hace unos 325 millones de años (Polis 1990).

La transición del agua a la tierra estuvo acompañada, obligadamente, de modificaciones morfológicas y fisiológicas. Quizás la más notoria fue el cambio en el órgano para el intercambio gaseoso que transitó de branquias a pulmones en libro, cuya ventilación externa se da a través de los espiráculos (figura 1b, *esp*), que son unas aperturas localizadas sobre la superficie ventral de los esternitos o placas quitinosas cinco a siete.

## Diversidad y distribución

Los alacranes están presentes en todos los biomas del mundo, con la excepción de las tundras y de los polos. Son más diversos en zonas áridas y subtropicales, aunque han colonizado una gran cantidad de hábitats, entre los que se incluyen el dosel de los bosques tropicales, cavernas, zonas intermareales, dunas de arena, entre otros (Polis 1990).

En México se distribuyen prácticamente en todo el territorio, excepto en los picos más altos, más allá de los 3 200 msnm (observación personal). En los últimos años, el estudio de la sistemática de los alacranes tomó impulso. A la fecha, los principales grupos naturales y las relaciones filogenéticas de los alacranes por arriba del nivel de familia, se estudian a gran detalle.

Sharma y colaboradores (2015) presentaron un análisis filogenético con más de 5 mil genes. Sus resultados fueron la base para proponer una clasificación natural que incluye siete superfamilias y 19 familias de alacranes recientes, más una extinta de la que sólo se conocen exuvias (cúcutula o exoesqueleto del artrópodo; Levy 2007).

Existen más de 200 géneros y más de 2 340 especies en el mundo (Rein 2017). En México se reportan ocho familias, 37 géneros y 278 especies hasta agosto de 2017 (Rein 2017). De acuerdo con los datos de Córdova-Athanasiadis (2005) y Santibáñez-López *et al.* (2011), en Morelos se tiene un listado que comprende cuatro familias, cinco géneros y 16 especies (13 identificadas, apéndice 24). Esta lista no es definitiva, debido a que al menos existen dos especies más que no se han descrito (Córdova-Athanasiadis 2005, Santibáñez-López *et al.* 2011). Además, la identidad taxonómica de *Mesomexovis* aff. *subcristatus* no se ha aclarado. Dicha especie está restringida a los estados de Oaxaca y Puebla en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán y su distribución en Morelos no concuerda con ésta última, además de que morfológicamente presenta diferencias (González-Santillán y Prendini 2013).

Cabe señalar que a pesar de que Morelos es un estado muy pequeño en términos de superficie, comparado con la mayoría de los estados de la república, posee 50% de las familias, 13.5% de los géneros y 5.7% de las especies registradas para el país. La parte sur de la entidad, que corresponde a la Depresión del Balsas, alberga 14 de las 16 especies registradas, mientras que las montañas del norte del estado son menos diversas con sólo cuatro especies (Córdova-Athanasiadis 2005).

Sin embargo, tres de las 16 especies presentes en el estado tienen una distribución más amplia: el alacrán del Balsas (*Centruroides balsasensis*), el alacrán de Iguala (*C. limpidus*) y el alacrán de tierra (*Mesomexovis variegatus*). Estas especies suelen ser simpátricas, es decir su distribución se traslapa y se pueden encontrar las tres en una misma localidad, a lo largo de su distribución.

Por otro lado, las especies de los géneros *Diplocentrus* y *Hoffmanniadrurus* se distribuyen en lugares donde los suelos son profundos y arcillosos. En general, estos géneros presentan un ecomorfotipo pelófilo, es decir, son alacranes con adaptaciones morfológicas que les permite construir galerías en suelos relativamente compactos (Prendini 2001).

Las especies del género *Vaejovis* se distribuyen en los bosques de pino-encino presentes en el estado, excepto por *V. curvidigitus* que se distribuye en macizos de roca localizados en bosques tropicales al sur del estado (Córdova-Athanasiadis 2005). Estas especies tienden a habitar promontorios de rocas, así como paredes de roca con grietas, cortes de carretera donde el substrato está expuesto y se forman grietas entre los terrones sueltos del substrato (observación personal).

Por su parte, *C. edwardsii* es sinantrópica, es decir, se encuentra comúnmente adentro de viviendas y se introdujo a México desde su procedencia original al sur de Colombia (De Armas *et al.* 2011).

Córdova-Athanasiadis (2005) registró esta especie exclusivamente en zonas habitacionales de Cuernavaca. No obstante, queda la interrogante sobre el sitio del país por el que fue importada la especie. Es posible suponer que haya sido transportada con materiales procedentes de Acapulco o Zihuatanejo (Guerrero), Culiacán o Mazatlán (Sinaloa), Guaymas (Sonora), o de Durango donde se encuentran poblaciones bien establecidas, y no de Colombia. Si se asume dicha explicación, sería más plausible por la distancia tan grande que hay desde el país sudamericano (De Armas *et al.* 2011).

## Importancia

En hábitats subtropicales y desérticos los alacranes son los depredadores más exitosos e importantes en términos de diversidad, biomasa, y estructura de comunidades de otros artrópodos (Polis 1990). Aunque no existen publicaciones al respecto para Morelos, se ha observado que *M. variegatus* puede ser numéricamente la especie de alacrán dominante en bosques tropicales caducifolios, sobre todo en temporada de lluvias entre junio y septiembre (observación personal).

En temporada de sequía, de diciembre a mayo, esta especie estiva para protegerse de la deshidratación dentro de galerías profundas que ellos mismos cavan, al punto que desaparecen de los lugares habituales como

son bajo rocas o troncos en descomposición (González-Santillán y Prendini 2013). Sin duda, todas estas especies son de vital importancia en el mantenimiento y estabilización del tamaño poblacional de otros artrópodos, incluidas especies potencialmente dañinas a cultivos.

Morelos es uno de los siete estados del país con mayor mortalidad y los nueve con mayor morbilidad por picadura de alacrán. Hecho que se refleja con las más de 50 defunciones reportadas entre 1997 y 2013, y con más de 300 casos de intoxicación por picadura de alacrán por cada 100 mil habitantes (Ponce-Saavedra *et al.* 2016).

En el estado se registran sólo dos especies de importancia para la salud pública: *C. balsasensis* y *C. limpidus* las cuales son responsables de defunciones en el estado (Villegas *et al.* 1988, Lagunas-Flores y Lagunas-Jaimes 2009, Santibáñez-López *et al.* 2015, Ponce-Saavedra *et al.* 2016).

Los principales parámetros epidemiológicos que se reportan en la entidad (Bourée *et al.* 2005) se detallan y comparan con otros estudios en otros estados de la república en este volumen (véase *El impacto de los alacranes del género Centruroides en la salud pública* en esta obra).

Por lo anterior, la percepción general de la gente al respecto de los alacranes es de miedo. En cierta medida tal actitud se justifica, por su reputación como arácnidos que por su picadura pueden provocar la muerte a infantes. Sin embargo, su aspecto como figura divina representando la cacería, la guerra, el auto sacrificio, la lluvia, los astros, etcétera, fraguó profundamente en la concepción cosmogónica de culturas originarias de México y persiste hasta el presente (De la Garza 1984).

Por ejemplo, en Morelos y particularmente en la población de Tepoztlán, el alacrán es un animal totémico, que fusionado con celebraciones católico-religiosas forma parte esencial de la identidad de un barrio de esta población (véase *El alacrán en la cultura* en esta obra).

## Situación y estado de conservación

En Morelos es difícil hacer una valoración del estado de conservación de los alacranes porque se carece de trabajo de campo. No existen evaluaciones que permitan proponer un estatus de conservación, por lo que es urgente que se lleven a cabo estudios demográficos de las especies de alacranes del estado. Se tendría que poner atención en las especies pelófilas, por ser las especies más llamativas por su tamaño y morfología, que las puede



Figura 2. Hembra adulto de *Diplocentrus* sp. Foto: Diego Barrales Alcalá.

hacer blanco de la explotación para la venta como mascotas (figura 2).

Las especies pelófilas como *Diplocentrus longimanus* y el mata caballos (*Hoffmanniadrurus gertschi*) son estenotópicas, es decir, presentan una distribución muy restringida por sus adaptaciones tan específicas a un suelo arcilloso y compacto. En este sentido, la presencia-ausencia de este tipo de suelo es la que determina su distribución (Prendini 2001).

Las especies estenotópicas suelen ser más susceptibles a la extinción (Prendini 2001) porque si se les priva de un suelo arcilloso para cavar las galerías donde viven la mayor parte de su vida, es probable que no puedan completar su ciclo vital y con ello reducir el tamaño poblacional de la especie que podría llegar a la extinción.

Cabe señalar que son pocas las especies de alacranes que hay en la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), y no se han evaluado con precisión las especies que habitan México.

## Factores de presión

Sin lugar a duda el deterioro del hábitat es el factor de presión más preocupante, sobre todo por el estado de conservación de las selvas tropicales caducifolias que se distribuyen en Morelos, debido a que son las comunidades vegetales que albergan la mayor cantidad de especies en Morelos (Córdova-Athanasiadis 2005).

El cambio de uso del suelo y el avance de los asentamientos humanos podrían amenazar la supervivencia no sólo de los alacranes, sino de mucha flora y fauna nativa del estado.

## Acciones de conservación

Probablemente, la única forma de conservar estos y otros artrópodos sea a través de programas integrales de manejo y conservación de áreas naturales protegidas. La creación de reservas y áreas de protección especial, potencialmente conservarían los dos factores fundamentales: el suelo y otros organismos que sirven como sustento a los alacranes.

Otro aspecto es el uso racional de los alacranes como un producto comercial. Hasta el momento no existe control en el aprovechamiento de las poblaciones en este arácnido como mascotas y por tanto se requiere una norma clara y eficiente que pueda controlar su comercio.

## Conclusiones y recomendaciones

A pesar de ser un estado de superficie reducida, la escorpiofauna encontrada en el estado es sorprendentemente diversa con 13 especies bien definidas taxonómicamente y con tres que carecen de un estatus satisfactorio.

Por otro lado, su evaluación en términos de conservación no ha sido estudiada a profundidad. Es urgente una valorización de los parámetros demográficos de las especies susceptibles, así como también una delimitación fina que pueda contrastarse con el cambio de uso del suelo, el cual se ha venido produciendo en los últimos años.

Aunado a esto, existen dos especies que potencialmente pueden producir intoxicaciones tan severas que pueden producir la muerte a infantes. Por ello, es urgente la educación de los pobladores para poder convivir con estos alacranes altamente tóxicos, los hábitos de

prevención y atención de la intoxicación por su picadura son parte de las soluciones a un problema de salud bastante complejo.

Los dos problemas aquí esbozados requieren de atención de todos los niveles de gobierno para poder salvaguardar tanto la vida de los pobladores del estado, como la de los alacranes, cuya existencia es el resultado de más de 428 millones de años de evolución.

## Agradecimientos

Agradezco a la Biól. Ofelia Delgado Hernández por su ayuda para preparar la ilustración de la figura 1, así como sus comentarios en una versión previa de esta contribución y al M.C. Diego Barrales Alcalá por proporcionar la foto de la figura 2.

## Referencias

- Bourée, P., P.F. Joseph, P.F. Joseph *et al.* 2005. Les piqûres de scorpion: un problème de santé publique à Morelos (Mexique). *Cahiers D'études et de Recherches Francophones/Santé* 15(4):217–223.
- Brusca, R.C., W. Moore y S.M. Shuster. 2016. *Invertebrates*. Sinauer Associates, Massachusetts.
- Córdova-Athanasidis, M. 2005. *Escorpiofauna (Arachnida: Scorpiones) del estado de Morelos, México*. Tesis de licenciatura en biología. UAEM, Cuernavaca.
- De Armas, L.F., R. Teruel y F. Kovařík. 2011. On *Centruroides margaritatus* (Gervais, 1841) and closely related species (Scorpiones: Buthidae). *Euscorpius* 132:1–16.
- De la Garza, M. 1984. *El universo sagrado de la serpiente entre los mayas*. Centro de Estudios Mayas del Instituto de Investigaciones Filológicas-UNAM, México.
- González-Santillán, E. y L. Prendini. 2013. Redefinition and generic revision of the North American vaejovid scorpion subfamily Syntropinae Kraepelin, 1905, with descriptions of six new genera. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 382:1–71.
- Hjell, J.T. 1990. Anatomy and Morphology. En: *The biology of scorpions*. G.A. Polis (ed.). Stanford University Press, Stanford, pp. 5–30.
- Lagunas-Flores, A. y N.G. Lagunas-Jaimes. 2009. Alacranismo en Guerrero, México. Tratamiento Médico y Remedios Caseros. *Revista Médica del Instituto Mexicano del Seguro Social* 47(6):659–664.
- Levy, G. 2007. The first troglobite scorpion from Israel and a new Chactoid Family (Arachnida: Scorpiones). *Zoology in the Middle East* 40:91–96.
- Polis, G.A. 1990. *The biology of scorpions*. Stanford University Press, Stanford.
- Ponce-Saavedra, J., O.F. Francke, A.F. Quijano-Ravell, R. Cortés-Santillán. 2016. Alacranes (Arachnida: Scorpiones) de importancia para la salud pública de México. *Folia Entomológica Mexicana* (n.s.) 3(2):45–70.
- Prendini, L. 2001. Substratum specialization and speciation in southern African scorpions: The Effect Hypothesis revisited. En: *Scorpions 2001. In Memoriam Gary A. Polis*. V. Fet y P.A. Selden (eds.). British Arachnological Society, Burnham Beeches, Reino Unido, pp. 113–138.
- Rein, J.O. 2017. *The scorpion files*. Trondheim: Norwegian University of Science and Technology. En: <<https://www.ntnu.no/ub/scorpion-files/>>, última consulta: 23 de enero de 2017.
- Santibáñez-López, C.E., O.F. Francke y M. Córdova-Athanasidis. 2011. The genus *Diplocentrus* Peters (Scorpiones: Diplocentridae) in Morelos, Mexico. *Revista Ibérica de Aracnología* 19:3–13.
- Santibáñez-López, C.E., O.F. Francke, U. Carolina y L.D. Possani. 2015. Scorpions from Mexico: From Species Diversity to Venom Complexity. *Toxins* 8(1):1–18.
- Sharma, P.P., R. Fernández, L. Esposito *et al.* 2015. Phylogenomic resolution of scorpions reveals multilevel discordance with morphological phylogenetic signal. *Proceedings of the Royal Society B* 282:20142953.
- Villegas, A., N. Andersson, E. Martínez *et al.* 1988. Alacranismo en Guerrero: un estudio epidemiológico en 20 comunidades. *Salud Pública de México* 30(2):234–239.
- Waddington, J., D.M. Rudkin y J.A. Dunlop. 2015. A new mid-Silurian aquatic scorpion - one step closer to land? *Biology Letters* 11:2014.0815.

# El impacto de los alacranes del género *Centruroides* en la salud pública

Edmundo González Santillán

## Introducción

Los alacranes son arácnidos que generalmente provocan miedo en los humanos, justificado en parte, porque algunas especies son capaces de causar la muerte. En México, 17 de las 43 especies reportadas del género *Centruroides* se consideran altamente tóxicas (cuadro 1, figura 1), aunque en la literatura médica y epidemiológica no hay mucha claridad al respecto (Bourée *et al.* 2005, Celis *et al.* 2007, Chávez-Haro y Ortiz 2015).

## Distribución

Las especies del género *Centruroides* más peligrosas de México se distribuyen a lo largo de la costa del Pacífico, de Sonora hasta Oaxaca y ocupan varios estados del centro del país, entre los que se incluyen Aguascalientes, Morelos, el sur del Estado de México, el norte de Puebla, el sur y centro de Zacatecas y el oeste de Guanajuato (Ponce-Saavedra *et al.* 2016).

En Morelos se registran sólo dos de ellas: *C. balsasensis* y *C. limpidus*, las cuales son responsables de defunciones en el estado (apéndice 25; Villegas *et al.* 1988, Lagunas-Flores y Lagunas-Jaimes 2009, Santibáñez-López *et al.* 2015, Ponce-Saavedra *et al.* 2016)

Es importante indicar que todos los alacranes son venenosos, pero sólo el género *Centruroides* produce proteínas neurotóxicas que bloquean parcial o totalmente canales iónicos, en tejidos excitables como el músculo esquelético y el sistema nervioso.

## Intoxicaciones por picadura de alacrán

El veneno de los *Centruroides* mexicanos tiene más de 150 proteínas que modifican el funcionamiento normal

**Cuadro 1.** Especies del género *Centruroides* con alta toxicidad en México, de acuerdo con los reportes de intoxicaciones severas.

Nombre común	Nombre científico
Alacrán del Balsas**	<i>C. balsasensis</i> *
Alacrán güero	<i>C. bonito</i>
Alacrán güero	<i>C. chamela</i>
Alacrán güero	<i>C. elegans elegans</i> *
Alacrán güero	<i>C. elegans insularis</i>
Alacrán güero	<i>C. hirsutipalpus</i> *
Alacrán de Nayarit	<i>C. huichol</i>
Alacrán güero	<i>C. infamatus</i> *
Alacrán de Iguala**	<i>C. limpidus</i> *
Alacrán güero	<i>C. mascota</i>
Alacrán güero	<i>C. meisei</i> *
Alacrán de Nayarit	<i>C. noxius</i> *
Alacrán güero	<i>C. ornatus</i> *
Alacrán güero	<i>C. ruana</i>
Alacrán de Sonora	<i>C. sculpturatus</i> *
Alacrán de Durango	<i>C. suffusus</i> *
Alacrán de Tecomán	<i>C. tecomanus</i> *
Alacrán güero	<i>C. villegasi</i> *

\*Especies con las que se realizan pruebas bioquímicas y fisiológicas para comprobar su alta toxicidad. \*\*Especies únicamente reportadas para Morelos y son de alta toxicidad. Fuente: elaboración propia.

de canales de sodio, potasio, calcio y cloro (Possani *et al.* 1999, Rodríguez de la Vega *et al.* 2004, 2005, Quintero-Hernández *et al.* 2013).

Estos canales iónicos son proteínas transmembranales responsables de la transmisión del potencial de acción, el cual controla los movimientos voluntarios o involuntarios en vertebrados. Es de ahí, que los casos de intoxicación por picadura de alacrán (IPPA) que conllevan a la muerte, están acompañados de paros respiratorios o de corazón.

González-Santillán, E. 2020. El impacto de los alacranes del género *Centruroides* en la salud pública. En: *La biodiversidad en Morelos. Estudio de Estado 2. Vol. II.* CONABIO, México, pp. 78-81.



Figura 1. Macho adulto de alacrán del Balsas (*Centruroides balsasensis*).  
Foto: Edmundo González-Santillán.

El grado del IPPA se clasifica en tres niveles de severidad: leve, moderada y severa de acuerdo con el incremento del número de síntomas y su efecto sistémico (Chávez-Haro y Ortiz 2015):

1. IPPA leve. En estos casos sólo se presenta dolor, irritación o inflamación locales.
2. IPPA moderado. A diferencia del caso anterior, producen una expansión del dolor más allá del lugar del piquete, náuseas, dolor de cabeza, lagrimeo, estornudos, comezón en nariz, garganta y boca, dificultad para pasar saliva y hablar, salivación, sensación de cuerpos extraños en garganta, hipersensibilidad en la piel, distensión y dolor abdominal, diarrea e intenso dolor muscular y angustia.
3. IPPA severos. Estos casos pueden incluir hipertensión arterial, fiebre, contracción de pupilas, fotofobia, pérdida de la visión, movimiento involuntario de los ojos, convulsiones, vómito, taquicardia o arritmia, falta de aire, coloración purpúrea de la boca, dolor de pecho, erección persistente del pene, pérdida de la conciencia, edema pulmonar, fallo cardíaco y muerte.

## Epidemiología del género *Centruroides*

A nivel nacional, se reportan más de 300 mil IPPA por año, cifra que ha ido en aumento en los últimos años de 200 mil en el año 2000 a más de 300 mil en 2012 (Bourée *et al.* 2005, Chávez-Haro y Ortiz 2015).

En contraste la tasa de defunciones ha ido en descenso. De acuerdo con la Dirección General de Información en Salud (DGIS), de la Secretaría de Salud, se reportó una tasa de 0.4% para 1980, en el siguiente lustro descendió a 0.01% y continúa decreciendo (Chávez-Haro y Ortiz 2015).

Chávez-Haro y Ortiz (2015) mencionan que entre los principales responsables del descenso en defunciones destacan diversos factores como la introducción de sueros anti-alacrán de forma comercial, el incremento de unidades de atención de la salud, y en consecuencia un acceso más rápido al servicio. Asimismo, un punto importante es la implementación gubernamental de la Norma Oficial Mexicana NOM-033-SSA2-2011, en la cual se establece la normativa para la vigilancia, la prevención y el control de la intoxicación por picadura de alacrán (ss 2011).

En cuanto a la tendencia del aumento de casos de IPPA, Chávez-Haro y Ortiz (2015) sugieren como factores principales la urbanización y la apertura de áreas de cultivo, en donde se distribuyen alacranes altamente tóxicos, así como la invasión o colonización de áreas nuevas. Por ejemplo, existen evidencias que sugieren que *C. limpidus* fue introducido en Querétaro (González-Santillán 2001, Towler *et al.* 2001, De Armas *et al.* 2003).

Específicamente, Morelos se encuentra entre los siete estados con mayor mortalidad, y los nueve con mayor morbilidad, con más de 50 defunciones entre 1997 y 2013 y con más de 300 casos de IPPA por cada 100 mil habitantes (Ponce-Saavedra *et al.* 2016).

No obstante, existe solamente un trabajo de epidemiología de IPPA para la entidad realizado por Bourée y colaboradores (2005). Ellos analizaron datos para el periodo de 1994 a 2003, y obtuvieron que estadísticamente el estado presentó una media anual de IPPA de 10 219 casos.

La categoría de edad más afectada fue de 15 a 44 años, la cual representa 47% de los casos reportados. Los hombres tuvieron una tasa de intoxicación de 58%, comparado con el de las mujeres que fue de 42%. Las casas habitación fueron los lugares donde ocurrieron 80% de los casos, y más de la mitad (58%) en el dormitorio.

Las partes del cuerpo donde ocurrió el piquete con mayor frecuencia fueron los brazos y piernas (83%), mientras que el tronco y la cabeza presentaron menor frecuencia (12%). Los casos presentaron picos estacionales y de horario; la temporada de calor en primavera (50%) y de 17:00 a 5:00 horas (70%) fue el horario en el que ocurrieron el mayor número de casos (cuadro 2).

De los 33 municipios del estado, 22 presentaron casos de alacranismo severo. En este sentido el reporte de Bourée y colaboradores (2005) no difiere mucho de otros estudios epidemiológicos sobre alacranismo en México (cuadro 2; Castillo-Pérez *et al.* 2007, Chávez-Haro y Ortiz 2015). Por ejemplo, a pesar de que los estudios en Guanajuato (Castillo-Pérez *et al.* 2007) y León (Chávez-Haro y Ortiz 2015) presentaron categorías de edad más estratificadas, la clase con mayor número de casos entre las edades 20 a 49 (43%) y 15 a 24 (29%), son similares a las presentadas en Morelos (cuadro 2).

León y Morelos coinciden en que existe el mismo número de casos para hombres y mujeres (cuadro 2). Asimismo, los estudios en Morelos, Guanajuato y León coinciden también en que en primavera hay una exacerbación del número de casos por IPPA, así como en el sitio dentro de las casas donde el piquete ocurre, más frecuentemente, en el dormitorio (cuadro 2).

Finalmente, entre León y Morelos se reporta de igual manera una tendencia a que los IPPA ocurran mayormente en las extremidades y con ligera mayor frecuencia en las piernas de la gente picada (cuadro 2).

## Aprovechamiento de venenos

Las especies altamente tóxicas de *Centruroides* no solamente tienen un impacto negativo en la población humana. Existen varios trabajos sobresalientes en el área bioquímica y farmacología, los cuales proponen utilizar los venenos de este género como herramienta de investigación y en el desarrollo de fármacos e insecticidas (Delepierre y Possani 2008, Boyer *et al.* 2009, Peigneur y Tytgat 2012, Nabi *et al.* 2014).

A partir del aislamiento de las proteínas neurotóxicas del veneno de los alacranes se pudo dilucidar el funcionamiento de los canales iónicos de las células en animales, lo cual generó un premio Nobel (MacKinnon 2014).

El grupo de trabajo de los doctores Possani y Becerril del Instituto de Biotecnología de la UNAM, investiga el uso de inmunoglobulinas humanas para producir suero

**Cuadro 2.** Comparación de parámetros de incidencia de IPPA en estudios epidemiológicos para México.

Parámetros de Incidencia	Morelos	Guanajuato	León
Periodos de registro	1994-2003	2000-2005	1971-2012
Clases por registro		0-1 (1)	<1 (1)
		1-4 (13)	2-8 (19)
		5-14 (34)	9-19 (25)
		15-44 (47)	20-49 (43)
		>45 (16)	50-64 (8)
		>65 (4)	45-64 (9)
			>65 (4)
<b>Género</b>			
Hombre	58		58
Mujer	42		42
<b>Estación del año</b>			
Primavera (Mar-May)	58	37	58
Verano (Jun-Ago)		25	
Otoño (Sep-Nov)		22	
Invierno (Dic-Feb)		15	
<b>Lugar de casa</b>			
Dormitorio	58		58
Baño	27		1
Exterior	20		-
Patio			30
Cocina			11
<b>Región del cuerpo</b>			
Piernas	43		42
Brazos	40		40
Torso	10		11
Cabeza/cuello	2		1

Entre paréntesis se incluye porcentaje de casos. Fuente: elaboración propia con datos de Bourée *et al.* 2005, Castillo-Pérez *et al.* 2007, Chávez-Haro y Ortiz 2015

antialacrán que probaría ser de los más seguros del mundo, ya que el efecto secundario principal, que es el choque anafiláctico, se eliminaría casi en su totalidad y la efectividad del mismo se incrementaría considerablemente (Juárez-González *et al.* 2005, Canul-Tec *et al.* 2011, Riaño-Umbarila *et al.* 2013).

## Conclusiones

Las comunidades humanas han convivido con estos alacranes por miles de años con cierto temor justificado. Sin embargo, la educación, los hábitos y la concientización de la existencia de estas especies, puede cambiar la visión que el público tiene de ellas y ayudar a convivir de forma pacífica.

A pesar de que *C. limpidus* y *C. balsasensis* son un problema de salud pública, ambas especies juegan un papel



de suma importancia en la regulación de las poblaciones naturales de sus presas.

Al ser artrópodos depredadores y generalistas tienen un impacto directo en los tamaños de las poblaciones de otros artrópodos. Por lo tanto, ayudan a que insectos que pueden convertirse en plagas en la agricultura se mantengan estables y no proliferen descontroladamente.

Como parte esencial de la diversidad biológica, estas dos especies son un acervo genético único, de tal forma que su sobrevivencia y perpetuación son de suma importancia.

## Referencias

- Bourée, P., P.F. Joseph, P.F. Joseph *et al.* 2005. Les piqûres de scorpion: un problème de santé publique à Morelos (Mexique). *Cahiers D'études et de Recherches Francophones/Santé* 15(4):217-223.
- Boyer, L.V., M.D. Andreas, A. Theodorou *et al.* 2009. Antivenom for critically ill children with neurotoxicity from scorpion stings. *New England Journal of Medicine* 360(20):2090-2098.
- Canul-Tec, J.C., L. Riaño-Umbarila, E. Rudiño-Piñera *et al.* 2011. Structural basis of neutralization of the major toxic component from the scorpion *Centruroides noxius hoffmanni* by a human-derived single-chain antibody. *Journal of Biological Chemistry* 286(23):20892-20900.
- Castillo-Pérez, J., E. Velasco-Díaz, E.J. Ramírez-Barba *et al.* 2007. Distribución geográfica del alacranismo en el estado de Guanajuato. *Acta Universitaria* 17(2):12-18.
- Celis, A., R. Gaxiola-Robles, E. Sevilla-Godínez *et al.* 2007. Tendencia de la mortalidad por picaduras de alacrán en México, 1979-2003. *Revista Panamericana de Salud Pública* 21(6):373-80.
- Chávez-Haro, A.L. y E. Ortiz. 2015. Scorpionism and dangerous species of Mexico. En: *Scorpion venoms*. P. Gopalakrishnakone, L.D. Possani, E.F. Schwartz y R.C. Rodríguez de la Vega (eds.). Vol. 4 Toxinology. Springer, Países Bajos, pp. 201-213.
- De Armas, L.F., E. Martín-Frías, J. Estévez-Ramírez. 2003. Lista anotada de las especies mexicanas del género *Centruroides* Marx, 1890 (Scorpiones: Buthidae). *Revista Ibérica de Aracnología* 8:93-98.
- Delepierre, M. y L.D. Possani. 2008. Pharmaceutical applications of ion channel blockers: use of NMR to determine the structure of scorpion toxins. En: *Modern magnetic resonance*. Webb G.A. (ed.). Springer, Países Bajos, pp. 1325-1331.
- González-Santillán, E. 2001. *Catálogo de escorpiones de la colección nacional de arácnidos*. Tesis de licenciatura en biología, Facultad de Ciencias-UNAM, México.
- Juárez-González, V.R., L. Riaño-Umbarila, V. Quintero-Hernández *et al.* 2005. Directed evolution, phage display and combination of evolved mutants: a strategy to recover the neutralization properties of the SCFV version of BCF2 a neutralizing monoclonal antibody specific to scorpion toxin CN2. *Journal of Molecular Biology* 346:1287-1297.
- Lagunas-Flores, A. y N.G. Lagunas-Jaimes. 2009. Alacranismo en Guerrero, México. Tratamiento médico y remedios caseros. *Revista Médica del Instituto Mexicano del Seguro Social* 47(6):659-664.
- MacKinnon, R. 2014. *Nobel lecture: potassium channels and the atomic basis of selective ion conduction*. En: <[http://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/chemistry/laureates/2003/mackinnon-lecture.html](http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/2003/mackinnon-lecture.html)>, última consulta: 8 de agosto de 2017.
- Nabi, G., A. Naveed, U. Sana *et al.* 2014. Therapeutic applications of scorpion venom in cancer: mini review. *Journal of Biology and Life Science* 6(1):57-66.
- Peigneur, S., y J. Tytgat. 2012. The sophisticated peptide chemistry of venomous animals as a source of novel insecticides acting on voltage-gated sodium channels. En: *Insecticides: advances in integrated pest management*. F. Perveen, (ed.). Intech, Londres, pp. 213-250
- Ponce-Saavedra, J., O.F. Francke, A.F. Quijano-Ravell y R. Cortés-Santillán. 2016. Alacranes (Arachnida: Scorpiones) de importancia para la salud pública en México. *Folia Entomológica Mexicana* (n.s.) 3(2):45-70.
- Possani, L.D., B. Becerril, M. Delepierre y J. Tytgat. 1999. Scorpion toxins specific for Na<sup>+</sup>-channels. *European Journal of Biochemistry* 264:287-300.
- Quintero-Hernández, V., J.M. Jiménez-Vargas, G.B. Gurrola *et al.* 2013. Scorpion venom components that affect ion-channels function. *Toxicon* 76:328-342.
- Riaño-Umbarila, L., T. Olamendi-Portugal, C. Morelos-Juárez *et al.* 2013. A novel human recombinant antibody fragment capable of neutralizing mexican scorpion toxins. *Toxicon* 76:370-376.
- Rodríguez de la Vega R.C., y L.D. Possani. 2004. Minireview: current views on scorpion toxins specific for K<sup>+</sup>- channels. *Toxicon* 43:865-75.
- . 2005. Overview of scorpion toxins specific for Na<sup>+</sup> channels and related peptides: biodiversity, structure-function relationships and evolution. *Toxicon* 46:831-44.
- Santibáñez-López, C.E., O.F. Francke, U. Carolina y L.D. Possani. 2015. Scorpions from Mexico: from species diversity to venom complexity. *Toxins* 8(1):1-18.
- ss. Secretaría de Salud. 2011. *Norma Oficial Mexicana NOM-033-SSA2-2011*. Publicada el 8 de diciembre de 2011 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.
- Towler, W.I., J. Ponce-Saavedra, B. Gantenbein y V. Fet. 2001. Mitochondrial DNA reveals a divergent phylogeny in tropical *Centruroides* (Scorpiones: Buthidae) from Mexico. *Biogeographica* 77(4):157-72.
- Villegas, A., N. Andersson, E. Martínez *et al.* 1988. Alacranismo en Guerrero: un estudio epidemiológico en 20 comunidades. *Salud Pública de México* 30(2):234-239.

## El alacrán en la cultura

Edmundo González Santillán

El vocablo árabe *al agrab* y el latín *scorpio* refieren al mismo animal, el alacrán o escorpión (Hoffmann 1993). Históricamente, los alacranes y otros arácnidos han tenido un fuerte impacto en la cultura de todo el mundo, en México el dicho: “Si ya te trabó el alacrán, ¿qué le temes a la araña?” (Pinkus-Rendón 2010), es una muestra innegable de este hecho.

Actualmente, no hay registros historiográficos, antropológicos y culturales del alacrán en Morelos. No obstante, existe un rico acervo de las culturas originarias de Mesoamérica, recogido en los varios códices resguardados en museos de Europa, como el *Códice Florentino* de fray Bernardino de Sahagún (1569).

Dicho códice, también conocido como *Historia General de las Cosas de la Nueva España*, se relatan varios rasgos sobresalientes de la cultura mexicana. Por ejemplo, en su libro décimo, párrafo octavo se relata cómo los indígenas usaban el *picietl*, conocido hoy como tabaco, para contrarrestar los piquetes de alacrán.

Hoffmann (1993) comenta que los alacranes fueron parte de la vida cotidiana de los pueblos originarios de México. Asimismo, resalta que la mayoría de los cronistas de la Nueva España como Sahagún, Landa, Clavijero y otros, mencionaban a los alacranes en sus escritos.

Los animales, incluidos los alacranes, fueron para los pueblos originarios un vehículo entre lo mundano y el poder físico que sobrepasa lo humano, y por lo tanto el receptáculo de los dioses en la tierra (De la Garza 1984).

El simbolismo de los alacranes en las culturas antiguas era polivalente, debido a la diversidad de contextos donde fueron representados, los cuales abarcan la guerra, el auto sacrificio, la lluvia, los astros, etcétera. (De la Garza 1984).

Cabe mencionar lo que apunta certeramente Vásquez-Galicia (2015: 103): “...entendemos como “su

carga negativa” [de los alacranes] las ocasiones en que su imagen representó aquella influencia divina que generaba algún pesar, aflicción, castigo o situación conflictiva para la vida de los hombres. Esto no quiere decir que los propios mesoamericanos concibieran a los dioses –y a sus emisarios animales– como buenos o malos, pues en realidad su actuar dependía de las características de cada divinidad, de sus ciclos de dominio sobre la tierra y de que el hombre cumpliera adecuadamente con el culto al que estaba obligado”.

Desafortunadamente, las narraciones de los cronistas, siempre desde una perspectiva occidental, en cierta medida desvirtuaron el significado de este arácnido en la religión y la cosmogonía de las culturas originales.

Quizás, el relato mexicano mejor conocido es el del mito de cómo los alacranes aparecieron en la faz de la tierra. Una de las versiones mejor contextualizadas de este relato sigue siendo la de León-Portilla (1958), quien hizo su propia traducción al español del náhuatl.

La versión fue tomada de la obra de Ruiz de Alarcón (1629). La historia narra el destino del sacerdote Yappan, quien desafió a los dioses para evitar su transmutación de hombre en animal. Aun sabiendo Yappan, que sería transformado en alacrán en el cambio de era o sol, abandonó a su esposa Tlahuitzin (la de rojo encendido), se apartó a hacer penitencia y tomó un voto de castidad para ganar el favor de los dioses. Cuando los dioses se enteraron, enviaron a Yáotl (el enemigo) a vigilar el obrar de Yappan, quien hasta entonces había resistido la tentación de varias mujeres.

Xochiquetzal, una diosa de gran belleza fue enviada por los mismos dioses a tentar a Yappan y logró su cometido. Habiendo cedido su castidad, Yáotl procedió a decapitar a Yappan y lo transformó en *Colotl*, alacrán negro. En seguida, Yáotl acudió en busca de Tlahuitzin a

quien también decapitó y transformó en alacrán, por eso hay alacranes rojos y negros (figura 1).

La transmutación de los humanos en animales de eras pasadas, según la mitología náhuatl, y la religión católica se amalgamaron para producir una singular forma de reconocer barrios dentro de Tepoztlán, Morelos. Dubernard (1983) menciona que cada barrio cuenta con su santo y una figura de animal totémico, como el barrio de San Sebastián que tiene el alacrán.

Los días 20 y 21 de enero de cada año se celebra el Brinco de los Tiznados para honrar a su santo quien, cuenta la historia, solía cubrir su cara con tizne para engañar a los soldados romanos y proclamar la palabra de Cristo. Para recordarlo la gente del pueblo se tizna la cara y los brazos y baila al ritmo de los sones de los chinelos en procesión por el barrio. Las banderas que la gente ondea

en estas procesiones llevan un alacrán, animal que los representa. Al caminar por el barrio se puede observar que los habitantes toman en serio su devoción al alacrán (figura 2).

Por otra parte, los alacranes también son una parte natural de la gastronomía en México y otros países, como lo eran y siguen siendo otros artrópodos. Por ejemplo, las brochetas de alacrán famosas en China y los alacranes fritos o en almíbar en Japón, entre otros platillos asiáticos. Para Morelos se sabe que en algunas comunidades cercanas a Xochitepec se preparan dulces macizos con centro de alacrán o jumil.

Aunque no es conocimiento particular de la entidad, se sabe que en varios estados se utiliza un condimento muy picoso para acompañar tacos y otros platillos como el pozole, conocido como alacranes. En realidad, son



**Figura 1.** a) Alacrán de tierra (*Thorellius cristimanus*) adulto macho del municipio de Coquimatlán, Colima, representante de un alacrán negro y b) alacrán de tierra (*T. intrepidus*) adulto macho de la ciudad de Colima, representante de un alacrán rojo. Fotos: Edmundo González-Santillán.



**Figura 2.** Calles del barrio de San Sebastián en Tepoztlán, Morelos: a) luminaria de los alrededores de la iglesia de San Sebastián; b) tienda de abarrotes, vinos y licores ubicada cerca de la iglesia de San Sebastián, donde se muestran el alacrán y otras figuras totémicas caricaturizadas de otros barrios de Tepoztlán; y c) fachada de una casa en el barrio de San Sebastián. Fotos: Edmundo González-Santillán.

chiles habaneros tostados, que a decir de algunos se agrega a los platillos para sentir el fuego en cada cucharada.

En cuanto a las bebidas alcohólicas, en México hay al menos dos destiladoras de mezcal que introducen en sus botellas alacranes: El Tiro® y Scorpion® que se pueden adquirir en establecimientos comerciales de las ciudades de Durango y Puerto Vallarta, respectivamente como lo señalan Cupul-Magaña y Francke (2013). Estos autores encontraron que las botellas contienen tres especies de alacranes de diferente procedencia. Con base en este hallazgo, indicaron que es necesario hacer un estudio de la procedencia, volúmenes de ejemplares y diversidad de los grupos de animales que se están explotando. De tal manera que, se pueda hacer un uso adecuado del recurso que en este caso son animales de vida silvestre.

Como reflexión final, el componente biológico del alacrán ha sido interpretado por la humanidad de acuerdo con las diferentes épocas y por ende diferentes culturas. Aunque se idealizó y se mezcló con divinidades y mitos, valdría la pena examinar más de cerca la visión que tenían las culturas originales de México, con especial atención en el aspecto de que los alacranes no eran ni buenos ni malos, sino más bien parte integral del entorno, es decir, la naturaleza misma.

El aspecto negativo de los alacranes, sobre infringir daño al grado de matar a una persona puede contextualizarse como una característica intrínseca al lugar donde se han asentado las comunidades humanas. Se debe tomar en cuenta que los alacranes llevan habitando esos lugares varios millones de años más que los humanos. Por consecuencia, las poblaciones humanas tienen que tomar precauciones y, en lo que cabe, evitar el contacto

con los alacranes y eso sólo se puede lograr con educación y sentido común.

Finalmente, cada una de las especies de alacrán es el resultado de millones de años de evolución, exquisitos procesos de adaptación y una capacidad única de sobrevivencia. Es por ello que, su conservación es muy importante por su carga biológica y porque forman parte de la cultura actual de México.

## Referencias

- Cupul-Magaña, F.G. y O.F. Francke. 2013. Tres especies de alacranes (Scorpiones: Buthidae y Vaejovidae) embotellados en mezcal mexicano. *Revista Ibérica de Aracnología* 22:123–124.
- De la Garza, M. 1984. *El universo sagrado de la serpiente entre los mayas*. Centro de Estudios Mayas del Instituto de Investigaciones Filológicas-UNAM, México.
- Dubernard, J. 1983. *Apuntes para la historia de Tepoztlán (Morelos)*. Talleres Impresores de Morelos S.A., Cuernavaca.
- Hoffmann, A. 1993. *El maravilloso mundo de los arácnidos*. Número 116. FCE, México.
- León-Portilla, M. 1958. La leyenda del alacrán. *Revista de la Universidad de México* 3:6.
- Pinkus-Rendón, M.A. 2010. El hombre y los artrópodos: un vínculo inalienable. *Península* 5:81–100.
- Ruiz de Alarcón, H. 1629. *Tratado de las supersticiones y costumbres gentílicas que hoy viven entre los indios naturales de esta Nueva España*. México.
- Sahagún, B. 1569. *Historia general de las cosas de Nueva España*. México.
- Vásquez-Galicia, S.A. 2015. El alacrán en Mesoamérica: transgresor sexual y símbolo de lo negativo. *Itinerarios* 21:101-122.

# Colémbolos (Collembola: Hexapoda)

José Guadalupe Palacios Vargas y Jesús Isaac Cruz Leal

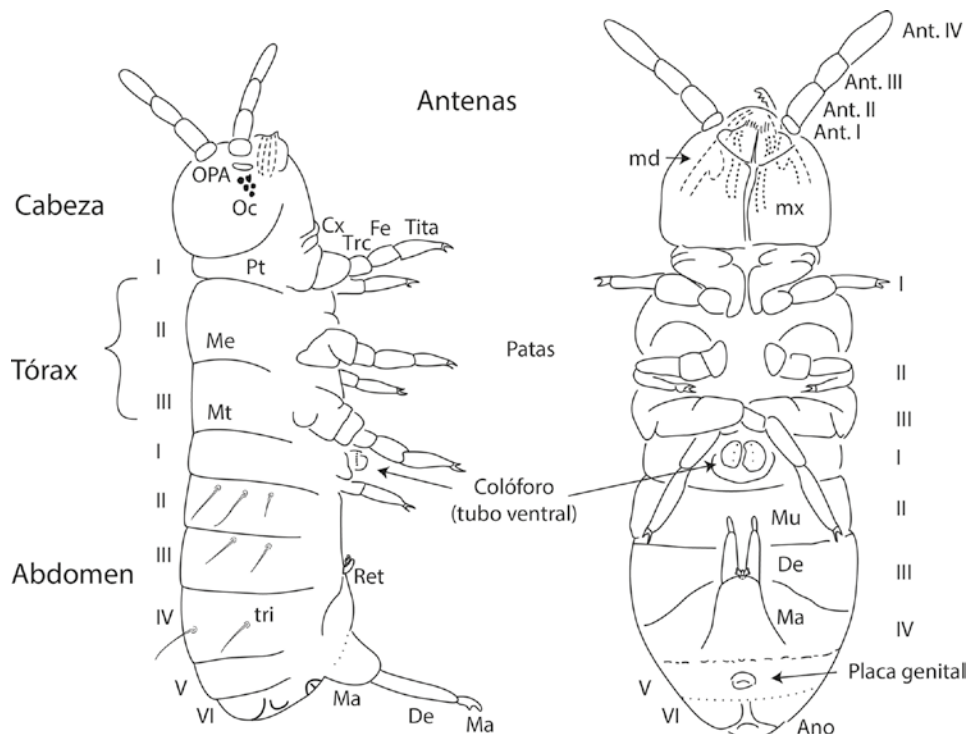
## Introducción

La palabra Collembola proviene del griego *colla* que significa pegamento y *embolon*, tubo, lo cual es una característica anatómica propia del grupo. Los colémbolos son parientes lejanos de los insectos (al parecer más cercanos a los crustáceos), con quienes comparten sólo la condición hexápoda (tienen seis patas).

Los organismos de esta Clase son comunes y abundantes en todos los ambientes, pero su diminuto tamaño

los hace pasar desapercibidos. La densidad poblacional de los colémbolos puede ser de más de 100 000 ind/m<sup>2</sup> de suelo (Hopkin 1997, 2002), y más de un millón de ejemplares por 100 m<sup>2</sup> en el dosel de las selvas (Palacios-Vargas y González 1995).

Estos organismos se caracterizan por presentar numerosas sedas en el cuerpo, a veces escamas y tricobotrias (sedas muy largas, delgadas y movibles con función sensorial). Además de que su cuerpo se divide en cabeza, tórax y abdomen (figura 1).



**Figura 1.** Esquema de un colémbolo de la familia Isotomidae. Ant: artejo antenal; Cx: coxa; De: dens; Fe: fémur; Md: mandíbula; Me: mesotórax; Mt: metatórax; Mu: mucro; Mx: maxila; Oc: ocelo; OPA: órgano postantenal; Ret: retináculo; Tita: tibiatarso; Tri: tricobotria. Ilustración: elaboración propia modificada de Hopkin 1997, 2002.

Palacios-Vargas, J.G. y J.I. Cruz-Leal. 2020. Colémbolos (Collembola: Hexapoda). En: *La biodiversidad en Morelos. Estudio de Estado 2*. Vol. II. CONABIO, México, pp. 85-91.

1. Cabeza: está provista con un par de antenas con cuatro artejos,<sup>1</sup> la cual a veces puede estar anillada o con subdivisiones, y ocho corneolas<sup>2</sup> a cada lado de la cabeza (los troglobios y los euedáficos carecen de ojos). Entre las corneolas y las antenas puede existir un órgano postantenal (posterior a la antena) con una o muchas vesículas. Las mandíbulas y maxilas (piezas bucales) están dentro de la cavidad bucal y pueden estar adaptadas para masticar o picar.
2. Tórax: se compone de tres segmentos, cada uno con un par de patas. En varias familias el pronoto (primer segmento del tórax) está reducido y carece de sedas.
3. Abdomen: puede ser deprimido o comprimido, se forma de seis segmentos, algunos de ellos pueden estar fusionados dependiendo de las familias (Hopkin 1997, 2002). El primer segmento del abdomen ventralmente lleva un colóforo, que es un tubo pegajoso –del cual toma su nombre el grupo– que sirve para adherirse a superficies lisas, es de origen apendicular (un par de apéndices), e interviene en el proceso de osmorregulación (equilibrio entre sales y agua del cuerpo; Colin *et al.*

2015). El tercer segmento, presenta un retináculo (o gancho ubicado en la parte ventral) que proporciona soporte a la fúrcula,<sup>3</sup> misma que está en el cuarto segmento y que es otra estructura típica del grupo. Las especies que viven en suelos profundos carecen de fúrcula. En el quinto segmento se ubica la abertura genital y en el sexto la abertura anal.

Los colémbolos pueden ser blancos, azules, grises, rojos, amarillos y varios son multicolores. Su cuerpo puede ser alargado (figura 2), o globoso (figura 3), lo cual depende del orden al que pertenecen y el ambiente en que viven.

La mayoría respira por medio de la cutícula (parte más externa del exoesqueleto del organismo) y pocas especies tienen tráqueas. En promedio, los colémbolos miden 2 mm de longitud, algunos pueden ser diminutos como los Tullbergiidae (menos de 200 micras), y los de mayor talla alcanzan hasta poco más de 1 cm como *Tetrodontophora bielanesis* (Onychiuridae) de Europa central o los *Holacanthella* (Neanuridae) de Nueva Zelanda (Thibaud y D’Haese 2010).

Los colémbolos son ametábolos, esto es, de un huevecillo sale una forma juvenil que por medio de mudas,



Figura 2. Ejemplar de *Vitronura* (Poduromorpha: Neanuridae). Foto: Andy Murray.

<sup>1</sup> Son divisiones de los apéndices de los organismos.

<sup>2</sup> Son estructuras fotorreceptoras.

<sup>3</sup> Es un órgano saltador abdominal que va hacia la parte anterior del organismo, el cual lo utilizan para brincar y librarse de sus depredadores.



Figura 3. Ejemplar de un Symphypleona de la familia Dicyrtomidae. Foto: Andy Murray.

alcanza el tamaño del adulto, no hay un proceso de metamorfosis en su desarrollo. Sin embargo, las mudas continúan aún después de llegar a la adultez.

Por lo general, siempre existen hembras y machos, pero las diferencias morfológicas entre ambos son pocas, excepto algunos casos particulares, en especial en las formas acuáticas, que pertenecen a las familias Actaletidae, Coenaletidae y Sminthuridae (Palacios-Vargas y Castaño-Meneses 2009).

## Diversidad y distribución

Las especies de colémbolos conocidas en el mundo son alrededor de 8 700, de las cuales en México hay aproximadamente mil. En Morelos, se encuentran 151 (equivale a 15% del nivel nacional), que se agrupan en 66 géneros y 16 familias (apéndice 26). Aunque, el número de especies endémicas es bajo, en la entidad destacan *Friesea hoffmannorum*, *Palmanura normae* y *Schaefferia guerrierensis*.

De acuerdo con Palacios-Vargas (2013), Morelos ocupa el cuarto lugar en diversidad de colémbolos por entidad federativa del país. No obstante, el recuento

realizado para este trabajo sube a la entidad al segundo lugar, a pesar de que seis de las 14 regiones ecológicas (véase *Diversidad de regiones ecológicas* en esta obra) carecen totalmente de registros, debido a que no se han realizado estudios para este grupo.

Cabe hacer notar que los resultados de este trabajo no necesariamente indican que se trate de una de las entidades con mayor riqueza específica, sino que, por su proximidad a la Ciudad de México, en donde se encuentra la mayoría de los especialistas, es donde más se ha estudiado el grupo. Sin embargo, no se descarta la posibilidad de que la diversidad geológica, florística y ambiental de la entidad, sea una de las razones de la riqueza del grupo.

En general, los colémbolos son cosmopolitas, pero hay algunos géneros limitados a ciertos biotopos y zonas biogeográficas. En México, están ampliamente distribuidos (apéndice 26) en varios estados. Para la entidad, la Sierra del Chichinautzin es la que cuenta con más registros, seguida de Lomas del Norte y del Valle Agrícola Ayala-Yautepec (figura 4).

Sin embargo, en los casos de las regiones en las que se carece de registros, se especula que deben tener una rica fauna de colémbolos. Esta suposición se puede ejemplificar con la región del Popocatepetl, en donde en las inmediaciones que pertenecen al Estado de México se han desarrollado numerosos estudios que reportan una gran diversidad e incluso describen varias especies nuevas (García-Gómez y Cutz-Pool 2008).

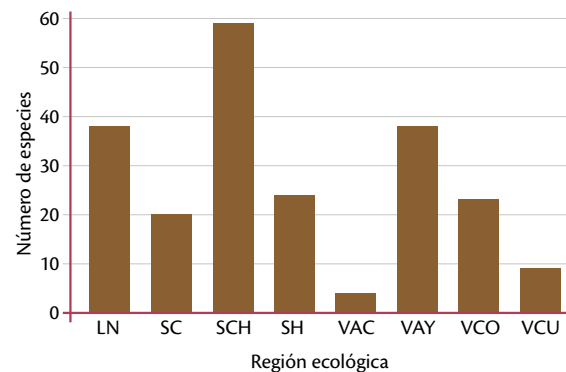


Figura 4. Especies de colémbolos registrados para las diferentes regiones ecológicas de Morelos. Lomas del Norte (LN), Sierra de Huautla (SH), Sierra del Chichinautzin (SCH), Sierras Centrales (SC), Valle Agrícola Ayala-Yautepec (VAY), Valle Agrícola Central (VAC), Valle de Cuauhnáhuac (VCU) y Valles y Cerros Orientales (VCO). Fuente: elaboración propia con datos de Palacios-Vargas 1997, CONABIO 2018.

De manera específica, los principales biotopos en los que se cuenta con mayor número de registros en la entidad son la hojarasca, el suelo y el guano de la cueva, y los menos diversos son los cuerpos de agua (ríos, lagos o estanques de agua; figura 5). Sin embargo, se especula que éstos últimos deben ser más diversos, debido a que a nivel nacional se conocen 33 especies de ambientes acuáticos (Palacios-Vargas 2000). Los biotopos escasamente colectados como nidos, bajo cortezas, rocas, raíces, entre otros, sólo se han citado una o dos especies para cada uno de ellos (Palacios-Vargas 1997).

Por otra parte, se conocen 36 colémbolos micetofágos (que comen hongos) en México, mismos que están incluidos en los trabajos de Palacios-Vargas y Gómez (1991, 1994), de ellos 14 proceden de Morelos. Cabe señalar que, desde finales de la década de los setenta, Palacios-Vargas (1979,1981) contribuyó constantemente al conocimiento de los colémbolos en el estado, su trabajo más reciente fue en 2010 (Palacios-Vargas y Catalán 2010).

## Importancia

Los colémbolos participan en los procesos de transformación y reciclaje de la materia orgánica (descomposición de la materia vegetal muerta y del ciclo de nutrientes), lo que los convierte en un grupo importante desde la perspectiva de los servicios ecosistémicos, ya que además coadyuvan a la formación de las características del suelo (Cassagne *et al.* 2003). Por ende, su función tiene un valor económicamente incalculable.

En el proceso de composteo tienen gran relevancia en la generación de formas asimilables de nutrientes para plantas. Esto es, los millones de gránulos de materia orgánica en forma de heces que depositan en el suelo, ayudan a liberar lentamente en el sustrato los nutrientes órgano-arcillosos esenciales para el desarrollo de la vegetación natural y los cultivos (figura 6). Sin embargo, existen pocos trabajos que evalúen su trascendencia en el composteo (Mejía Recamier y Palacios-Vargas 2008, Palacios-Vargas *et al.* 2016).

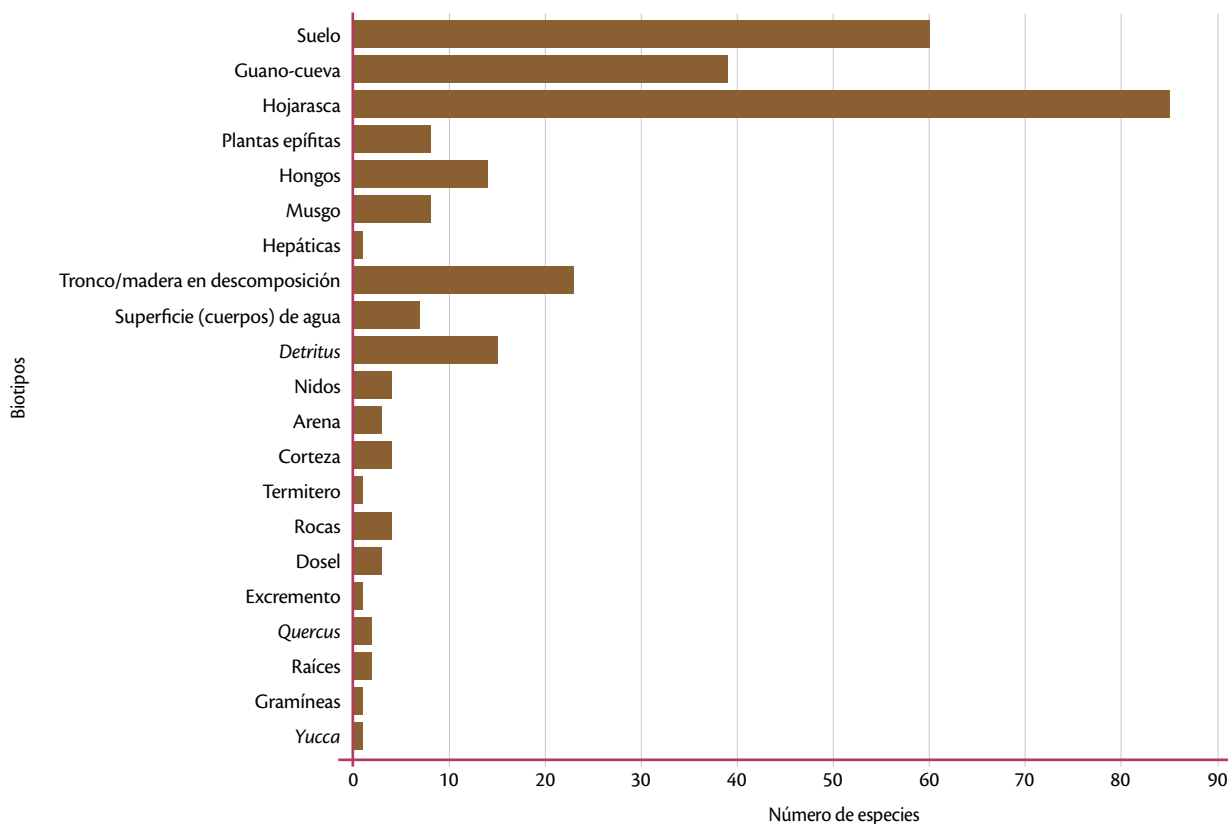


Figura 5. Especies de colémbolos registradas para diferentes biotopos en Morelos. Fuente: elaboración propia con datos de Palacios-Vargas 1997, CONABIO 2018.





**Figura 6.** Ejemplar de *Ptenothrix* sp. (Symphypleona: Dicyrtomidae) después de depositar gránulos de materia orgánica. Foto: Andy Murray.

Por otra parte, intervienen en la dispersión de esporas de hongos y bacterias. Además, son fuente de alimento de muchos insectos como hormigas (figura 7) y escarabajos, así como de ácaros, arañas, aves, ranas y peces.

Aunque, la mayoría de ellos se alimenta de hongos o material vegetal, hay especies depredadoras de nemátodos, rotíferos, tardígrados, otros colémbolos (Palacios-Vargas y Vidal-Acosta 1994), así como de ácaros (Castaño-Meneses *et al.* 2004). Asimismo, hay registro de colémbolos como plagas de la alfalfa, hongos, tomate y caña de azúcar. No obstante, existen estudios donde se

señala que se alimentan de tejidos en descomposición de *Agave tequilana*, así como del apio y otras hortalizas de Xochimilco (Palacios-Vargas 2013).

Los colémbolos se utilizan como bioindicadores en algunas investigaciones por sus adaptaciones tanto fisiológicas como morfológicas. Por ello, sería relevante estudiar las sustancias químicas que producen y que hacen que no sean palatables para sus depredadores, como en el caso de los miembros de la familia Onychiuridae, ya que su uso podría servir para proteger algunas plantas del ataque de plagas.



**Figura 7.** Ejemplar de *Americanura* sp. (Poduromorpha: Neanuridae) atacado por una hormiga. Foto: Andy Murray.

## Situación y estado de conservación

Por el momento ninguna especie de colémbolos en Morelos está bajo algún estatus de protección. Sin embargo, al realizar el análisis de la información aquí presentada, se establece que las que mayor riesgo corren por la destrucción de su ambiente son las que habitan en cuevas, ya que están adaptadas a la vida cavernícola.

## Factores de presión

Las comunidades edáficas de colémbolos se ven afectadas por factores como las alteraciones en el pH, la aireación, la composición de la materia orgánica, la disponibilidad de nutrientes, la cobertura vegetal y la estructura del suelo, entre otros, lo cual los hace un grupo de importancia como bioindicadores de la calidad ambiental (Hopkin 2002, Palacios-Vargas y Castaño-Meneses 2014).

Por otra parte, algunos de los productos químicos que se usan para atacar plagas y malas hierbas, principalmente en monocultivos, pueden afectar notoriamente sus comunidades, lo que determina el empobrecimiento de los suelos para uso agrícola o forestal.

## Acciones de conservación

Los monitoreos ecológicos coadyuvan a la conservación y orientación de los problemas ambientales. No obstante, la mayoría de estos estudios se enfocan a los cambios en el uso del suelo, debido a su tolerancia a diversas condiciones ambientales.

Se cuenta con más de 150 especies de colémbolos asociados a suelos agrícolas, incluyendo cafetales, así como a zonas con derrames de hidrocarburos, factores relevantes que afectan a la composición de las especies y su abundancia.

Adicionalmente, se tienen muchos registros en ambientes con un alto grado de conservación (Palacios-Vargas y Castaño-Meneses 2014), mismas que pueden ser utilizadas como bioindicadores.

## Conclusiones

El conocimiento de los colémbolos de Morelos es aún incipiente, sólo 50% de las regiones ecológicas se han estudiado. Sin embargo, es uno de los estados de donde se

tienen más registros debido a su proximidad a la Ciudad de México y a los centros de investigación.

Es relevante la conservación de las zonas donde se encuentra una gran diversidad, pero es también importante que comiencen a usarse las especies de este grupo para resolver problemas de biorremediación de suelos.

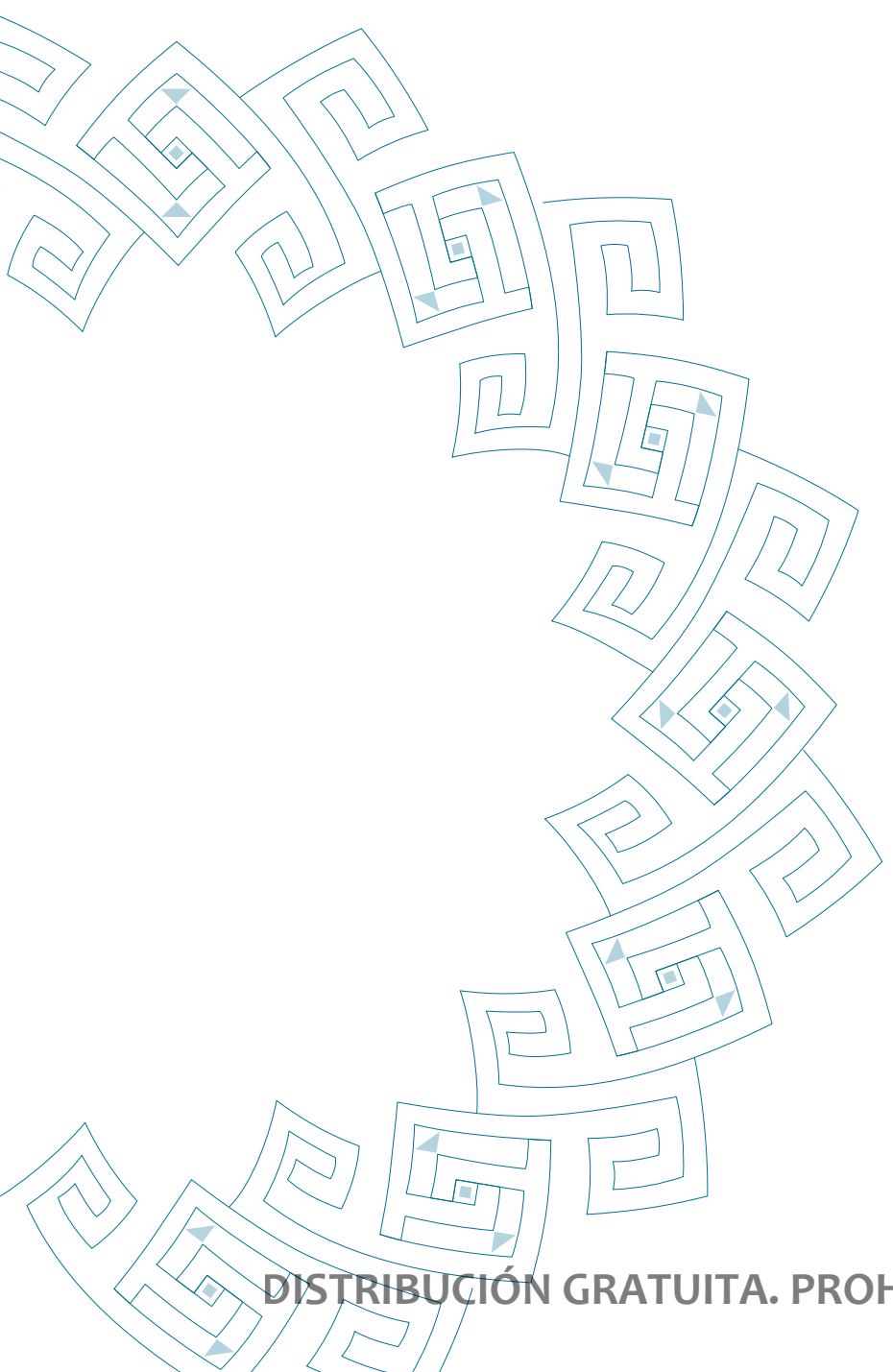
## Agradecimientos

El señor Andy Murray (<https://www.chaosofdelight.org/#home>), bajo los auspicios del primer autor, tomó las fotos que ilustran este trabajo. La información sobre la distribución de los colémbolos de Morelos se tomó del proyecto LE002 (CONABIO 2018), quien proporcionó apoyo para la digitalización de las bases de datos del proyecto general de la Facultad de Ciencias, UNAM. El profesor Gilberto Varo de la Rosa (SEP) ha colaborado en numerosas expediciones a Morelos apoyando los proyectos del primer autor. El Dr. Víctor López revisó detenidamente el manuscrito y aportó comentarios importantes, así como ayuda para su adecuación.

## Referencias

- Cassagne, N., C. Gers y T. Gauquelin. 2003. Relationships between Collembola, soil chemistry and humus types in forest stands (France). *Biology and Fertility of Soils* 37:355-361.
- Castaño-Meneses, G., J.G. Palacios-Vargas y L.Q. Cutz-Pool. 2004. Feeding habits of Collembola and their ecological niche. *Anales del Instituto de Biología-UNAM. Serie Zoología* 75(1):135-142.
- Colin, F., T. Mattieu, E.F. Erbe et al. 2015. An Adhesive Collophore May Help Direct the Springtail Jump. *Annals of the Entomological Society of America* 108:814-819.
- CONABIO. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2018. *Proyecto LE002. Apoyo a las colecciones biológicas de la Facultad de Ciencias-UNAM: Fase 1*. En: <<http://www.conabio.gob.mx/institucion/cgi-bin/datos.cgi?Letras=LE&Numero=2>>, última consulta: 02 de julio de 2018.
- García-Gómez, A. y L.Q. Cutz-Pool. 2008. Nueva *Willemia* del grupo *anophtalma* (Collembola: Hypogastruridae) del volcán Iztaccíhuatl, México. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)* 24(3):1-5.
- Hopkin, S.P. 1997. *Biology of the Springtails (Insecta: Collembola)*. Oxford University Press, Reino Unido.
- . 2002. Collembola. En: *Encyclopaedia of Soil Science*. R. Lal (ed.). Marcel Dekker, Nueva York, pp. 207-210.

- Mejía-Recamier, B.E. y J.G. Palacios-Vargas. 2008. Colémbolos de la composta en el "Bordo Poniente" de Xochiaca, Estado de México. *Entomología Mexicana* 7:820-824.
- Palacios-Vargas, J.G. 1979. Los colémbolos (Ins. Apter.) de suelos y hojarasca de epífitas. *Folia Entomológica Mexicana* 42:41-42
- . 1981. Collembola asociados a *Tillandsia* (Bromeliaceae) en el Derrame Lávido del Chichinautzin, Morelos, México. *Southwestern Entomologist* 6(2):87-98.
- . 1997. *Catálogo de los Collembola de México*. Facultad de Ciencias-UNAM, México.
- . 2000. Los colémbolos de los ecosistemas mexicanos. *Biodiversitas* 5(29):12-15
- . 2013. Biodiversidad de Collembola (Hexapoda: Entognatha) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85(Supl.):S220-S231.
- Palacios-Vargas, J.G. y G. Castaño-Meneses. 2009. Importance and evolution of sexual dimorphism in different families of Collembola (Hexapoda). *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 44(8):959-963.
- . 2014. Los colémbolos (Artrópoda: Hexapoda) como bioindicadores. En: *Bioindicadores: guardianes de nuestro futuro ambiental*. C.A. González-Zuarth, A. Vallarino, J.C. Pérez-Jiménez y A.M. Low-Pfeng (eds.). INECC/ECOSUR, México, pp. 291-307.
- Palacios-Vargas, J.G. y E. Catalán. 2010. First Mexican species of *Sensillanura* (Collembola: Neanuridae). *Dugesiana* 17(2):161-166.
- Palacios-Vargas, J.G. y J.A. Gómez. 1991. Los colémbolos y su relación con los hongos. En: *Memorias del xxvi Congreso Nacional de Entomología. I Simposio Nacional sobre la interacción insecto-hongo*. México.
- . 1994. Lista actualizada de colémbolos micetófilos de México (Hexapoda: Entognatha). *Folia Entomológica Mexicana* 92:21-30.
- Palacios-Vargas, J.G. y V. González. 1995. Two new species of *Deuterostminthurus* (Bourletiellidae), epiphytic Collembola from the neotropical region with a key for the American species. *Florida Entomologist* 78(2):19-32.
- Palacios-Vargas, J.G. y V. Vidal-Acosta. 1994. Nuevas especies de *Friesea* (Collembola: Neanuridae) de reservas biológicas de México. *Southwestern Entomologist* 19(3):291-299.
- Palacios-Vargas, J.G., A.I. Ortiz-Ceballos e I. Salvador-Escobedo. 2016. Diversidad y abundancia de colémbolos en dos tipos de lombricomposta producida en el centro de Veracruz, México. *Entomología mexicana* 3:456-461.
- Thibaud, J.M. y C. D'Haese. 2010. Le petit Collembole illustré. Arvernensis. *Bulletin de l'Association entomologique d'Auvergne* 51-52:1-56.



**DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA**

## Efímeras (Ephemeroptera)

Paulina Corona Tejeda, Zenón Cano Santana y Ariana Romero Mata

### Introducción

Los insectos del orden Ephemeroptera, comúnmente conocidos como efímeras, efémeras, cachipollas o moscas de mayo, tienen entre 5 y 34 mm de largo. Se caracterizan por tener un cuerpo blando y alargado, dos o tres colas prolongadas, antenas muy cortas, alas anteriores grandes y triangulares y alas posteriores pequeñas y redondeadas; sus alas tienen muchas nervaduras y se mantienen en posición vertical durante el reposo (figura 1; McGavin 2002, Triplehorn y Johnson 2004).

Se llaman así porque los adultos viven muy poco tiempo, generalmente menos de un día y raramente más de dos días, por lo cual es difícil encontrarlos en vida libre (Triplehorn y Johnson 2004, Flowers y De la Rosa 2010). Tienen una metamorfosis incompleta, pues consta de sólo tres estados de desarrollo: huevo, náyade (una ninfa acuática) y adulto (Barber-James *et al.* 2008). Los huevos los depositan sobre el agua o los fijan a objetos bajo la superficie (Triplehorn y Johnson 2004).

Las náyades pasan por varias mudas de cutícula (12 a 35 veces), por lo que pueden tardar hasta tres años en



Figura 1. La efímera *Baetis tricaudatus* en estado adulto, especie registrada en el río Cuautla. Foto: Jason Neuswanger.

Corona Tejeda, P., Z. Cano-Santana y A. Romero-Mata. 2020. Efímeras (Ephemeroptera). En: *La biodiversidad en Morelos. Estudio de Estado 2*. Vol. II. CONABIO, México, pp. 93-97.

alcanzar la etapa adulta, y viven en ríos, arroyos, estanques y lagos con fondos rocosos (figura 2; McGavin 2002, Barber-James *et al.* 2008, Flowers y De la Rosa 2010). Durante esta etapa, las efímeras se alimentan de materia orgánica muerta (detrito) o de algas, y algunas especies son depredadoras. A su vez, éstas constituyen una importante fuente de alimento para otros animales invertebrados y vertebrados (McGavin 2002, Wolff 2006).

Por la dependencia de los huevos y las náyades por los hábitats acuáticos, las efímeras siempre están asociadas a lugares que mantienen cuerpos de agua.

Las efímeras adultas ya no se alimentan, debido a que sus piezas bucales no son funcionales. En esta etapa sólo se ocupan de la cópula y la puesta de huevos, procesos que se llevan a cabo en densos y notorios enjambres activos al amanecer o al anochecer (McGavin 2002, Barber-James *et al.* 2008).

## Diversidad y distribución

En el mundo hay 3 124 especies de efímeras (Zhang 2013), de las cuales 150 (4.8%) se encuentran en México (McCafferty 2011). En Morelos se registran 31 especies (26 de ellas identificadas, apéndice 27). Representan 20.7% de las reportadas en el país y se agrupan en cuatro de las 12 familias encontradas en México (Randolph y McCafferty 2000).

Las cuatro familias con especies en el estado son: Baetidae (15), Leptohyphidae (10), Leptophlebiidae (5) y Heptageniidae (1; apéndice 27). De las especies reportadas, destacan seis que son endémicas de México: *Thraulodes eccentricus*, *Th. tenulineus*, *Tricorythodes notatus*, *Tr. ulmeri*, *Leptohyphes spiculatus*, *Paracloeodes lugoi*, las tres últimas colectadas únicamente en Morelos (Randolph y McCafferty 2000).



Figura 2. Aspecto de náyade (ninfa acuática) de una efímera. Foto: Luis Enrique Juárez-Sotelo.

Con tal riqueza de especies de efímeras, el estado ocupa el octavo lugar nacional, por debajo de Veracruz (con 50 especies), Chihuahua (42) y Chiapas (39; McCafferty 2011).

Ninguna de las especies de efímeras registradas en el estado se encuentra en alguna categoría de riesgo por la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES 2011), o por la NOM-059 (SEMARNAT 2010). Sin embargo, esto se debe a la falta de conocimiento sobre el estado de las poblaciones de estos insectos (Barber-James *et al.* 2008).

En cuanto a su distribución, probablemente las efímeras se encuentran en todos los cuerpos acuáticos poco contaminados del estado, pero el inventario aún no está completo. Se cuenta con registro de náyades en los ríos Cuautla (Colín-Toledo 2014) y Apatlaco (Moreno-Hernández 2014).

Por su parte, Sánchez-Galiz (2005) registró una importante abundancia de náyades en las partes bajas de los ríos Amacuzac y Balsas. En particular, se cuenta con 23 especies de efímeras en el río Amacuzac (Sánchez-Galiz 2005), cinco en el arroyo Quilamula (Bobadilla-Martínez 2015) y tres en el arroyo Las Trancas (Benítez 2006).

Asimismo, se tienen colectas de náyades de *Fallceon quillieri* en un arroyo localizado al sur de Cuernavaca (Randolph y McCafferty 2000) y reportes de la presencia de *Callibaetis* sp. en el lago Tonatiahua (Brug-Aguilar 2005).

## Importancia

Las náyades de las efímeras presentan alta sensibilidad al contenido de nutrientes e intolerancia a la disminución de la concentración de oxígeno y a cambios en la acidificación del agua, así como a la presencia de contaminantes como metales y algunos compuestos químicos como el amoníaco (Menetrey *et al.* 2008).

En particular, se ha encontrado que el número de especies disminuye a medida que aumenta la concentración de fósforo (Menetrey *et al.* 2008) y que el tamaño corporal y la abundancia de las náyades se incrementa con la concentración de nutrientes (McKee y Atkinson 2000).

Frecuentemente, las efímeras se utilizan como indicadores del grado de contaminación en ríos y arroyos (Menetrey *et al.* 2008). En este sentido, se han desarrollado índices biológicos que incluyen a las efímeras para

evaluar la calidad de cuerpos de agua como se realizó en los ríos Apatlaco y Amacuzac (Vázquez-Silva 2003).

Asimismo, las efímeras participan en las redes tróficas al alimentarse de algas y detrito, o al ser alimento de otros animales, sobre todo peces, por lo que la pesca en agua dulce puede depender estrechamente de la disponibilidad de náyades (Borrór y White 1970, McGavin 2002, Gallo 2003). Por ejemplo, se reporta que estos insectos son un elemento primordial en la dieta del pez endémico *Notropis moralesi* en el río Amacuzac (Trujillo-Jiménez y Castro-Lara 2009). Es por esta estrecha asociación con los peces, que es común que, en la pesca deportiva se utilicen anzuelos que simulan la forma de las náyades de estos insectos (Triplehorn y Johnson 2004).

## Factores de presión

La contaminación del agua constituye el principal factor de presión a nivel mundial para las efímeras (Menetrey *et al.* 2008). La diversidad y abundancia de este grupo tiende a reducirse por la incidencia de éste, lo cual se detecta por el pequeño tamaño de los enjambres y por la ausencia o la reducción del número de sus náyades en cuerpos de agua (Triplehorn y Johnson 2004, Barber-James *et al.* 2008).

Morelos no es la excepción en la incidencia de este factor. Algunos de sus ríos y arroyos son contaminados por descargas domésticas, industriales, agrícolas, ganaderas, y las provenientes de talleres rurales y de hospitales, tal como se documenta para los casos de los ríos Amacuzac (Vázquez-Silva 2003, Sánchez-Galíz 2005), Apatlaco (García-Cabrera 1991, Cano-Santana observación personal) y Cautla (Colín-Toledo 2014).

La contaminación que provocan los metales pesados a los seres vivos, incluyendo a los humanos y las náyades de las efímeras es preocupante. Los metales son acarreados por los escurrimientos de los jales mineros (cúmulos de residuos producidos por la minería) hacia los cuerpos de agua, los cuales en el estado se concentran en Tlalquitenango, y que son el resultado de la explotación minera llevada a cabo desde la época de la Colonia hasta 1993 (Sánchez 2002, Velasco-Trejo *et al.* 2004, SGM y se 2014, Rivera 2015).

En dichos jales se registran concentraciones tóxicas de cadmio, manganeso, cobre, plomo, zinc y arsénico que afectan a los pequeños arroyos que se juntan con el arroyo Grande, el cual finalmente desemboca en el río

Amacuzac (Velasco-Trejo *et al.* 2004, Tovar-Sánchez *et al.* 2016).

Otro factor que amenaza a las efímeras es el cambio de temperatura en cuerpos de agua causado por el cambio climático, debido a que altera sus ciclos de vida al provocar la eclosión prematura de los huevos (McKee y Atkinson 2000, Haidekker y Hering 2008), y reduce el tamaño de las hembras y su fecundidad (Corkum *et al.* 1997).

A pesar de que, en general, se reconoce que la urbanización y la reducción del caudal puede acarrear la desaparición de este tipo de insectos (Cano-Santana *et al.* 2016), y que la introducción de especies exóticas invasivas es uno de los factores globales más importantes de extinción de seres vivos (Cano-Santana y Valverde 2015), no se han estudiado estos factores como causantes de la reducción de la diversidad y abundancia de efímeras en Morelos.

Finalmente, es preocupante la altísima tasa de deforestación de la vegetación riparia (que se asienta en las riberas de ríos y arroyos) en el estado. Dicho tipo de vegetación se redujo 82.7% entre 1973 y 2007 (Ayala-García 2012).

La vegetación riparia actúa como un filtro secuestrador de contaminantes, lo cual eleva la calidad del agua que acarrear los sistemas acuáticos (Anbumozhi *et al.* 2005), hecho que conlleva elevados beneficios para las efímeras y los humanos. De ahí la vital importancia de conservar estos ecosistemas.

## Acciones de conservación

Es urgente que se adopten medidas de tratamiento de aguas residuales para reducir la contaminación de los cuerpos de agua, tales como los ríos Amacuzac, Apatlaco y Cautla.

Asimismo, se deben implementar estrategias de biorremediación en los lugares afectados por los jales, así como llevar a cabo labores de restauración ecológica de los hábitats dulceacuícolas afectados negativamente por descargas de aguas negras y contaminantes, así como de los bosques riparios destruidos por la deforestación.

De manera particular, se recomienda implementar acciones y programas de rescate y protección de las barrancas del estado. Su alto valor como reservorios de biodiversidad y amortiguadores del clima, así como en la recarga de mantos acuíferos y ríos, hacen de estos sitios una prioridad de conservación.

Además, la protección de las barrancas mejoraría la calidad del agua de los ríos Apatlaco, Yautepec y Cuautla que albergan efímeras y abastecen del vital líquido a Temixco, Acatlipa y Xochitepec, así como a los balnearios de Oaxtepec y Cocoyoc (García-Cabrera 1991, Alvarado y Di Castro 2013).

Todas estas acciones permitirían que se recuperasen las poblaciones de éstos y otros animales, lo cual disminuiría su riesgo de extinción. Sería deseable implementar un programa que promueva la participación ciudadana en la elaboración de una base de datos, en donde se registren los enjambres de efímeras, ya que esta información serviría para evaluar indirectamente la calidad del agua en cada región del estado.

## Conclusiones y recomendaciones

A pesar de que las efímeras contribuyen en gran medida a mantener la diversidad de animales de los cuerpos de agua (Pond 2010), el estado de conocimiento de estos insectos en Morelos es reducido.

Por ello, es importante promover la colecta y el estudio de las poblaciones de estos insectos, así como reducir los niveles de contaminación a los que están sometidos los cuerpos de agua donde éstas viven. La destrucción de sus hábitats los pone en peligro y, con ello, se afectan los procesos en los que intervienen (descomposición, depredación y reciclaje de nutrientes), así como a todas aquellas especies cuyo sostén depende de estos importantes insectos.

## Agradecimientos

Agradecemos el apoyo técnico y la revisión del manuscrito a Iván Castellanos-Vargas y a Luis Enrique Juárez-Sotelo, y a Jason Neuswanger por facilitarnos las fotos que ilustran esta contribución. A la Dra. Leticia Valencia Ávalos le agradecemos su gran ayuda para tener acceso a la información en tesis elaboradas en la UAEM y a Julián Pineda su ayuda en el trabajo fotográfico.

## Referencias

Alvarado, C. y M.R. Di Castro. 2013. *Cuernavaca, ciudad fragmentada: sus barrancas y urbanizaciones cerradas*. Juan Pablos Editor/UAEM, México.

Anbumozhi, V., J. Radhakrishnan y E. Yamaji. 2005. Impact of riparian buffer zones on water quality and associated management considerations. *Ecological Engineering* 24:517-523.

Ayala-García, M.P. 2012. *Estimación del impacto de la deforestación sobre la recarga potencial del manto freático en cuenca alta de Apatlaco en el periodo 1973-2007*. Tesis de licenciatura en ciencias biológicas. Facultad de Ciencias Biológicas-UAEM, Cuernavaca.

Barber-James, H.M., J.L. Gattolliat, M. Sartori y M.D. Hubbard. 2008. Global diversity of mayflies (Ephemeroptera, Insecta) in freshwater. *Hidrobiologia* 595:339-350.

Benítez, A.M. 2006. *Aspectos ecológicos de los macroinvertebrados del arroyo "Las Trancas" en el Parque Nacional Lagunas de Zempoala México*. Tesis de licenciatura en biología. Facultad de Ciencias Biológicas-UAEM, Cuernavaca.

Bobadilla-Martínez, J.I. 2015. *Ecología y diversidad de insectos acuáticos de la localidad de Cruz Pintada de Sierra de Huautla, Morelos*. Tesis de licenciatura en biología. Facultad de Ciencias Biológicas-UAEM, Cuernavaca.

Borror, D.J. y R.E. White. 1970. *A field guide to the insects of America north of Mexico*. Houghton Mifflin, Boston.

Brug-Aguilar, B. 2005. *Caracterización de la comunidad de macroinvertebrados de la zona litoral en la época de secas en el lago Tonatiahua, Parque Nacional Lagunas de Zempoala, Morelos, México*. Tesis de licenciatura en biología. Facultad de Ciencias Biológicas-UAEM, Cuernavaca.

Cano-Santana, Z., A. Romero-Mata, R. González-Salas et al. 2016. Neurópteros, frigáneas, cucarachas, efímeras, dipluros y otros Hexapoda. En: *La biodiversidad en la Ciudad de México*. Vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp. 268-284.

Cano-Santana, Z. y T. Valverde. 2015. *El pulso del planeta. Biodiversidad, ecosistemas y ciclos biogeoquímicos*. Siglo XXI/UNAM, México.

CITES. Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. 2011. *Apéndices I, II y III. Secretaría de la CITES*. En: <<http://www.cites.org/esp/app/appendices.php>>, última consulta: 18 de diciembre de 2016.

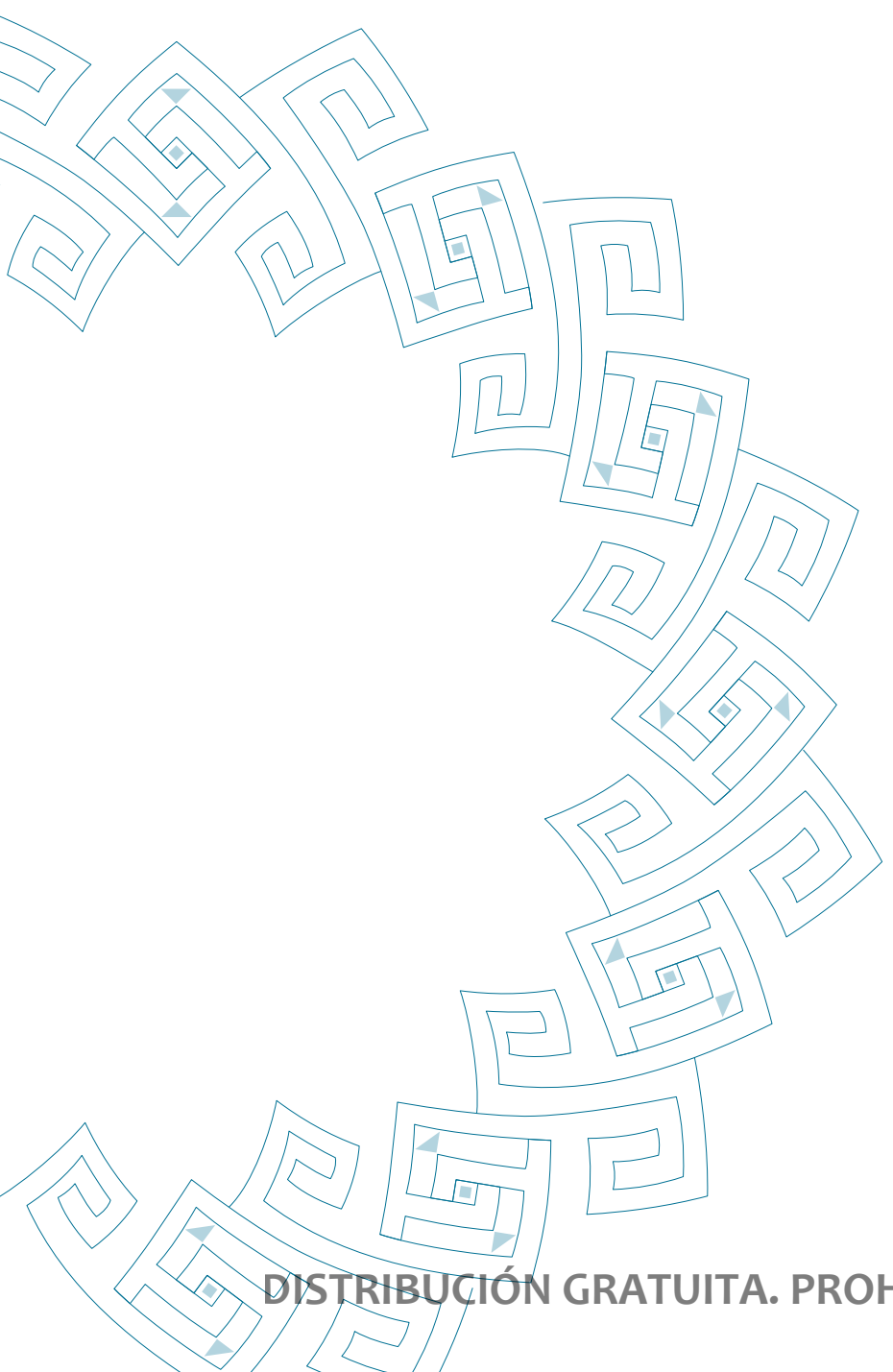
Colín-Toledo, R. 2014. *La comunidad de macroinvertebrados acuáticos y el impacto ambiental al río Cuatla, Morelos, México*. Tesis de licenciatura en biología. Facultad de Ciencias Biológicas-UAEM, Cuernavaca.

Corkum, L.D., J.J.H. Ciborowski y R.G. Poulin. 1997. Effects of emergence date and maternal size on egg development and sizes of eggs and first-instar nymphs of a semelparous aquatic insect. *Oecologia* 111:69-75.

Flowers, R.W. y C. De la Rosa. 2010. Ephemeroptera. *Revista de Biología Tropical* 58:63-93.



- Gallo, E.L. 2003. *The importance of stream invertebrates to riverine ecosystem function*. En: <<https://watershed.ucdavis.edu/education/classes/scott-river/flogs/importance-stream-invertebrates-riverine-ecosystem-function>>, última consulta: 13 de marzo de 2017.
- García-Cabrera, C. 1991. *Evaluación de la calidad del agua en los ríos Apatlaco, Yauatepec y Cuautla, estado de Morelos, utilizando indicadores biológicos de contaminación*. Tesis de maestría en ciencias. Facultad de Ciencias-UNAM, México.
- Haidekker, A. y D. Hering. 2008. Relationship between benthic insects (Ephemeroptera, Plecoptera, Coleoptera, Trichoptera) and temperature in small and medium-sized streams in Germany: A multivariate study. *Aquatic Ecology* 42:463-481.
- McCafferty, W.P. 2011. New Mexican and Central American Ephemeroptera records, with first species checklists for Mexican states. *American Entomological Society* 137:317-327.
- McGavin, G.C. 2002. *Entomología esencial*. Ariel, Barcelona.
- McKee, D. y D. Atkinson. 2000. The influence of climate change scenarios on populations of the mayfly *Cloendipterum*. *Hydrobiologia* 441:55-62.
- Menetrey, N., B. Oertli, M. Sartori et al. 2008. Eutrophication: Are mayflies (Ephemeroptera) good bioindicators for ponds? *Hydrobiologia* 597:125-135.
- Moreno-Hernández, I.E. 2014. *Macroinvertebrados acuáticos como indicadores biológicos, en el río Apatlaco, Morelos, México*. Tesis de licenciatura en biología. Facultad de Ciencias Biológicas-UAEM, Cuernavaca.
- Pond, G. J. 2010. Patterns of Ephemeroptera taxa loss in Appalachian headwater streams (Kentucky, USA). *Hidrobiologia* 641:185-201.
- Randolph, R.P. y W.P. McCafferty. 2000. Mexican mayflies: inventory and additions (Ephemeroptera). *Annales de Limnologie* 36:113-121.
- Rivera, S. 2015. *Investigadores de la UAEM determinan daños por residuos de actividad minera en la entidad*. En: <<https://www.launion.com.mx/morelos/sociedad/noticias/82971-investigadores-de-la-uaem-determinan-danos-por-residuos-de-actividad-minera-en-la-entidad.html>>, última consulta: 19 de enero de 2017.
- Sánchez, E. 2002. Plata y privilegios: el Real de Minas de Huautla, 1709-1821. *Estudios de Historia Novohispana* 26:85-123.
- Sánchez-Galiz, A.G. 2005. *Análisis de efemerópteros y quironómidos (Insecta) como indicadores de la calidad del agua en el río Amacuzac, Morelos, México*. Tesis licenciatura en biología. Facultad de Ciencias Biológicas-UAEM, Cuernavaca.
- SEMARNAT. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. *Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010*. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.
- SGM y SE. Servicio Geológico Mexicano y Secretaría de Economía. 2014. *Panorama minero del estado de Morelos*. SGM/SE, Pachuca.
- Tovar-Sánchez, E., P. Mussali-Galante, M. Martínez-Pacheco et al. 2016. Relationship between genotoxic damage and arsenic blood concentrations in individuals residing in an arsenic contaminated area in Morelos, Mexico. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 32(1):101-117.
- Triplehorn, C.A. y N.F. Johnson. 2004. *Borror and DeLong's introduction to the study of insects*. Thomson Brooks/Cole, Belmont.
- Trujillo-Jiménez, P. y M.A. Castro-Lara. 2009. Dieta de la carpa *Notropis moralesi* (Pisces: Cyprinidae) en el río Amacuzac, Morelos, México. *Revista de Biología Tropical* 57(1-2):195-209.
- Vázquez-Silva, G. 2003. *Bioindicadores de la calidad del agua en los ríos Apatlaco y Amacuzac del estado de Morelos, México*. Informe final de servicio social. UAM, México.
- Velasco-Trejo, J.A., D.A. De la Rosa Pérez, G. Solórzano Ochoa y T.L. Volke Sepúlveda. 2004. *Evaluación de tecnologías de remediación para suelos contaminados con metales*. Primer informe. SEMARNAT/INE, México.
- Wolff, M. 2006. *Insectos de Colombia. Guía básica de familias*. Universidad de Antioquía, Medellín.
- Zhang, Z.Q. 2013. *Phylum Arthropoda*. *Zootaxa* 3703(1):17-26.



**DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA**

## Libélulas y caballitos del diablo (Odonata)

Ofelia Delgado Hernández y Enrique González Soriano

### Introducción

Los odonatos (libélulas o caballitos del diablo) son un grupo de insectos acuáticos de amplia distribución mundial. Constituyen uno de los grupos de insectos más antiguos y mejor conocidos taxonómicamente (González-Soriano *et al.* 2004).

Este grupo se divide en tres subórdenes: a) Anisoptera (se caracterizan por tener un cuerpo robusto y ojos compuestos de gran tamaño que casi cubren su cabeza esférica); b) Anisozygoptera (se

distribuye únicamente en Asia, y tiene características morfológicas muy similares al suborden anterior); y c) Zygoptera (su cuerpo es más fino, la cabeza es elongada transversalmente y los ojos dispuestos de forma lateral).

Una forma de distinguirlos es a través de la observación de sus alas en reposo: los cigópteros y anisocigópteros mantienen juntas sus alas cuando están perchados, mientras que la mayoría de los anisópteros las mantienen extendidas (figura 1; González-Soriano y Novelo-Gutiérrez 1996, Suhling *et al.* 2015).



**Figura 1.** Diferencias morfológicas en reposo entre a) Anisoptera (libélulas; *Libellula saturata*) y b) Zygoptera (caballitos del diablo; *Enallagma praevarum*). Fotos: Manuel Grosselet/Banco de imágenes CONABIO (a), Miguel Ángel Sicilia Manzo/Banco de imágenes CONABIO (b).

Delgado-Hernández, O. y E. González-Soriano. 2020. Libélulas y caballitos del diablo (Odonata). En: *La biodiversidad en Morelos. Estudio de Estado 2*. Vol. II. CONABIO, México, pp. 99-104.

Corbet (1999), documentó de manera detallada la conducta e historia natural de los odonatos. Estos insectos son hemimetábolos o de metamorfosis incompleta, donde no existe una fase de pupa entre la larva y el adulto terrestre volador, que además se caracterizan por tener un ciclo de vida complejo (Stoks y Córdoba-Aguilar 2012). Sus larvas acuáticas, habitan una gran variedad de cuerpos de agua y son muy sensibles a los cambios en las condiciones ambientales (Simaika y Samways 2009).

En su estadio larvario son depredadores voraces de otros invertebrados y presentan varias mudas antes de empezar su metamorfosis. Los adultos también son asiduos depredadores y voladores excepcionales capaces de desplazarse a grandes distancias (Corbet 1999, Sánchez-Herrera y Ware 2012). Cuando las larvas emergen del agua, suelen alejarse hacia la vegetación circundante para alcanzar su madurez sexual, y ocupan una amplia gama de hábitats terrestres. Una vez que se desarrollan completamente, los adultos regresan a los cuerpos de agua para reproducirse (González-Soriano y Novelo-Gutiérrez 2014).



Figura 2. Macho y hembra de *Argia* sp. formando la rueda copulatoria que caracteriza a las especies de insectos del grupo de los cigópteros. Foto: Ofelia Delgado.

<sup>1</sup> Especies con origen en el norte del continente americano.

<sup>2</sup> Especies con origen en las áreas tropicales de América.

Por lo general, estos organismos presentan una marcada diferencia entre los sexos, que permite diferenciar fácilmente a los machos, los cuales usualmente son más coloridos que las hembras. Distintivamente, los machos presentan al final del abdomen apéndices caudales, con los que sujetan a la hembra por atrás de la cabeza (Anisoptera) o del protórax (Zygoptera) antes del inicio de la cópula. Por su parte, la hembra dobla su abdomen hacia el aparato copulador para formar la llamativa rueda copulatoria que los distingue de otros insectos (figura 2; Corbet 1999, Stoks y Córdoba-Aguilar 2012).

Las libélulas exhiben una plasticidad considerable en sus estrategias de apareamiento por lo que su comportamiento reproductivo está ampliamente estudiado (Corbet 1999, Córdoba-Aguilar 2008). Además, son un grupo fascinante en cuanto a su compleja historia de vida, la cual se caracteriza, entre otras cosas, por la separación temporal y espacial del hábitat de las larvas y los adultos. Asimismo, los cambios morfológicos, fisiológicos y conductuales que ocurren durante su ciclo de vida (Stoks y Córdoba-Aguilar 2012), los convierte en un grupo modelo en estudios ecológicos y conductuales (Córdoba-Aguilar 2008).

## Diversidad y distribución

Los listados más recientes para este orden reconocen 360 especies de libélulas en México (Cuevas-Yañez *et al.* 2017, Paulson y González-Soriano 2018), que representan 5.7% de la diversidad mundial, estimada en 6 283 especies (Klaas-Douwe *et al.* 2013, Schorr y Paulson 2018). En el caso de Morelos, cuenta con 103 registros (apéndice 28), lo que representa 28.6% de la diversidad mexicana y 1.6% a nivel mundial.

Los anisópteros presentes en la entidad, incluyen cuatro familias, 29 géneros y 62 especies, mientras que los cigópteros están representados por cinco familias, 13 géneros y 41 especies (Paulson y González-Soriano 2018). Las familias mejor representadas son: Libellulidae (35 especies) y Coenagrionidae (31).

La fauna de libélulas del estado tiene elementos que corresponden a especies neárticas,<sup>1</sup> neotropicales,<sup>2</sup> y algunas con una amplia distribución en América (González-Soriano y Novelo-Gutiérrez 1996, Suhling *et al.* 2015).

Exclusivas para México, se reportan 49 especies (González-Soriano y Novelo-Gutiérrez 2014), y Morelos se encuentra entre los cinco estados más ricos en endemismos del país con 11 (equivalen a 22.4% de los endemismos del país).

González-Soriano *et al.* (2008), realizaron uno de los trabajos faunísticos más completos para el grupo en la Reserva de la Biosfera de la Sierra de Huautla. En dicho trabajo reportaron una riqueza excepcionalmente alta, con 57 especies que son 55% del total registrado para Morelos.

## Importancia

Estos insectos son excelentes modelos en estudios ecológicos y conductuales (Córdoba-Aguilar 2008). Los especialistas consideran que son un grupo potencial para integrar diversas disciplinas dentro de la biología, como la genética, evolución, biogeografía, etcétera (Bybee *et al.* 2016).

Por su carácter depredador, juegan un papel importante en las redes tróficas y en la dinámica poblacional de sus presas (Corbet 1999). Algunas especies de libélulas se consideran como control biológico de plagas de mosquitos, que pueden ser vectores de enfermedades emergentes (Mandal *et al.* 2008, Nabaneeta *et al.* 2012).

La sensibilidad a los cambios ambientales, como la modificación de su distribución y abundancia en respuesta al cambio climático, hacen a estos insectos un indicador importante (Sánchez-Guillén *et al.* 2013, 2014, 2015). Al ocupar ambientes acuáticos y terrestres, las libélulas se han convertido en una herramienta esencial para evaluarlos. Actualmente, estos insectos se utilizan como bioindicadores, especies que sirven para determinar el estado de salud de un ambiente (Simaika y Samways 2009, Stoks y Córdoba-Aguilar 2012).

Ejemplo de lo anterior son las larvas, que son de utilidad por su alta sensibilidad a la contaminación del agua (Bulánková 1997). En este sentido, muchas especies de libélulas adultas al ser identificadas fácilmente en campo se pueden tomar para evaluar si un sitio está o no perturbado (Eyre *et al.* 1986), o detectar el declive temprano de un hábitat (Hawking y New 2002), con tan sólo realizar monitoreos visuales a largo y mediano plazo.

Desde el punto de vista de la conservación, la presencia de ciertas especies ayuda a identificar puntos críticos dentro de una reserva. Esto se debe a que los patrones de diversidad de las especies endémicas o raras pueden

formar ensambles que denotan áreas bajo amenaza a una escala de paisaje (Grant y Samways 2011).

Utilizando las características de la biología de las libélulas, se han generado diversos índices de integridad ecológica para realizar evaluaciones de esta índole, que además, son poco costosas (Simaika y Samways 2009). Asimismo, estos insectos brindan diferentes servicios ecosistémicos (Simaika y Samways 2008), algunos de suma importancia mencionados en los párrafos anteriores.

Sin embargo, también se deben resaltar otros servicios ecosistémicos (Simaika y Samways 2008), entre los que destacan su valor como fuente de alimento en algunas especies, y su importancia cultural, que se ve representada en el simbolismo y la percepción contrastante de estos insectos, los cuales pueden ser vistos como pureza y prosperidad, o por el contrario, como demonios o seres malignos que anuncian catástrofes.

Sus nombres vernáculos más comunes en español son reflejo de lo anterior: caballitos del diablo, libélulas, pipilachas, helicópteros, *turix* o *tulix* en lengua maya (Novelo *et al.* 1988).

Aunque se conocen pocas alegorías de estos insectos en las culturas del México prehispánico, la más bella e importante se basa en la representación pictórica de una libélula en el conocido mural del Palacio de Tepantitla, en donde se observan escenas de la vida diaria relacionadas con el agua y el dios de la lluvia Tlaloc (Uriarte 1996).

## Situación y estado de conservación

Aunque no existen especies mexicanas de este orden listadas en la NOM-059 (SEMARNAT 2010), estudios recientes como el de Cuevas-Yáñez *et al.* (2015), proponen llevar a cabo nuevos ejercicios de evaluación que incorporen algunas especies a la norma para su protección.

Los resultados de estos estudios indican que algunas especies probablemente se encuentran en peligro de extinción o que deberían reubicarse en otras categorías debido a la deficiencia de datos y pérdida de hábitat.

Por otro lado, la Lista Roja de especies amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), en 2016 incluye 26 especies de libélulas consideradas como de preocupación menor (*least concern*) que se distribuyen en Morelos (figura 3; UICN 2016). Un ejemplo de estas especies es *Lestes simplex*, endémica para México y de la que se conocen muy pocos ejemplares (González-Soriano y Novelo-Gutiérrez 2014).



Figura 3. *Erythemis vesiculosa*, anisóptero neotropical de Morelos dentro de la categoría de preocupación menor (LC) de la UICN. Foto: Manuel Grosselet/Banco de imágenes CONABIO.

Aunque el inventario de las especies de este grupo en México está casi completo, no es posible hacer una evaluación apropiada de su estado de conservación, debido a que los datos de distribución son insuficientes para la mayoría de las libélulas mexicanas (Cuevas-Yáñez *et al.* 2017).

### Factores de presión

Como ocurre con otros grupos de insectos en todo el mundo, se observan cambios en la abundancia y los patrones de distribución geográfica en los odonatos, como respuesta al aumento de la temperatura provocado por el cambio climático y las presiones antropogénicas (Sánchez-Guillén *et al.* 2013, 2014). Esta situación puede provocar el aislamiento reproductivo o la hibridación entre algunas especies y propiciar un riesgo de extinción en especies con un área de distribución restringida (Sánchez-Guillén *et al.* 2015).

Las libélulas fueron uno de los primeros grupos de insectos en ser evaluados globalmente para conocer su estado de conservación ante la crisis de la biodiversidad, lo cual reveló la falta de representación de invertebrados en este tipo de estudios a nivel mundial (Clausnitzer *et al.* 2009).

### Acciones de conservación

Es importante resaltar que Morelos posee un gran potencial para la generación de servicios ecosistémicos hidrológicos, por contar con una gran abundancia de cuerpos de agua, los cuales deben ser urgentemente monitoreados, protegidos y aprovechados de una forma racional.

Lamentablemente, éstos presentan un alto grado de contaminación y deterioro que, aunado con otros factores como la pérdida de cobertura vegetal y el crecimiento de asentamientos urbanos, inciden de manera decisiva en la pérdida acelerada de su biodiversidad (Contreras-MacBeath *et al.* 2006, CONAGUA 2010).

En este sentido, la importancia del orden Odonata, como indicador clave del estado de estos ecosistemas es fundamental. De tal manera que, sus especies se pueden considerar como modelo para llevar a cabo acciones en materia de conservación (Córdoba-Aguilar 2008).

Diversos índices que miden la integridad ecológica de los sistemas dulceacuícolas son implementados con éxito en otros países como se indica en el *European Odonata Habitat Index* (Chovanec y Waringer 2001), que considera la extensión de las especies en diferentes

tipos de hábitat y su abundancia; y el *Dragonfly Biotic Index*, que se usa para la selección y priorización de sitios de conservación a escala nacional en Sudáfrica (Simaika y Samways 2012). Ambos índices se distinguen por utilizar representantes de un sólo grupo de organismos, en este caso las libélulas.

Otro ejemplo por seguir, es el esfuerzo realizado recientemente en la región de los Andes Tropicales, para identificar áreas clave con el fin de proteger la biodiversidad e implementar programas de manejo adecuados de ecosistemas dulceacuícolas (Tognelli *et al.* 2016). En este caso, las libélulas se seleccionaron como uno de los grupos prioritarios junto con otros vertebrados y plantas.

Para cumplir con los objetivos de este trabajo, los autores compilaron información estandarizada de cada especie considerando su distribución geográfica, tendencia poblacional, tipo de hábitat y ecología. Uno de los productos de esta investigación fue la elaboración de fichas informativas de cada especie, que fueron revisadas en talleres liderados por expertos en cada grupo taxonómico. Además, generaron mapas de distribución a nivel de cuencas, para observar patrones geográficos de riqueza de especies endémicas, amenazadas o con datos insuficientes.

## Conclusiones y recomendaciones

Morelos es uno de los estados mejor conocidos en cuanto a la fauna de libélulas se refiere (González-Soriano y Novelo-Gutiérrez 2014, Cuevas-Yáñez *et al.* 2017). Sin embargo, es necesario contar con información actualizada del grupo, para poder seguir los ejemplos mencionados anteriormente, y así implementar medidas de conservación acertadas, particularmente en uno de los estados con más diversidad de especies de este importante orden de insectos acuáticos en México.

Por lo anterior, es prioritario continuar con el muestreo y monitoreo de las libélulas a escalas locales tomando también en cuenta los procesos ecológicos relacionados a nivel de cuencas y microcuencas no sólo en Morelos sino a nivel nacional.

## Referencias

Bulánková, E. 1997. Dragonflies (Odonata) as bioindicators of environment quality. *Biología* 52(2):177–180.

- Bybee, S., A. Córdoba-Aguilar, M.C. Duryea *et al.* 2016. Odonata (dragonflies and damselflies) as a bridge between ecology and evolutionary genomics. *Frontiers in Zoology* 13:46.
- Chovanec, A. y J. Waringer. 2001. Ecological integrity of river-floodplain systems-assessment by dragonfly surveys (Insecta: Odonata). *Regulated Rivers* 17:493-507.
- Clausnitzer, V., V.J. Kalkman, M. Ram *et al.* 2009. Odonata enter the biodiversity crisis debate: The first global assessment of an insect group. *Biological Conservation* 142:1864–1869.
- CONAGUA. Comisión Nacional del Agua. 2010. *Programa hídrico visión 2030 del estado de Morelos*. SEMARNAT, México.
- Contreras-MacBeath, T., J.C. Boyás y F. Jaramillo. 2006. *La diversidad biológica en Morelos: estudio del estado*. CONABIO/UAEM, México.
- Corbet, P.S. 1999. *Dragonflies: behavior and ecology of Odonata*. Cornell University Press, Nueva York.
- Córdoba-Aguilar, A. 2008. *Dragonflies and damselflies: Model organisms for ecological and evolutionary research*. Oxford University Press, Oxford.
- Cuevas-Yáñez, K., M. Rivas, J. Muñoz y A. Córdoba-Aguilar. 2015. Conservation status assessment of *Paraphlebia damselflies* in Mexico. *Insect Conservation and Diversity* 8:517–524.
- Cuevas-Yáñez, K., J.C. Espinosa-Rivera, A.P. Martínez-Falcón y A. Córdoba-Aguilar. 2017. Are all Mexican odonate species documented? An assessment of species richness. *Systematics and Biodiversity* 15(3):253–258.
- Eyre, M.D., S.G. Ball y G.N. Foster. 1986. An initial classification of the habits of aquatic Coleoptera in North-east England. *Journal of Applied Ecology* 23:841–852.
- Grant, P.B.C. y J.M. Samways. 2011. Micro-hotspot determination and buffer zone value for Odonata in a globally significant biosphere reserve. *Biological Conservation* 144:772–781.
- González-Soriano, E., O. Delgado-Hernández y G.L. Harp. 2004. Libélulas de la estación de biología Chamela, Jalisco (Insecta: Odonata). En: *Artrópodos de Chamela*. R. Ayala y A.N. García-Aldrete (eds.). UNAM, México, pp. 37–61.
- González-Soriano, E. y R. Novelo-Gutiérrez. 1996. Odonata. En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento*. Vol. I. J. Llorente-Bousquets, A. García-Aldrete y E. González-Soriano (eds.). Instituto de Biología-UNAM, México, pp. 147–168.
- . 2014. Biodiversidad de Odonata en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85(Supl.):S243–S251.
- González-Soriano, E., F.A. Noguera, S. Zaragoza-Caballero y E. Ramírez. 2008. Odonata diversity in a tropical dry forest of Mexico, 1. Sierra de Huautla, Morelos. *Odonatologica* 37(4):305–315.
- Hawking, J.H. y T.R. New. 2002. Interpreting dragonfly diversity to aid in conservation assessment: lessons from the Odonata assemblage

- at Middle Creek, north eastern Victoria, Australia. *Journal of Insect Conservation* 6:171–178.
- Klaas-Douwe, B.D., G. Bechly, S.M. Bybee *et al.* 2013. The classification and diversity of dragonflies and damselflies (Odonata). *Zootaxa* 3703:36–45.
- Mandal, S.K., A. Ghosh, I. Bhattacharjee, y G. Chandra. 2008. Biocontrol efficiency of odonate nymphs against larvae of the mosquito, *Culex quinquefasciatus* Say, 1823. *Acta Tropica* 106: 109–114.
- Nabaneeta, S., A. Gautam, B. Soumyajit y S. Goutam. 2012. Predation potential of odonates on mosquito larvae: Implications for biological control. *Biological Control* 63:1–8.
- Novelo, G.R., G.O. Canul y M.J. Camal. 1988. Los odonatos del estado de Quintana Roo, México (Insecta: Odonata). *Folia Entomológica Mexicana* 74:13–68.
- Paulson, D.R. y E. González-Soriano. 2018. *Mexican Odonata*. En: <[www.pugetsound.edu/academics/academic-resources/slater-museum/biodiversity-resources/dragonflies/mexican-odonata/](http://www.pugetsound.edu/academics/academic-resources/slater-museum/biodiversity-resources/dragonflies/mexican-odonata/)>, última consulta: 18 de enero de 2018.
- Sánchez-Guillén, R.A., A. Córdoba-Aguilar, B. Hansson *et al.* 2015. Evolutionary consequences of climate-induced range shifts in insects. *Biological Reviews* 91(4):1050–1064.
- Sánchez-Guillén, R.A., J. Hafernik, M. Tierney *et al.* 2014. Hybridization rate and climate change: are endangered species at risk? *Journal of Insect Conservation* 18:295–305.
- Sánchez-Guillén, R.A., J. Muñoz, G. Rodríguez-Tapia *et al.* 2013. Climate-induced range shifts and possible hybridisation consequences in insects. *PLoS ONE* 8:e80531.
- Sánchez-Herrera, M. y J.L. Ware. 2012. Biogeography of dragonflies and damselflies: highly mobile predators. En: *Global advances in biogeography*. L. Stevens (ed.). Intech, Londres, pp. 291–306.
- Schorr, M. y D.R. Paulson. 2018. *World Odonata List*. En: <<https://www.pugetsound.edu/academics/academic-resources/slater-museum/biodiversity-resources/dragonflies/world-odonata-list2/>>, última consulta: 18 de enero de 2018.
- SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. *Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010*. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.
- Simaika, P. y M.J. Samways. 2008. Valuing dragonflies as service providers. En: *Dragonflies and damselflies: model organisms for ecological and evolutionary research*. A. Córdoba-Aguilar (ed.). Oxford University Press, Oxford, pp. 109–124.
- . 2009. An easy-to-use index of ecological integrity for prioritizing freshwater sites and for assessing habitat quality. *Biodiversity and Conservation* 18:1171–1185.
- . 2012. Using dragonflies to monitor and prioritize lotic systems: a South African perspective. *Organisms Diversity and Evolution* 12:251–259.
- Stoks, R. y A. Córdoba-Aguilar. 2012. Evolutionary ecology of Odonata: a complex life cycle perspective. *Annual Review Entomology* 57:249–65.
- Suhling, F., G. Sahlén, S. Gorb *et al.* 2015. Order Odonata. En: *Ecology and general biology: thorp and covich's freshwater invertebrates*. J. Thorp y D.C. Rogers (eds.). Academic Press, Boston, pp. 893–932.
- Tognelli, M.F., C.A. Lasso, C.A. Bota-Sierra *et al.* (eds.). 2016. *Estado de conservación y distribución de la biodiversidad de agua dulce en los Andes Tropicales*. UICN, Suiza.
- UICN. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. 2016. *Red List of Threatened Species. Versión 2016-2*. En: <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>, última consulta: 25 de enero de 2018.
- Uriarte, M.T. 1996. Tepantitla, el juego de pelota. En: *La pintura mural prehispánica en México Teotihuacán*, Vol. I, Tomo II *Estudios*. B. De la Fuente (coord.). Instituto de Investigaciones Estéticas-UNAM, México, pp. 227–290.



# Moscas de las piedras y megalópteros (Plecoptera y Megaloptera)

Alfredo Mayorga Villalobos, Yesenia Marquez López y Atilano Contreras Ramos

## Introducción

Plecoptera y Megaloptera son dos órdenes de insectos que se les considera enteramente acuáticos, debido a que todas sus especies pasan algún estado de desarrollo en el medio acuático (huevo y ninfa en plecópteros, larva en megalópteros). No obstante, el adulto de ambos grupos, los huevos y la pupa de Megaloptera, son terrestres (Flint *et al.* 2008, Stewart y Stark 2008).

A pesar de pertenecer a linajes distantes en la filogenia de los insectos, los plecópteros son hemimetábolos (metamorfosis incompleta), y pertenecen al linaje de los ortopteroides o polineópteros. Por el contrario, los megalópteros son holometábolos (metamorfosis completa) y pertenecen al linaje de los neuropteroides (Kristensen 1981, Misof *et al.* 2014).

Ecológicamente, ambos grupos están cercanamente relacionados, pues sus especies son primordialmente de ambientes lóticos (ríos y arroyos) y con frecuencia comparten hábitats y microhábitats. Ambos grupos pueden considerarse de diversidad moderada (Plecoptera) a baja (Megaloptera), a diferencia del elevado número de especies que usualmente presentan los insectos.

Todos los megalópteros y algunos plecópteros son depredadores, rol ecológico importante, especialmente para los estados inmaduros activos (larva o ninfa), debido a que es el estado de desarrollo con mayor duración; mientras que los adultos generalmente tienen una corta vida (Huryn *et al.* 2008).

## Plecoptera

Su nombre, del griego *plecos* (plegar) y *pteron* (alas), alude a su capacidad para plegar las alas sobre el abdomen. Evolutivamente, éstos representan a los primeros

linajes con dicha ventaja (insectos neópteros, es decir que pueden abatir sus alas sobre el abdomen,) sobre sus antecesores paleópteros (como las efímeras y libélulas), que deben mantener siempre sus alas extendidas (Carpenter 1953).

Su nombre común, moscas de las piedras (*stoneflies* en inglés), hace referencia a las piedras y rocas, substrato común subacuático de los estados inmaduros o ninfas, o donde se posan los adultos en partes expuestas sobre el agua en ríos o arroyos con turbulencia (Hynes 1976, Stewart y Stark 2008).

Las ninfas son acuáticas (figura 1), con aspecto aplanado, hidrodinámico, similares a los adultos, pero con alas en desarrollo como botones o cojinetes externos, presentan branquias traqueales en diferentes partes de la cabeza, tórax y región anal (Cummins *et al.* 2008).



Figura 1. Ninfa de *Anacroneuria* sp. (Plecoptera, Perlidae), puede apreciarse la forma aplanada del cuerpo y una segmentación bien definida. Foto: Alfredo Mayorga.

Mayorga, A., Y. Marquez-López y A. Contreras-Ramos. 2020. Moscas de las piedras y megalópteros (Plecoptera y Megaloptera). En: *La biodiversidad en Morelos. Estudio de Estado 2*. Vol. II. CONABIO, México, pp. 105-114.

Su sistema respiratorio es cerrado (respiran por la cutícula o por branquias traqueales) y requieren aguas limpias, frías, con mucha corriente de altos niveles de oxígeno. Por tanto, los plecópteros están limitados a ríos, cascadas, manantiales y arroyos, típicamente de alta montaña (Sargent *et al.* 1991, Stewart y Stark 2002). No obstante, se cuenta con registros de estos insectos en aguas cálidas en baja altitud.

Los adultos son alargados, con antenas filiformes, multisegmentadas (en forma de hilo y divididas en pequeñas secciones o artejos), con aparato bucal masticador, ojos compuestos y ocelos (ojos simples), con un aspecto ligeramente aplanado y un par de cercos (apéndices segmentados) posteriores en el abdomen (figuras 2 y 3). Generalmente, éstos carecen de coloración llamativa, aunque pueden tener algún patrón de tonos pardos en la cabeza, pronoto (placa dorsal del primer segmento del tórax) o las alas; pueden presentar branquias vestigiales (Stewart y Stark 2008).

Se estima que hay entre 12 y 23 estadios ninfales, y en ellos la alimentación puede variar. Algunos registros indican que en estadios ninfales primarios la ninfa es detritívora o trituradora y pasa a ser carnívora en estadios ninfales finales, lo cual hace a los plecópteros importantes en el flujo de energía del ecosistema (Stewart y Stark 2008).

Por su parte, en la etapa adulta son terrestres y llegan a vivir de pocos días a algunas semanas, tiempo que usan para reproducirse. Se sabe poco sobre su alimentación en la dicha etapa, aunque se estima que generalmente no se alimentan. Sin embargo, se tienen algunos reportes de adultos bebiendo sustancias azucaradas (néctar), y alimentándose de esporas, líquenes o retoños de hojas (Tierno de Figueroa y Sanchez-Ortega 1999, Tierno de Figueroa y Fochetti 2001, Fenoglio y Tierno de Figueroa 2003).

## Megaloptera

Su nombre, del griego *megale* (grande) y *pteron* (ala), alude al tamaño grande de los adultos de algunas especies, como *Corydalus luteus*, cuyos machos pueden alcanzar casi 14 cm de envergadura alar (Contreras-Ramos 1998).

El grupo carece de un nombre común de amplio uso en países de habla hispana, aunque en regiones de México se conoce a las larvas como perros del agua. En inglés, a los adultos se les conoce como *dobsonflies* y las



Figura 2. Adulto de *Anacroneuria* sp. (Plecoptera, Perlidae), en el que se observan las antenas filiformes simples, ojos compuestos y un par de ocelos pequeños medios sobre la cabeza, así como un pronoto con patrón de coloración pardo y claro. Foto: Alfredo Mayorga.



Figura 3. Adulto de *Amphinemura mexicana* (Plecoptera, Nemouridae), con un color pardo uniforme y un patrón obscuro sutil en las alas. Foto: Alfredo Mayorga.

larvas como *hellgrammites*, ambos términos de origen desconocido (Flint *et al.* 2008).

Las larvas son alargadas, algo aplanadas y pueden alcanzar una longitud de hasta 90 mm (figura 4). Son prognatas (partes bucales dirigidas al frente), con fuertes mandíbulas, útiles para su papel de depredadores polífagos (se alimentan de todo tipo de presas, incluso llegan a ser caníbales y carroñeras).



**Figura 4.** Larva de *Corydalus* sp. (Megaloptera, Corydalidae), se aprecian las fuertes mandíbulas, así como los filamentos laterales abdominales y branquias debajo de ellos. Foto: Atilano Contreras.

Poseen filamentos laterales abdominales y branquias traqueales para el intercambio gaseoso directamente del agua, pero también espiráculos (apertura cuticular del sistema traqueal) para intercambio gaseoso con el aire atmosférico (Flint *et al.* 2008). Esta amplia capacidad respiratoria permite que las larvas puedan sobrevivir períodos de sequía, así como posibles concentraciones bajas de oxígeno disuelto generadas por condiciones moderadas de eutrofización (enriquecimiento de nutrientes en el agua).

Los adultos se distinguen por el área anal grande en las alas posteriores, cabeza prognata, ancha y plana, ojos compuestos grandes que sobresalen, mandíbulas masticadoras y antenas multisegmentadas (New y Theischinger 1993).

En México, la mayoría de las especies pertenecen a la subfamilia Corydalinae de Corydalidae, con una longitud del ala anterior mayor a los 24 mm, poseen ocelos y el cuarto segmento tarsal (sección más distal de las patas) es simple (Contreras-Ramos y Rosas 2014). El resto de los grupos, la subfamilia Chauliodinae (de Corydalidae) y la familia Sialidae, tienen una distribución y representatividad muy restringida.

Los adultos del género *Chloronia* poseen un color amarillo verdoso a amarillo pálido (figura 5), mientras que los de *Corydalus* son café claro a café oscuro, y los machos de este género poseen mandíbulas modificadas a

manera de colmillo (figura 6), por lo cual sus especies tienen un marcado dimorfismo sexual (las hembras poseen mandíbulas normales, cortas con dentición completa).

*Platyneuromus*, un tercer género de Corydalinae, con expansiones cefálicas postoculares, no ha sido registrado en Morelos. En México, el ciclo de vida puede durar alrededor de un año, con larvas que pasen por 10 a 12 estadios (Bowles 1990), mientras que los adultos viven alrededor de una semana (Contreras-Ramos 1999) y sólo beben líquidos.

## Diversidad y distribución

### Plecoptera

Existen aproximadamente 3 705 especies descritas en el mundo, con una distribución de tipo antitropical (el orden es más diverso y posee una mayor distribución fuera de los trópicos). La diversidad de plecópteros está mejor estudiada en los países de Norteamérica (con excepción de México) y Europa. La diversidad en Centroamérica y Sudamérica aún no se ha estudiado suficientemente (Fochetti y Tierno de Figueroa 2008).

En lo que respecta a México, se cuenta con 51 especies, agrupadas en seis familias y nueve géneros, que representa cerca de 1.4% de la fauna mundial para el grupo. Las familias con mayor número de especies



**Figura 5.** Adulto de *Chloronia pallida* (Megaloptera, Corydalidae), es notable la coloración amarillo-verdosa diagnóstica de este género. Foto: Atilano Contreras.



**Figura 6.** Adulto de *Corydalus luteus* (Megaloptera, Corydalidae), con las características mandíbulas alargadas de los machos de este género. Foto: Atilano Contreras.

descritas en el país son: Perlidae (30), Capniidae (8) y Nemouridae (5; Baumann y Gaufin 1972, Sargent *et al.* 1991, Stark y Kondratieff 2004, Froehlich 2010, DeWalt *et al.* 2016, Mayorga 2016).

Sólo tres especies presentan registros en Morelos (6% de las especies a nivel nacional, cuadro 1; apéndice 29): *Amphinemura mexicana* (figura 3), *Amphinemura venusta* (Nemouridae) y *Anacroneuria litura* (Perlidae). Por la ausencia de estudios exhaustivos sobre este grupo en el estado, así como la diversidad conocida del grupo en México, es de esperarse que la diversidad de este orden sea mayor que la registrada hasta ahora.

En cuanto a su distribución, las especies *A. mexicana* y *A. venusta* pertenecen a un género primariamente holártico (distribuido en regiones templadas de Norteamérica y Eurasia). *A. mexicana* es endémica de México, con una distribución en el centro y occidente del país (Eje Neovolcánico Transversal y Sierra Madre Occidental; mientras que *A. venusta* es una especie con afinidad al Eje Neovolcánico Transversal, con registros en Arizona, Estados Unidos (Baumann y Gaufin 1972).

Por otra parte, *A. litura*, aunque pertenece a un género primordialmente neotropical, tiene una distribución más amplia en estados como Chiapas, Guerrero, Morelos, Oaxaca, Tabasco y Tamaulipas, así como en Centroamérica y Texas, Estados Unidos de América (Stark y Kondratieff 2004).

En la entidad, se tienen registros de *A. litura* en un rango altitudinal que varía entre 100 y 500 msnm, principalmente en el noroeste y suroeste (figura 7, cuadro 1) a mayor elevación, en zonas de clima cálido (Sierra Madre del Sur; Stark y Kondratieff 2004, Mayorga 2016). Al poseer una distribución neotropical amplia, es posible que sea capaz de vivir en una variedad de condiciones que impliquen mayor tolerancia a la perturbación (Tomanova y Tedesco 2007).

Las especies del género *Amphinemura*, presentes en el municipio de Huitzilac (Eje Neovolcánico Transversal), fueron recolectadas en arroyos dentro del Parque Nacional Lagunas de Zempoala (figura 7, cuadro 1), lo cual confirma su asociación a hábitats con una altitud que rebasa los 2 000 msnm, con clima templado y aguas frías, limpias y bien oxigenadas (Sargent *et al.* 1991). A diferencia de la familia Nemouridae, la familia Perlidae se reporta en hábitats con cierta tolerancia a la contaminación orgánica y bajos niveles de oxígeno en zonas tropicales (Tomanova y Tedesco 2007).

## Megaloptera

Es un orden pequeño, con poco más de 328 especies descritas en el mundo (Cover y Resh 2008). Se divide en dos familias, Corydalidae y Sialidae, la primera con dos subfamilias (Corydalinae y Chauliodinae), con un patrón

**Cuadro 1.** Especies de Plecoptera y Megaloptera registradas en Morelos.

Familia	Especies	Región ecológica	Municipio
<b>Plecoptera</b>			
Nemouridae	<i>Amphinemura mexicana</i>	Sierra del Chichinautzin	Huitzilac y Xochitepec
	<i>A. venusta</i>	Sierra del Chichinautzin	Huitzilac
Perlidae	<i>Anacroneuria litura</i>	Lagos de Morelos y Sierra del Chichinautzin	Amacuzac, Cuernavaca, Puente de Ixtla, Tepalcingo y Xochitepec
<b>Megaloptera</b>			
Corydalidae	<i>Chloronia mexicana</i>	Lagos de Morelos	Ayala y Cuautla
	<i>C. pallida</i>	Valle de Cuauhnáhuac	Xochitepec
	<i>Corydalus bidenticulatus</i>	Lagos de Morelos, Sierras Centrales, Sierra del Chichinautzin y Sierra de Huautla	Cuautla, Jojutla y Tlaquiltenango
	<i>C. luteus</i>	Sierra de Huautla y Valle Agrícola Ayala-Yautepec	Cuautla
	<i>C. texanus</i>	El Texcal, Lagos de Morelos, Sierra de Huautla, Sierra del Chichinautzin, Sierras Centrales, Sierras de Occidente, Valle Agrícola Ayala-Yautepec	Amacuzac, Ayala, Cuautla, Cuernavaca, Jojutla, Tepalcingo, Tepoztlán, Tlaquiltenango, Xochitepec y Yautepec

Fuente: elaboración propia con datos de la Colección Nacional de Insectos, Jewett 1958, Bauman y Gaufin 1972, Penny y Flint 1982, Contreras-Ramos 1998, Stark y Kondratieff 2004.

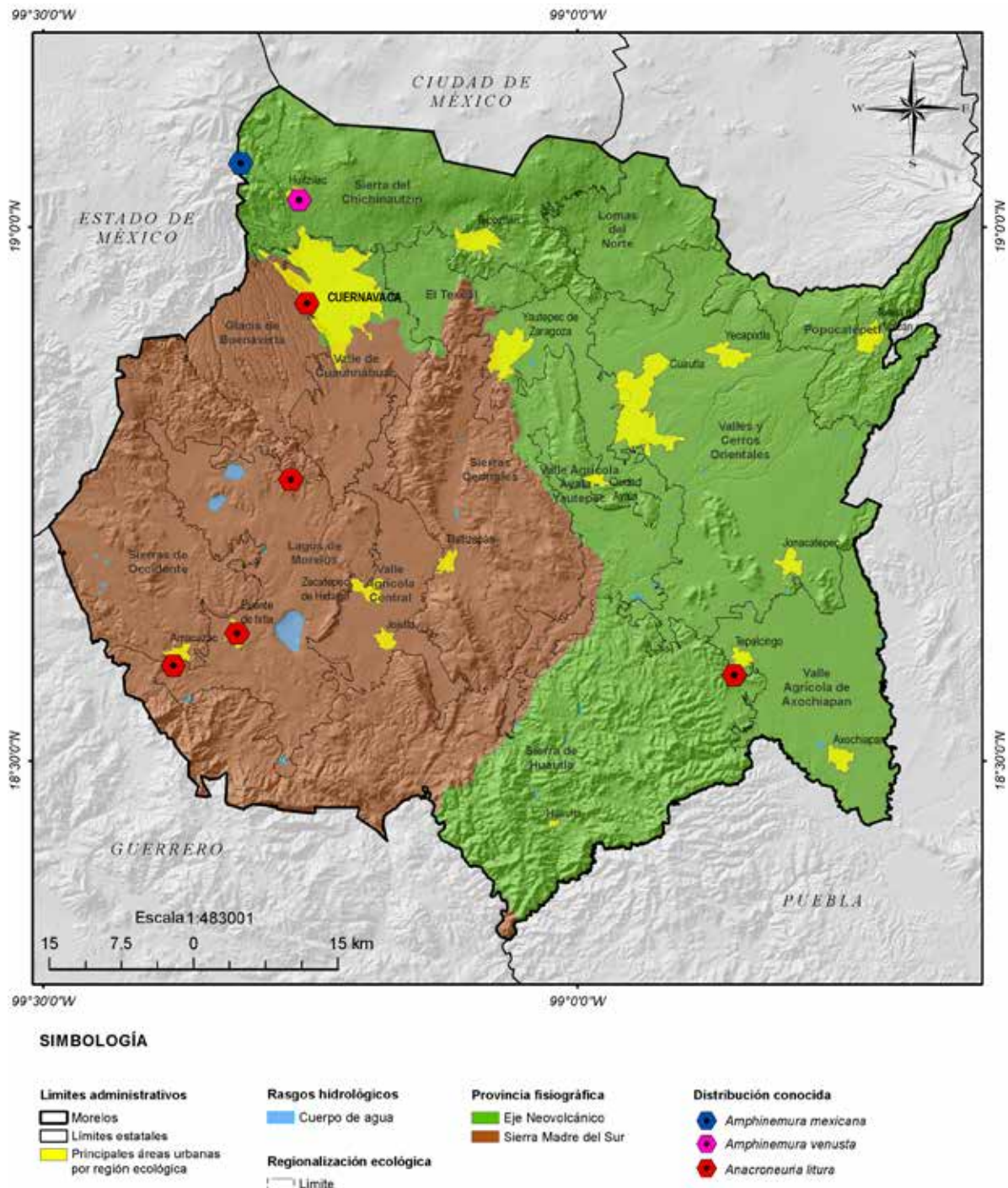


Figura 7. Distribución conocida de las especies de Plecoptera en Morelos. Fuente: elaboración propia

general de mayor diversidad de Corydalinae en latitudes tropicales, y mayor diversidad de Sialidae y Chauliodinae en regiones templadas.

La fauna de Megaloptera en México es de 13 especies distribuidas en cinco géneros, lo que apenas representa 3.9% de la fauna mundial (Contreras-Ramos y Rosas 2014); 11 especies pertenecen a Corydalinae (géneros *Chloronia*, *Corydalus* y *Platyneuromus*), mientras que dos pertenecen a *Neohermes* (Chauliodinae) y a *Ilyobius* (Sialidae), respectivamente.

En Morelos se han registrado cinco especies de la subfamilia Corydalinae (cuadro 1; apéndice 29), que representan 38.5% a nivel nacional. Aunque *Chloronia pallida* es endémica de México (figura 5), para el estado no se reportan endemismos. En el caso de *Corydalus bidenticulatus* es una especie primordialmente mexicana, con sólo un registro de Arizona, Estados Unidos de América (Contreras-Ramos 1998). A pesar de la baja diversidad del grupo, por el bajo esfuerzo de muestreo, existe la posibilidad de que aún se agregue alguna especie al inventario del estado.

Las especies del estado pertenecen a un género neotropical (*Chloronia*) o a uno de amplia distribución en América (*Corydalus*), pero de mayor diversidad en el Neotrópico, por lo cual es una fauna de afinidad neotropical. *Chloronia pallida* se restringe al municipio de Xochitepec (altitud 1 109 msnm), mientras que *Corydalus mexicana* sólo se conoce en Cuautla y Villa de Ayala (altitud 1 330 a 1 400 msnm), en las regiones fisiográficas de la Sierra Madre del Sur y del Eje Neovolcánico Transversal, respectivamente, aunque ambas especies se han registrado en otros estados del país (figura 8, cuadro 1; Penny y Flint 1982, Contreras-Ramos y Rosas 2014). En Morelos, sólo existe un registro antiguo de *C. pallida*, de agosto de 1965 (Penny y Flint 1982).

Por su parte, *Corydalus bidenticulatus* y *C. texanus* pueden considerarse especies de amplia distribución en la entidad, debido a que existen varios registros en las dos regiones fisiográficas principales del estado (figura 8, cuadro 1). *C. texanus*, es una especie de amplia distribución en el oeste de Estados Unidos de América y de México, y de mayor distribución en el estado. *C. luteus* es de amplia distribución, desde Texas a Panamá, y está marginalmente representada en Morelos (cuadro 1).

De manera general, las especies de *Chloronia* pueden encontrarse en ríos de mayor caudal y profundidad, de climas tropicales, mientras que las de *Corydalus* pueden

encontrarse en ríos de mayor turbulencia, ocasionalmente en ríos con mayor fluctuación de caudal, que incluso pueden ser ríos intermitentes de climas semiáridos, como el caso de *C. luteus* en Nuevo León (Contreras-Ramos 1999).

## Importancia

Por su respuesta rápida a cambios en el ambiente, los plecópteros son considerados buenos indicadores en el biomonitoreo, de ahí su presencia en índices de calidad del agua como el EPT (Ephemeroptera: Plecoptera: Trichoptera; Rosenberg *et al.* 2008).

El estudio de los plecópteros, como el de otros grupos acuáticos sensibles, tales como Ephemeroptera y Trichoptera, es de vital importancia para lograr un monitoreo de las condiciones de salud de los ecosistemas acuáticos del estado y del país en general.

El papel ecológico de procesadores de materia orgánica vegetal de algunos plecópteros, o de depredadores y, por tanto, reguladores de poblaciones de otros invertebrados o vertebrados pequeños (p.e. peces, anfibios), de ambos órdenes, podría verse afectado con el consiguiente impacto en las funciones ecosistémicas.

Las densidades de estos grupos en ciertos hábitats, y su biomasa correspondiente, pueden ser considerables, por lo cual su función ecológica no debe ser soslayada.

En algunas regiones de México y de otros países latinoamericanos, los megalópteros (larvas) alcanzan una importancia cultural debido a que se aprovechan como alimento humano (Contreras-Ramos 2009), o para carnada en la pesca.

En Estados Unidos de América y algunos países europeos, los plecópteros se utilizan como modelo para la elaboración de señuelos en pesca deportiva. Ambos grupos, tienen importancia como parte de la red trófica como alimento de peces y otros vertebrados (Healey 1984).

## Situación y estado de conservación

A la fecha, se cuenta con datos públicos resultado del monitoreo sistemático e integral de macroinvertebrados en las cuencas, o los datos son de difícil acceso. Por ello, no es posible emitir un diagnóstico sobre el estado de conservación de las especies, además que éstos pueden requerir la incorporación del estado adulto, que

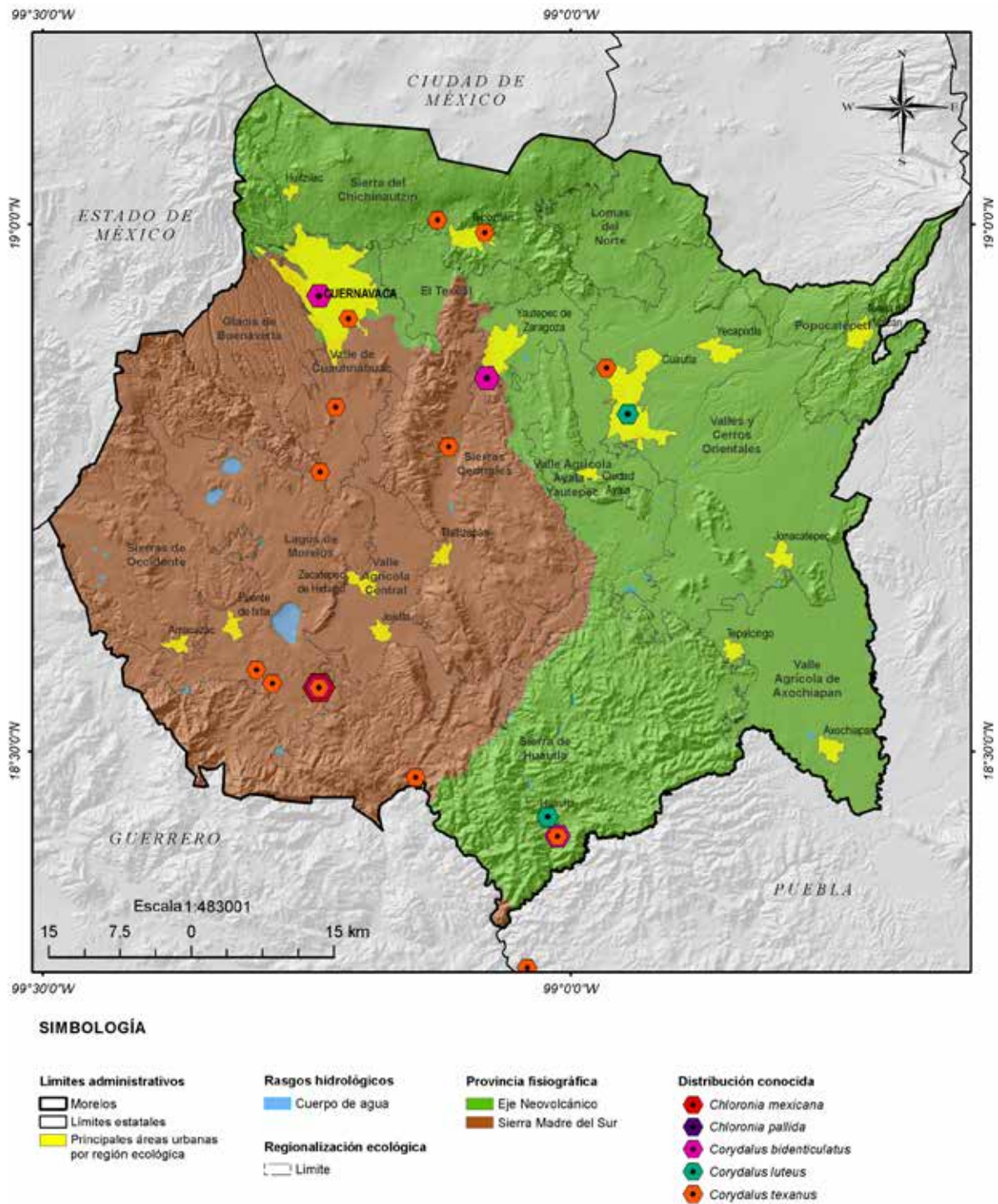


Figura 8. Distribución de las especies de Megaloptera en Morelos. Fuente: elaboración propia.



generalmente no se monitorea. Hasta ahora no hay especies de Plecoptera o Megaloptera en algún tipo de categoría dentro de la NOM-059 (SEMARNAT 2010).

## Factores de presión

Al tener una distribución limitada por las condiciones fisicoquímicas del ambiente acuático y una baja dispersión, los plecópteros tienden al endemismo, y esto a su vez los hace vulnerables al incremento de contaminación y destrucción de ecosistemas de agua dulce (Sargent *et al.* 1991, Fochetti y Tierno de Figueroa 2006, Gutiérrez-Fonseca 2010).

Los megalópteros se consideran tolerantes a la perturbación ambiental debido a que pueden resistir niveles moderados de eutrofización y, por tanto, disminución en la concentración de oxígeno disuelto. No obstante, algunas especies como *Platyneuromus soror*, en Nuevo León y Oaxaca, parecen restringirse a corrientes de montaña muy limpias y oxigenadas, mientras que otras de distribución restringida, como *Platyneuromus reflexus* en Chiapas podrían ser más susceptibles a la degradación ambiental, lo cual puede ser el caso de *C. pallida* en Morelos (Contreras-Ramos 1999).

## Acciones de conservación

El primer paso debe ser la documentación sistemática de las especies por cuencas hidrográficas, tanto en cuerpos de agua lénticos (aguas estancadas), como lóticos (aguas corrientes) de orden menor y ríos de mayor caudal, con el registro de parámetros fisicoquímicos relevantes (p.e. concentración de oxígeno, temperatura, velocidad de corriente, turbidez, pH, entre otros), estacionalmente y por varios años. El muestreo debe incluir estados adultos para permitir la identificación a nivel de especie.

Esta información es fundamental para detectar especies de distribución restringida, raras y potencialmente vulnerables, así como ecosistemas bajo mayor deterioro, de manera que puedan tomarse medidas preventivas, de mitigación y restauración.

## Conclusiones y recomendaciones

Tanto Plecoptera como Megaloptera son grupos de baja diversidad, pero por sus características se prestan como modelos para documentar su fauna, con una distribución

detallada y un monitoreo sistemático de sus poblaciones a través del tiempo.

Ambos grupos tienen especies de mayor o menor tolerancia a los cambios de condiciones en sus hábitats, por lo cual pueden aportar información útil para la conservación de los ríos y arroyos de Morelos.

Ambos grupos son depredadores en sus estados inmaduros, ninfas o larvas, por ello su conservación debe contribuir a mantener el equilibrio de las comunidades de macroinvertebrados en los ecosistemas de agua dulce del estado.

El valor cultural y económico de los grupos, dado que pueden usarse en la pesca deportiva (como señuelos o carnadas de pesca, especialmente Plecoptera) o como alimento humano (particularmente larvas de Megaloptera en algunas culturas nativas de México), son aún inexplorados o no documentados en el estado.

## Agradecimientos

Agradecemos al Dr. Víctor López Gómez (Facultad de Ciencias, UNAM) por su amable invitación para participar en esta obra. Al Biól. Rafael Barba Álvarez (Instituto de Biología, UNAM) por aportar literatura y por su retroalimentación. Al Biól. Ubaldo Melo Samper Palacios de la UNIBIO-IBUNAM, por su apoyo en búsqueda de datos de la Colección Nacional de Insectos (CNIN). A la Biól. Susana Guzmán Gómez (Instituto de Biología, UNAM) por su apoyo en la fotografía de los especímenes de Plecoptera. A la M.C. Cristina Mayorga Martínez (Instituto de Biología, UNAM) por su apoyo en el estudio de ejemplares de la Colección Nacional de Insectos.

## Referencias

- Baumann, R.W. y A.R. Gaufin. 1972. The *Amphinemura venusta* Complex of Western North America (Plecoptera: Nemouridae). *Contributions in Science* 226:1-16.
- Bowles, D.E. 1990. Life history and variability of secondary production estimates for *Corydalus cornutus* (Megaloptera: Corydalidae) in an Ozark stream. *Journal of Agricultural Entomology* 7:61-70.
- Carpenter, F.M. 1953. The geological history and evolution of insects. *American Scientist* 41:256-270.
- Contreras-Ramos, A. 1998. *Systematics of the dobsonfly genus Corydalus (Megaloptera: Corydalidae)*. Thomas Say Publications in Entomology: Monographs y Entomological Society of America, Lanham.

- . 1999. Mating behavior of *Platyneuromus* (Megaloptera: Corydalidae), with life history notes on dobsonflies from Mexico and Costa Rica. *Entomological News* 110:125-135.
- . 2009. Megaloptera. En: *Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos. Sistemática y biología*. E. Domínguez y H.R. Fernández (eds.). Fundación Miguel Lillo, Tucumán, pp. 233-245.
- Contreras-Ramos, A. y M.V. Rosas. 2014. Biodiversidad de Megaloptera y Raphidioptera en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85(Supl.):S257-S263.
- Cover, M.R. y V.H. Resh. 2008. Global diversity of dobsonflies, fishflies, and alderflies (Megaloptera; Insecta) and spongillafies, nevrorthids, and osmylids (Neuroptera; Insecta) in freshwater. *Hydrobiologia* 595:409-417.
- Cummins, K.W., R.W. Merritt y M.B. Berg. 2008. Ecology and distribution of aquatic insects. En: *An introduction to the aquatic insects of North America*. R.W. Merritt, K.W. Cummins y M.B. Berg (eds.). Kendall/Hunt Publishing Company, Dubuque, pp. 105-122.
- DeWalt, R.E., M.D. Maehr, U. Neu-Becker y G. Stueber. 2016. *Plecoptera species file online, versión 5.0/5.0*. En: <<http://Plecoptera.SpeciesFile.org>>, última consulta: 27 de diciembre de 2016.
- Fenoglio, S. y J.M. Tierno de Figueroa. 2003. Observations on the feeding of adults of some *Neoperla* and *Anacroneuria* species (Plecoptera: Perlidae). *African Entomology* 11:138-139.
- Flint, O.S., H.H. Neunzig y E.D. Evans. 2008. Megaloptera and aquatic Neuroptera. En: *An introduction to the aquatic insects of North America*. R.W. Merritt, K.W. Cummins y M.B. Berg (eds.). Kendall/Hunt Publishing Company, Dubuque, pp. 425-437.
- Fochetti, R. y J.M. Tierno de Figueroa. 2006. Notes on diversity and conservation of the European fauna of Plecoptera (Insecta). *Journal of Natural History* 40:2361-2369.
- . 2008. Global diversity of stoneflies (Plecoptera; Insecta) in freshwater. *Hydrobiologia* 595:365-377.
- Froehlich, C.G. 2010. Catalogue of Neotropical Plecoptera. *Illiesia* 6:118-205.
- Gutiérrez-Fonseca, P.E. 2010. Plecoptera. *Revista de Biología Tropical Supl.* 58:139-148.
- Healey, M. 1984. Fish predation on aquatic insects. En: *The ecology of aquatic insects*. V.H. Resh y D.M. Rosenberg (eds.). Praeger Publishers, Nueva York, pp. 255-288.
- Hury, A.D., J.B. Wallace y N.H. Anderson. 2008. Habitat, life history, secondary production, and behavioral adaptations of aquatic insects. En: *An introduction to the aquatic insects of North America*. R.W. Merritt, K.W. Cummins y M.B. Berg (eds.). Kendall/Hunt Publishing Company, Dubuque, pp. 55-103.
- Hynes, H.B.N. 1976. Biology of Plecoptera. *Annual Review of Entomology* 21:135-153.
- Jewett, S.G. 1958. Stoneflies of the genus *Anacroneuria* from Mexico and Central America (Plecoptera). *American Midland Naturalist* 60:159-175.
- Kristensen, N.P. 1981. Phylogeny of insect orders. *Annual Review of Entomology* 26:135-157.
- Mayorga, A. 2016. A new species of *Anacroneuria* Klapálek (Plecoptera: Perlidae) and complementary descriptions of three additional species from Mexico, with comments on the current knowledge of Mexican species of the genus. *Illiesia* 12:64-73.
- Misof, B., S. Liu, K. Meusemann et al. 2014. Phylogenomics resolves the timing and pattern of insect evolution. *Science* 346(6210):763-767.
- New, T.R. y G. Theischinger. 1993. Megaloptera (alderflies, dobsonflies). En: *Handbook of Zoology*. Vol. 4. Walter de Gruyter, Berlin.
- Penny, N.D. y O.S. Flint, Jr. 1982. A revision of the genus *Chloronia* (Neuroptera: Corydalidae). *Smithsonian Contributions to Zoology* 348:1-27.
- Rosenberg, D.M., R.S. King y V.H. Resh. 2008. Use of aquatic insects in biomonitoring. En: *An introduction to the aquatic insects of North America*. R.W. Merritt, K.W. Cummins y M.B. Berg (eds.). Kendall/Hunt Publishing Company, Dubuque, pp. 123-137.
- Sargent, B.J., R.W. Baumann y B.C. Kondratieff. 1991. Zoogeographic affinities of the nearctic stonefly (Plecoptera) fauna of Mexico. *The Southwestern Naturalist* 36:323-331.
- SEMARNAT. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. *Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010*. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.
- Stark, B.P. y B.C. Kondratieff. 2004. *Anacroneuria* from Mexico and upper Mesoamerica (Plecoptera: Perlidae). *Monographs of the Western North American Naturalist* 2:1-64.
- Stewart, K.W. y B.P. Stark. 2002. *Nymphs of North American stonefly genera (Plecoptera)*. Caddis Press, Columbus.
- . 2008. Plecoptera. En: *An introduction to the aquatic insects of North America*. R.W. Merritt, K.W. Cummins y M.B. Berg (eds.). Kendall/Hunt Publishing Company, Dubuque, pp. 311-384.
- Tierno de Figueroa, J.M. y R. Fochetti. 2001. On the adult feeding of several European stoneflies (Insecta: Plecoptera). *Entomological News* 112:130-134.
- Tierno de Figueroa, J.M. y A. Sánchez-Ortega. 1999. Imaginal feeding of certain systelognathan stonefly species (Insecta: Plecoptera). *Annals of the Entomological Society of America* 92:218-221.
- Tomanova, S. y P.A. Tedesco. 2007. Tamaño corporal, tolerancia ecológica y potencial de bioindicación de la calidad del agua de *Anacroneuria* spp. (Plecoptera: Perlidae) en América del Sur. *Revista de Biología Tropical* 55:67-81.

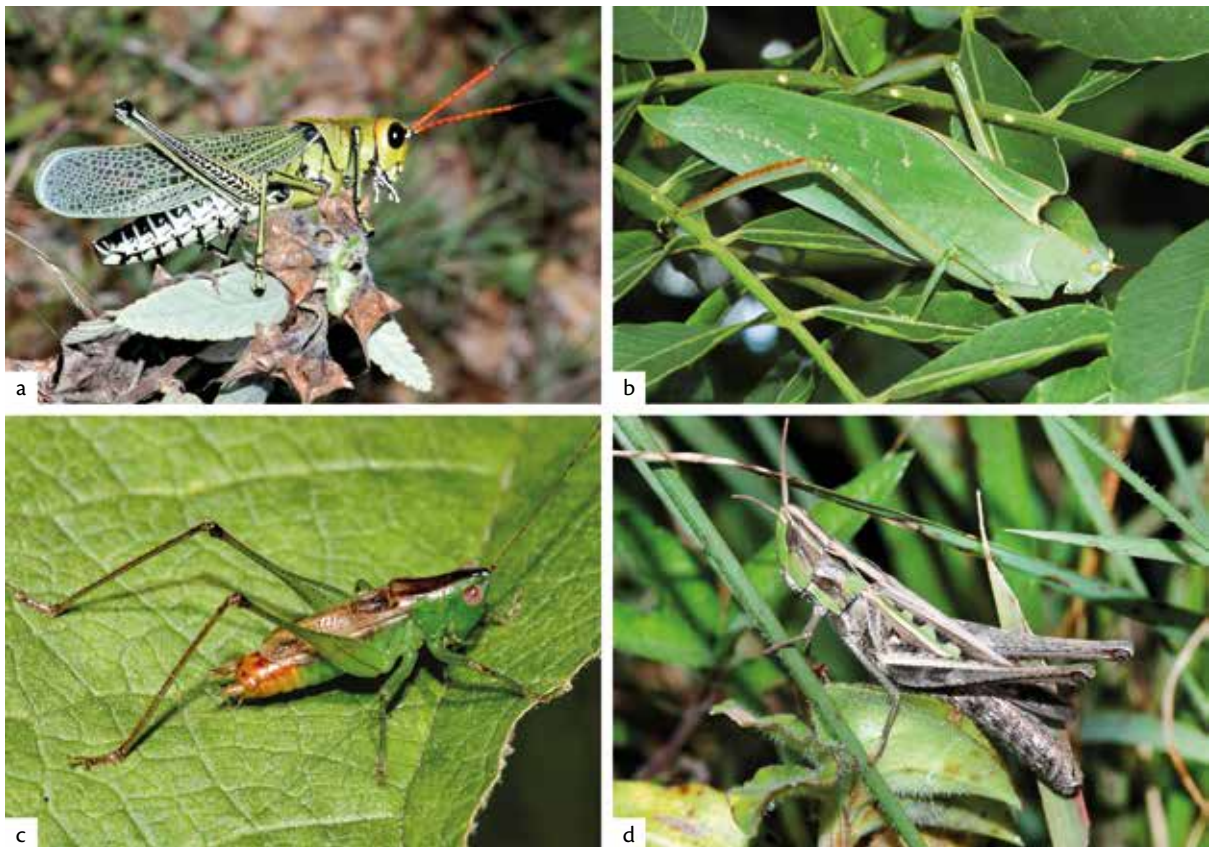
# Saltamontes, esperanzas, grillos y langostas (Orthoptera)

Eduardo Rivera García

## Introducción

El orden Orthoptera agrupa a saltamontes, esperanzas, grillos y langostas (figura 1). Son insectos hemimetábolos (tienen metamorfosis incompleta) y paurometábolos (la alimentación de los estados inmaduros es la misma que los adultos), y tienen aparato bucal masticador con molares e incisivos bien definidos.

Se clasifican en dos subórdenes: Ensifera y Caelifera. El primero se caracteriza por sus antenas largas, filiformes, con muchos segmentos poco definidos como los grillos y esperanzas (figura 2); mientras que el segundo por sus antenas cortas, compactas y con segmentos bien definidos como los chapulines y langostas (figura 3; Fontana *et al.* 2008).



**Figura 1.** Representantes del orden Orthoptera: a) saltamontes perezoso (*Taeniopoda stali*); b) esperanza (*Stilpnochlora azteca*); c) grillo (*Conocephalus ictus*); y d) chapulín (*Syrbula montezuma*). Fotos: Paolo Fontana.

Rivera-García, E. 2020. Saltamontes, esperanzas, grillos y langostas (Orthoptera). En: *La biodiversidad en Morelos. Estudio de Estado 2*. Vol. II. CONABIO, México, pp. 115-118.



Figura 2. Ejemplar de esperanza (*Stilpnochlora azteca*) del suborden Ensífera. Foto: Paolo Fontana.

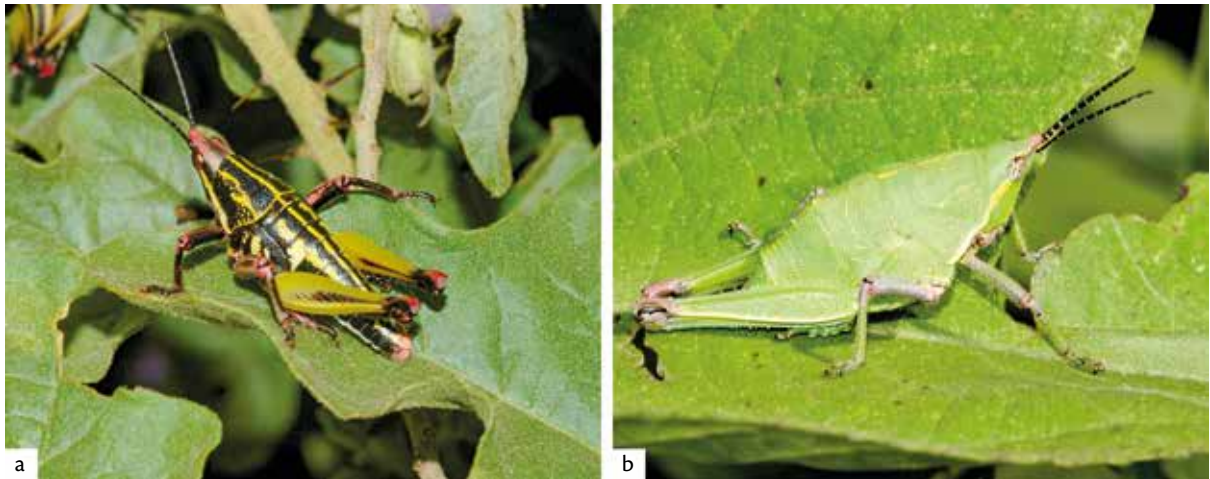


Figura 3. Chapulines llamativos (*Sphenarium rugosum*) del suborden Caelífera: a) macho y b) hembra. Fotos: Paolo Fontana.

## Diversidad y distribución

Se estima que el orden cuenta con alrededor de 27 470 especies reconocidas a nivel mundial, de las cuales 945 se registran en México. Para el caso de Morelos, se estima que debe haber al menos 50 (Cigliano *et al.* 2017). No obstante, para la entidad se registran 34 especies nativas reconocidas, agrupadas en 29 géneros, ubicados en 14

subfamilias, de ocho familias, dentro de ocho superfamilias del orden (apéndice 30; Cigliano *et al.* 2017).

La mayor riqueza de especies se observa entre primavera y otoño, como ocurre con todos los insectos de ciclo estacional. No obstante, algunas especies presentan diferencias en los tiempos empleados en sus distintas etapas de desarrollo y en la extensión de su ciclo de vida (Joern 1986).

## Importancia

Los ortópteros participan activamente en una compleja red de interacciones tróficas con las plantas de que se alimentan (figura 4) y con sus parásitos, parasitoides y depredadores (Dempster 1963, Greathead 1963, Rees 1973, Polis 1991). Las interacciones ecológicas determinan la estructura de sus comunidades, donde la competencia interespecífica es importante para explicar la estructura y distribución de organismos en gradientes ambientales (Beckerman 2000).

Algunas especies de langostas (*Schistocerca* spp.) y chapulines (figura 5) principalmente de los géneros *Melanoplus* y *Sphenarium* (Orthoptera: Acridoidea), son plagas agrícolas y pueden llegar a afectar la cobertura vegetal de praderas y pastizales, y disminuir el coeficiente de agostadero para el ganado (Barrientos-Lozano 2004). Asimismo, algunas especies de la familia Pyrgomorphidae se consumen como platillo prehispánico típico, reconocido internacionalmente (Escofet 2013).



Figura 4. Saltamontes (*Machaerocera mexicana*) alimentándose de una planta. Foto: Paolo Fontana.



Figura 5. Chapulines de antenas cortas (*Boopedon rufipes*): a) macho y b) hembra. Fotos: Paolo Fontana.

## Situación y estado de conservación

Los esfuerzos de colecta en el estado no han sido constantes a lo largo de la historia. Por lo anterior, no existe información sobre el estatus de protección necesaria para ninguna especie de este grupo de insectos.

La mayor parte de los registros corresponden a especies terrícolas epigeas (que viven y se desarrollan sobre el suelo). Como ejemplo de esta situación, se cuenta con la descripción de una nueva especie realizada por Fontana *et al.* (2011), quienes además reportan pocas especies hipogeas asociadas a cuevas, cavernas, grutas y madrigueras de vertebrados.

Tales hallazgos resaltan la importancia biogeográfica de Morelos para los ortópteros, la cual radica en que se encuentra en su totalidad, inmerso en la parte septentrional del nodo norte de Guerrero (Morrone y Márquez 2008), en la Depresión del Balsas (Espinosa *et al.* 2008), la cual es una reconocida provincia biogeográfica, que corre paralela al Eje Neovolcánico Transversal.

## Factores de presión

Las principales amenazas corresponden a la pérdida de hábitat por crecimiento de la urbanización, el cambio de uso del suelo. Asimismo, el uso de plaguicidas en agricultura y fruticultura tienen efectos sobre las poblaciones con efectos tróficos sobre todo el ecosistema.

## Conclusiones y recomendaciones

Todavía existe mucho trabajo taxonómico que realizar con este grupo y muchos otros grupos de artrópodos terrestres en el estado. Difícilmente, se podría esperar resolver este rezago debido a que a nivel nacional se carece de expertos taxónomos para muchos grupos de invertebrados.

## Referencias

- Barrientos-Lozano, L. 2004. Orthoptera. En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento*. Vol. IV. J. Llorente-Bousquets, J. Morroe, O. Yáñez-Ordóñez e I. Vargas-Fernández (eds.). Facultad de Ciencias-UNAM, México, pp. 603-625.
- Beckerman, A.P. 2000. Counter intuitive outcomes of interspecific competition between two grasshopper species along a resource gradient. *Ecology* 81:948-957.
- Cigliano, M.M., H. Braun, D.C. Eades y D. Otte. 2017. *Orthoptera species file online*. Versión 5.0/5.0. En: <<http://orthoptera.speciesfile.org>>, última consulta: 22 de noviembre de 2017.
- Dempster, J.P. 1963. The population dynamics of grasshoppers and locusts. *Biological Review* 38:490-529.
- Escofet, T.R. 2013. Importancia de la gastronomía prehispánica en el México actual. *CULINARIA* 6:23-36.
- Espinosa, D.E., S. Ocegueda, C. Aguilar *et al.* 2008. El conocimiento biogeográfico de las especies y su regionalización natural. En: *Capital natural de México: conocimiento actual de la biodiversidad*, vol. I. CONABIO, México, pp. 33- 65.
- Fontana, P., F.M. Buzzetti, R. Mariño-Pérez. 2008. *Chapulines, langostas, grillos y esperanzas de México. Guía fotográfica*. WBA Books, Verona.
- Fontana, P., F.M. Buzzetti, R. Mariño-Pérez *et al.* 2011. Two new species of the Mexican genus *Ichthyotettix* Rhen, 1901 with remarks on the tribe Ichthyotettigini (Orthoptera, Caelifera, Pyrgomorphidae). *Zootaxa* 2872:18-34.
- Greathead, D.J. 1963. A review of the insect enemies of Acridoidea (Orthoptera). *Transactions of the Royal Entomological Society of London* 114:437-517.
- Joern, A. 1986. Experimental study of avian predation on coexisting grasshopper populations (Orthoptera: Acrididae) in a sandhills grassland. *Oikos* 46:243-249.
- Morrone, J.J. y J. Márquez. 2008. Biodiversity of American terrestrial Arthropods (Arachnida and Hexapoda): A Biogeographical puzzle. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)* 24:15-41.
- Polis, G.A. 1991. Complex trophic interactions in deserts: an empirical critique of food-web theory. *The American Naturalist* 138:123-155.
- Rees, N.E. 1973. *Arthropod and nematode parasites, parasitoids, and predators of Acrididae in America north of Mexico*. Technical Bulletin 1460. USDA, Washington.

# Insectos palo (Phasmatodea)

Ulises López Mora

## Introducción

El orden Phasmatodea (insectos palo, insectos hoja e insectos corteza) comprende alrededor de 3 mil especies a nivel mundial (Brock *et al.* 2016). Todos los insectos palo son herbívoros y la mayoría son de hábitos nocturnos. Durante el día suelen camuflarse en ramas u hojas del entorno, tal similitud (cripsis) los oculta de sus depredadores, pues permanecen inmóviles durante el día (Arnett 2000). Son insectos que prefieren los climas cálidos y húmedos, se sabe que en particular hay mayor diversidad de ellos en los bosques (Seiler 2006).

## Diversidad y distribución

En México están presentes los 17 géneros: *Anisomorpha*, *Autolyca*, *Bacteria*, *Bostra*, *Diapheromera*, *Dubiophasma*, *Heteronemia*, *Hypocyrtus*, *Megaphasma*, *Ocnophila*, *Parabacillus*, *Perliodes*, *Phanocles*, *Prisopus*, *Pseudosermyle*, *Sermyle* y *Timema* (López-Mora 2016). En Morelos sólo hay registro de la especie *Pseudosermyle tridens* (figura 1, apéndice 31), que se distribuye al noreste del estado, en los municipios de Cuernavaca (Hebard 1932) y Tepoztlán, y al centro en el municipio de Tlaltizapán. Estas últimas localidades se registraron a partir de ejemplares observados en la Colección Nacional de Insectos, del Museo de Historia Natural de Chapultepec con base en una determinación taxonómica personal.

La única especie de insecto palo en el estado representa 1.53% de las especies conocidas para el país. Es complicado conocer qué lugar a nivel nacional ocupa Morelos en cuanto a diversidad de este grupo, debido al rezago en el estudio que presentan estos insectos en México. Hasta el momento se desconoce la presencia de alguna especie endémica para la entidad.



**Figura 1.** Pareja en cópula del insecto palo (*Pseudosermyle tridens*), que es la única especie con registro en Morelos. Foto: Ulises López Mora.

## Importancia

Los insectos palo tienen una relevancia alta, pues pueden alcanzar altas densidades poblacionales. Por ello, pueden causar daño severo a los bosques o a plantaciones agrícolas (Berger 2004).

En México se conoce al orden Phasmatodea como carga-palito, cortón, zacatones, campamochas, insectos palo o escalofríos. En general, se les asocia al mal o a lo demoniaco. Existe la creencia que el ganado al comerlos muere a los pocos días (Vargas 2006).

López-Mora, U. 2020. Insectos palo (Phasmatodea). En: *La biodiversidad en Morelos. Estudio de Estado 2*. Vol. II. CONABIO, México, pp. 119-120.

En el estado se les conoce como escalofríos, y existe la creencia que estos organismos pican y causan sudoración y fiebre acompañada de escalofríos. Esta creencia sin fundamentos es perjudicial para los insectos palo, debido a que fomenta el miedo hacia estos inofensivos animales. Estos organismos no cuentan con alguna estructura (como aguijones o estiletes) que les permita picar, y con ello causar los males que explica esta creencia popular.

## Situación y estado de conservación

A nivel mundial existe sólo una especie (*Dryococelus australis*) que se encuentra en peligro de extinción (Priddel *et al.* 2003). En México, por el momento no es posible hablar sobre especies endémicas o que se encuentren en alguna categoría de protección, debido a la falta de estudio a nivel nacional y estatal.

## Factores de presión

La presencia de algunos organismos invasores como las ratas son capaces de diezmar las poblaciones de insectos palo (Priddel *et al.* 2003). Sin embargo, se considera que la mayor de las amenazas para el grupo es la deforestación por el cambio de uso del suelo.

En este sentido, Morelos presentó de 1975 a 1994 una pérdida anual de 3 311 ha de bosque y de continuar con esta tasa anual de pérdida, en 25 años se perderá por completo la cubierta vegetal de la entidad (UNICEDER-UACH 2002). Con base en estos datos, los factores más relevantes que afectan la conservación de los bosques y selvas en la entidad son: 1) la tala ilegal y clandestina; 2) la ocurrencia de incendios por descuido, negligencia, naturales o producidos al quemar pastos; 3) la presión urbana, incluso sobre áreas naturales protegidas, como es el caso en el Corredor Biológico Chichinautzin; 4) el pastoreo desordenado; y 5) los problemas de tenencia agraria.

Por lo anterior, la pérdida de este hábitat en el estado afectaría considerablemente a estos insectos, debido a que prefieren los bosques como hábitat (Seiler *et al.* 2006).

## Conclusiones y recomendaciones

Es necesario fomentar el estudio de los insectos palo en el estado, debido a que la ubicación geográfica y presencia tanto de bosques, como de selvas en el estado, favorece su sobrevivencia. Es factible que, con investigaciones

debidamente enfocadas, el número de especies aumente considerablemente.

Asimismo, se sugiere fomentar el conocimiento de estos insectos por medio de la educación ambiental, pues las creencias populares difaman a estos insectos inofensivos y provocan el miedo infundado hacia ellos.

Por otra parte, es importante fomentar la conservación de los bosques y selvas en Morelos y evitar el cambio de uso del suelo. Así como preservar las áreas naturales protegidas que existen, y aumentar el número de éstas en el estado.

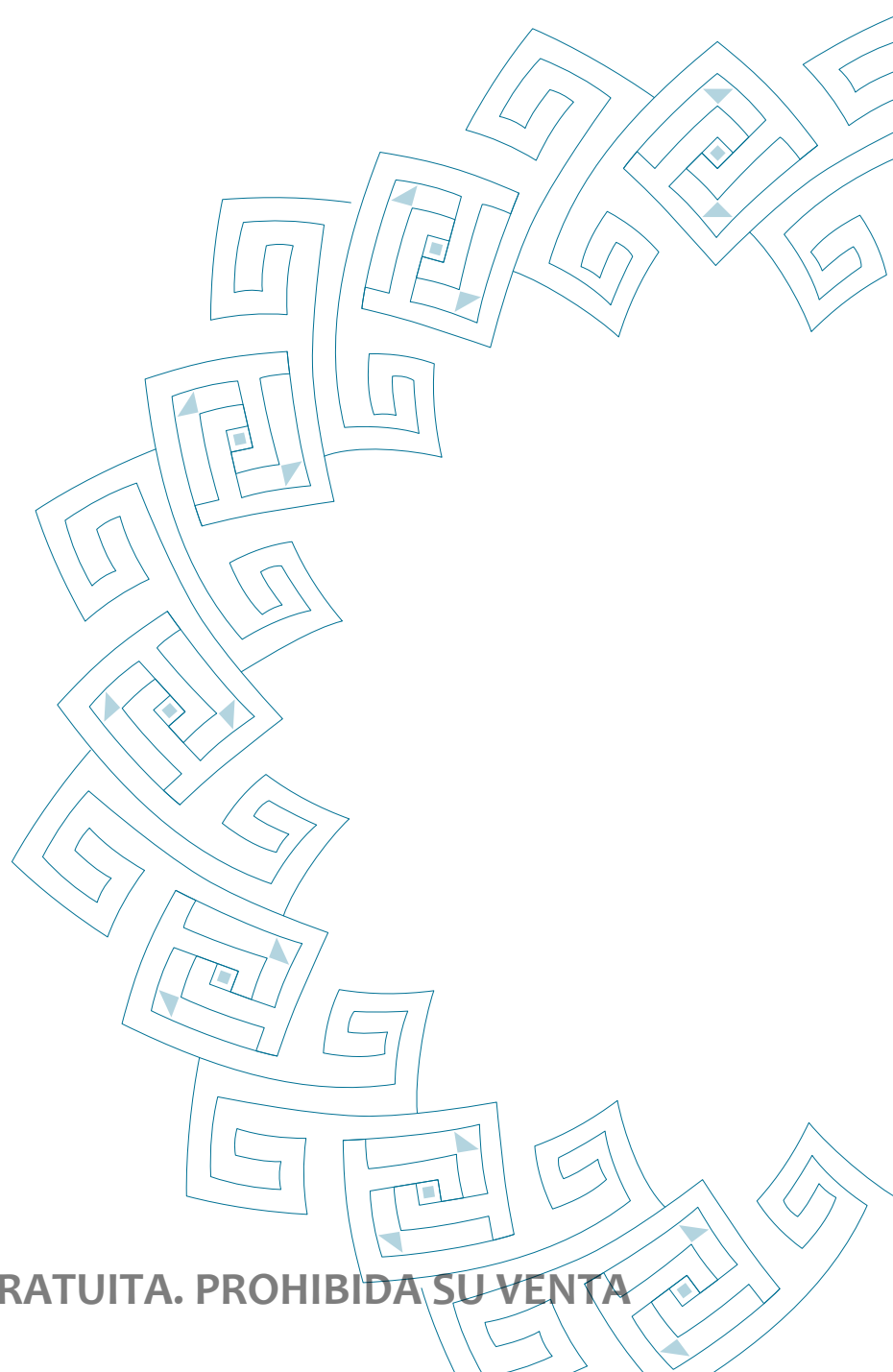
## Agradecimientos

A la Colección Nacional de Insectos del Museo de Historia Natural del Bosque de Chapultepec y a la Mtra. María Eugenia Díaz Batres por todas las facilidades y la disposición al momento de efectuar la revisión de la colección.

## Referencias

- Arnett, R.H. 2000. *American insects: A Handbook of the Insects of America North of Mexico*. CRC Press, Boca Ratón.
- Berger, J. 2004. *Ecology of Phasmids (Phasmatodea) in a moist neotropical forest: a study on life history, host-range and bottom up versus top-down regulation*. Tesis de doctorado. Kaiserslautern.
- Brock, P.D., T. Búscher y E. Baker. 2016. *Phasmida species file online*. Versión 5.0/5.0 En: <<http://www.phasmida.speciesfile.org>>, última consulta: 31 de noviembre de 2016.
- Hebard, M. 1932. New species and records of Mexican Orthoptera. *Transactions of the American Entomological Society* 58:201–219.
- López-Mora, U. 2016. *Los géneros de Phasmatodea de México con una clave ilustrada para su determinación taxonómica*. Tesis de licenciatura en biología. Facultad de ciencias-UNAM, México.
- Priddel, D., N. Carlile, M. Humphrey *et al.* 2003. Rediscovery of the “extinct” Lord Howe Island stick-insect (*Dryococelus australis* (Montrouzier)) (Phasmatodea) and recommendations for its conservation. *Biodiversity and Conservation* 12:1391–1403.
- Seiler, C., S. Bradler y R. Koch. 2006. *Fásmidos: insectos palo e insectos hoja*. Hispano Europea, España.
- UNICEDER y UACH. Unidad de Investigación, Capacitación y Evaluación para el Desarrollo Rural de la Universidad Autónoma Chapingo. 2002. *Evaluación del Programa Nacional de Reforestación (PRONARE 2002) Morelos*. UACH, Estado de México.
- Vargas, C.M. 2006. ¿Qué percepción tenemos de los insectos palo (Insecta: Phasmatodea)? *Acta Biológica Colombiana* 2:113–124.





**DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA**

# Las plantas como hábitat de los artrópodos

Leticia Valencia Cuevas

## Introducción

Uno de los grupos de invertebrados más importantes en los ecosistemas terrestres es el de los artrópodos (Strong *et al.* 1984, Schowalter 2016). Éstos destacan por su número de especies, por la diversidad de nichos que ocupan y porque cumplen con diferentes funciones ecológicas (pueden ser polinizadores, presas, depredadores, descomponedores, entre otros; McIntyre *et al.* 2001, Dangerfield *et al.* 2003, Schoonhoven *et al.* 2005). Asimismo, sobresalen por las relaciones que mantienen con las plantas, pues interactúan con ellas de diversas formas (Strong *et al.* 1984). La más frecuente es que las utilicen como hábitats que además les proporcionan alimento y refugio (Cordero 2008, Schowalter 2016).

Además de las relaciones de los fitófagos (especies que se alimentan de plantas) con las plantas, otros grupos de artrópodos como depredadores, parasitoides, descomponedores o turistas (artrópodos no depredadores que usan a las plantas como refugio, para despliegue sexual o como sitios de descanso) obtienen beneficios de las especies vegetales (figura 1; Strong *et al.* 1984, Dajoz 2001, Schowalter 2016).

Por lo tanto, las plantas constituyen hábitats a manera de islas que brindan condiciones y recursos distintos a los del medio circúndate, es decir, generan microclimas que pueden ser aprovechados por los artrópodos (Schoonhoven *et al.* 2005). Ejemplo de esto, se observa en reportes donde se indica que las condiciones de humedad y temperatura en las plantas presentan una variación menor que las que se presentan a su alrededor (Strong *et al.* 1984, Diniz *et al.* 2012). En consecuencia, diferentes grupos de artrópodos se benefician de la disponibilidad de recursos y la ocurrencia de condiciones favorables que las plantas les ofrecen.

Sin embargo, la disponibilidad de recursos o estabilidad de condiciones puede limitarse por la variación de la vegetación en el tiempo y el espacio (Strong *et al.* 1984). Lo anterior, puede generar cambios en las condiciones del hábitat, la disponibilidad y la calidad de recursos, el flujo de agua y nutrientes, y el clima local para los artrópodos asociados a plantas (Schowalter 2016).

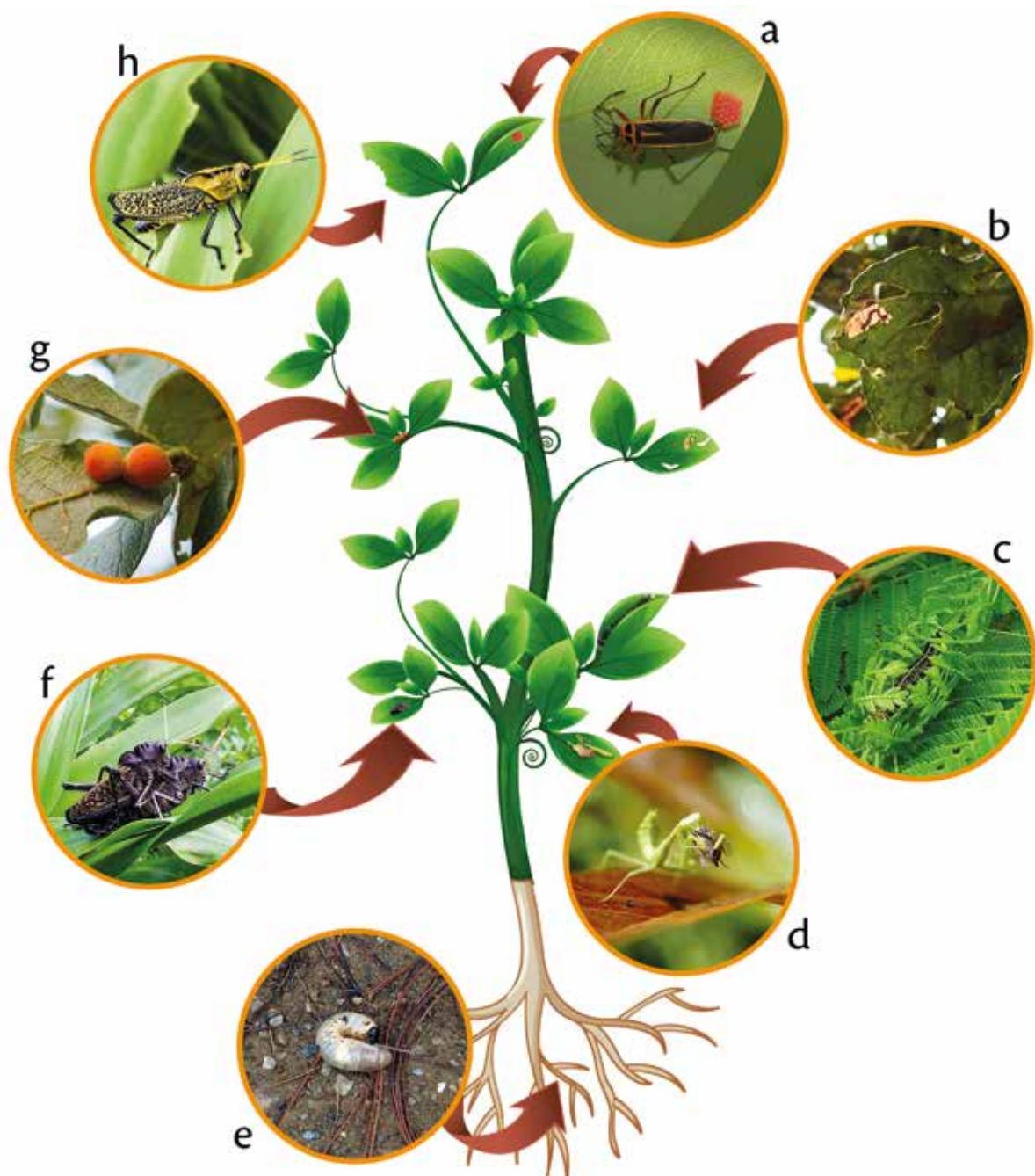
## Diversidad vegetal y de artrópodos

En la literatura se sugiere que la diversidad vegetal puede ser importante en determinar la diversidad animal (Hunter y Price 1992, Siemman *et al.* 1998). La explicación que los autores dan a esta hipótesis, es que una mayor diversidad de plantas constituye un abanico más amplio de recursos que puede dar sustento a un mayor número de especies consumidoras.

Estudios en campo y a nivel experimental confirman esta hipótesis, pues reportan un incremento en la diversidad de artrópodos fitófagos como resultado de la diversidad de plantas (Siemman *et al.* 1998, Knops *et al.* 1999, Hawkins y Porter 2003). Asimismo, se obtuvieron resultados similares al analizar la influencia de la diversidad de genes de diversas especies de plantas sobre artrópodos fitófagos (Whitham *et al.* 2012, Tovar-Sánchez *et al.* 2015, Valencia-Cuevas *et al.* 2017).

También, se cuenta con reportes en los que la diversidad vegetal (genes y especies) puede tener una influencia positiva sobre otros organismos que forman parte de la red trófica, pues artrópodos parasitoides y depredadores también se ven favorecidos (Hunter y Price 1992, Siemman *et al.* 1998, Wojtowicz *et al.* 2014, Valencia-Cuevas *et al.* 2017).

Morelos a pesar de ser uno de los estados más pequeños del país, presenta una riqueza natural privilegiada,



**Figura 1.** Diferentes grupos de artrópodos haciendo uso de los recursos o condiciones que las plantas ofrecen (ilustración modificada de Johnson y Lyon 1991): a) huevos de artrópodo depositados debajo de una hoja; b) artrópodo minador que se alimenta del tejido mesófilo de la planta; c) larva de artrópodo que construye un refugio con las hojas de su planta hospedera; d) insecto depredador que utiliza a la planta como sitio para obtener a sus presas; e) larva de artrópodo que se alimenta de la raíz de una planta; f) insectos que utilizan a la planta como sitios para la reproducción; g) insectos agalleros que modifican el crecimiento de las plantas para crear refugios y obtener alimento; y h) insecto masticador que se alimenta de las hojas de la planta. Fotos: Federico Armando Pérez Mejía/Banco de imágenes CONABIO (a), Elgar Castillo Mendoza (b, g), Miguel Santoyo Martínez (c), Carlos Erick Oseguera Vera/Banco de imágenes CONABIO (d), Rosario Servín López/Banco de imágenes CONABIO (e), Aidé Barrera Hernández/Banco de imágenes CONABIO (f), Gabriel Ferrer Gómez/Banco de imágenes CONABIO (h).

debido a su historia geológica, ubicación geográfica y topografía (Rendón-Correa y Fernández-Nava 2007). En términos de biodiversidad de flora y fauna, las plantas y los artrópodos se listan como parte de los grupos taxonómicos más representativos en la entidad (Contreras-MacBeath *et al.* 2006).

En el territorio morelense existen 13 diferentes asociaciones vegetales (Bonilla-Barbosa y Villaseñor 2003), las cuales son un reservorio de diversidad vegetal (Contreras-MacBeath *et al.* 2006). Agrawal *et al.* (2006) documentaron que, al interior de las comunidades de plantas, los niveles de diversidad genética de las especies, la biomasa, la riqueza y la abundancia varían espacialmente. Dicha variación genera heterogeneidad física y química, la cual puede impactar fuertemente la composición, la diversidad y la abundancia de las comunidades de artrópodos, así como las relaciones que establecen con las plantas.

Si se considera esta información, una hipótesis razonable es que la diversidad vegetal presente en el estado genera condiciones de heterogeneidad del hábitat para los artrópodos, los cuales pueden establecer relaciones diversas de alimentación, refugio, sitios para despliegue sexual o de descanso.

## Interacciones entre plantas y artrópodos

El reconocimiento de la diversidad florística que tiene Morelos puede ser de utilidad para inferir que diversos grupos de artrópodos se benefician de los recursos y las condiciones que las comunidades vegetales les proveen.

Burgos-Solorio y Anaya-Rosales (2004) reportaron la presencia de 47 especies de catarinas asociadas a 106 especies de plantas en la entidad. Las familias que destacaron por el número de especies de insectos que albergaron fueron: Asteraceae (16), Malvaceae (13), Solanaceae (14) y Fabaceae (12), mientras que el grado de asociación entre especies de catarinas y sus plantas hospederas fue de oligofagia (que se alimentan de una sola especie vegetal) a polifagia (que se alimentan de varias especies vegetales).

La diversidad florística favorece a las comunidades de artrópodos, como lo indican Corona-López *et al.* (2013). Ellos reportaron la existencia de 1 971 especies de insectos en la Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla (REBIOSH), en la cual predomina la selva baja

caducifolia, un tipo de vegetación que en este sitio alberga 939 especies de plantas vasculares (Dorado *et al.* 2005).

Asimismo, se sugiere que la fuerte dinámica temporal que ocurre en este tipo de vegetación (las condiciones climáticas varían a lo largo del año y modifican la disponibilidad de recursos) y la alta heterogeneidad espacial que se presenta como resultado de su diversidad vegetal (Trejo y Dirzo 2002, Silva *et al.* 2006), implica la existencia de microambientes con diferentes características, condición que permite el establecimiento de diversas comunidades de animales.

Los artrópodos asociados a plantas responden a los cambios espaciales y temporales en la vegetación. De acuerdo con esto, Vergara-Torres *et al.* (2016) analizaron que la diversidad y la composición de hormigas asociadas al dosel de árboles de la selva baja caducifolia en Tepoztlán, está en función de la riqueza de especies arbóreas y las diferencias florísticas entre manchones de vegetación. Esto es, las diferencias en la riqueza de especies hospederas entre sitios genera variación en la disponibilidad de recursos para las hormigas. Además, las hormigas son capaces de discriminar entre especies de plantas que ofrecen recursos distintos.

Por otro lado, Sosa-Romero *et al.* (2016) encontraron que *Mexigonus aff. arizonensis*, una especie de araña depredadora asociada al mantillo y follaje en un bosque de encinos al norte de Cuernavaca presentó sus mayores niveles de abundancia durante la época de lluvias. Los autores sugieren que este patrón se debe a que durante esta época hay mayor disponibilidad de recursos para los insectos fitófagos (palomillas y chapulines) que constituyen el alimento de esta especie de araña.

Estos resultados muestran que los artrópodos depredadores también se benefician indirectamente de la disponibilidad temporal de los recursos que las plantas ofrecen.

Asimismo, para el estado existen estudios que muestran que los artrópodos utilizan a las plantas como refugios que los protegen de sus depredadores naturales. En este sentido, Covarrubias-Camarillo *et al.* (2016) exploraron a nivel experimental la función de estructuras tubulares construidas por larvas de mariposa de la especie *Baronia brevicornis* con las hojas de su planta hospedera, conocida comúnmente como cubata (*Acacia cochliacantha*) en la selva baja caducifolia inmersa en la REBIOSH.

Los resultados indicaron que además de utilizar a la planta como alimento, las larvas utilizan las hojas para la construcción de refugios que reducen significativamente el ataque de sus depredadores naturales.

## Importancia de las interacciones entre plantas y artrópodos

Diversas cuestiones ecológicas, evolutivas y económicas son el motor que ha despertado y mantenido el interés de los científicos en el estudio de las interacciones entre plantas y artrópodos. Por ejemplo, desde el punto de vista ecológico destaca el hecho de que los artrópodos fitófagos son el eslabón que conecta a las plantas con otros grupos animales de niveles tróficos superiores como artrópodos parasitoides y depredadores (figura 2).

Asimismo, diversas especies de vertebrados, desde peces hasta mamíferos, dependen de estos diferentes grupos de artrópodos para su sustento (Pérez-Contreras 1999). Bajo este escenario, las interacciones entre plantas y artrópodos contribuyen a la estructura y la diversidad de las comunidades y como una ruta para el flujo de energía en los ecosistemas (Whitham *et al.* 2006).

Por ejemplo, Menéndez-Acuña (2017) encontró que la riqueza y diversidad de la comunidad vegetal de la selva baja caducifolia favorece la diversidad de arañas en la zona sur de Morelos. El autor explica que esta relación entre plantas y artrópodos depredadores (arañas) es indirecta, pues esta mediada por los artrópodos fitófagos, los cuales tienen una relación directa de alimentación



**Figura 2.** Las plantas son sitios en donde artrópodos depredadores puede conseguir a sus presas. Foto: Humberto Bahena Basave/Banco de imágenes CONABIO.

con las especies vegetales, y que al mismo tiempo constituyen las presas potenciales de las arañas.

Las interacciones planta-artrópodo también son importantes en el mantenimiento de la biodiversidad. Por ejemplo, los artrópodos depredadores mantienen el control de las poblaciones de fitófagos y con ello regulan la presión impuesta por estos últimos sobre las poblaciones vegetales (Valencia-Cuevas *et al.* 2017).

En este sentido, en la entidad se cuenta con estudios que evidencian la utilidad de algunos artrópodos como arsenal biológico. Este es el caso del estudio realizado por Leana (2015), que reportó en una huerta de naranjo (*Citrus sinensis*) en Tepalcingo, que diferentes especies de artrópodos parasitoides realizan control natural de poblaciones de insectos fitófagos (moscas, pulgones y escamas).

Desde el punto de vista evolutivo, en general se acepta que la diversidad de defensas que presentan las plantas evolucionaron en respuesta al ataque de sus artrópodos fitófagos, muchos de los cuales a su vez se desarrollaron en respuesta a los cambios de sus plantas hospederas (Agrawal *et al.* 2006).

A este mecanismo de evolución recíproca entre plantas y artrópodos se le conoce como coevolución (Thompson 1989), y se considera un proceso que ha contribuido a la biodiversidad en ambos grupos (Ehrlich y Raven 1964, Futuyma y Agrawal 2009).

Por otra parte, la importancia de las relaciones entre artrópodos y plantas también cobra importancia en las actividades humanas. Por ejemplo, la polinización constituye una función clave para la reproducción vegetal de especies silvestres y aquellas de interés agrícola, en donde artrópodos como abejas, escarabajos, moscas o mariposas juegan un papel fundamental (Ollerton 1999). En este sentido, se sabe que la elección adecuada de especies polinizadoras puede mejorar la fortaleza y la productividad de los cultivos, lo que tiene beneficios en la alimentación y economía de las poblaciones humanas (Viejo-Montesinos y Ornosa-Gallego 1997).

Por el contrario, hay especies de artrópodos fitófagos que pueden representar pérdidas económicas, debido a que se alimentan de plantas importantes para el ser humano en términos alimenticios, medicinales, ornamentales, etcétera. Ejemplo de ello, es el caso de un picudo conocido como barrenador del tomate de cáscara (*Trichobaris championi*) que a partir de 1966 se le registró como plaga primaria en Morelos, en particular

para la región de Tlalnepantla, Totolapan y Tlayacapan en donde se indican hasta 100% de pérdidas, pues las larvas barrenan el tallo de esta planta (Bautista *et al.* 2003). Con los ejemplos mencionados se ilustra la importancia de las interacciones planta-artrópodo bajo diferentes perspectivas.

## Factores de presión

Desafortunadamente, las comunidades vegetales de la entidad no están exentas de la degradación ambiental, la fragmentación del hábitat y la pérdida de especies vegetales (Contreras-MacBeath *et al.* 2002). Asimismo, las comunidades de artrópodos asociadas a las plantas y las interacciones que establecen ambos grupos sufren las consecuencias negativas de estos factores de presión.

Por ejemplo, en un estudio en parcelas experimentales en la selva baja caducifolia inmersa en la REBIOSH, Juan-Baeza *et al.* (2015) evaluaron el impacto de la ganadería sobre la riqueza, la abundancia y la composición de comunidades de larvas de mariposas. Los resultados mostraron que en las parcelas en donde se permitió el pastoreo de ganado la riqueza de estos artrópodos fue menor en comparación a las parcelas en donde el pastoreo de ganado fue excluido. Además, la composición de larvas difirió entre ambos tipos de parcelas.

Las actividades agrícolas también tienen impacto en las interacciones que se establecen entre plantas y artrópodos. Una práctica común en el país es el uso indiscriminado de insecticidas químicos para el control de plagas. La aplicación de estos productos ha llevado a la resistencia de los artrópodos fitófagos, lo que mantiene sus tamaños poblacionales altos, y la pérdida de las poblaciones de depredadores, que de manera natural mantienen el control de los fitófagos (Ortega-Arenas 2008).

Esta situación generó la búsqueda de productos químicos más potentes para el control de plagas, lo cual por un lado sigue eliminando a los artrópodos que no son blanco como polinizadores y depredadores, y por otro, incrementa el riesgo a la salud humana por contaminación de alimentos y agua con elementos tóxicos (García-Gutiérrez y González-Maldonado 2013).

En el estado se cuenta con reportes que una de las principales plagas en cultivos de jitomate es la mosquita blanca (*Trialeurodes vaporariorum*), la cual transmite diversos virus y favorece el establecimiento de hongos

patógenos en las plantas, situación que genera mala calidad, manchado, bajos rendimientos de este cultivo y pérdidas económicas (INIFAP 2015). Dicha situación se generó por la eliminación de sus enemigos naturales como resultado del uso de insecticidas (figura 3).

Ambos ejemplos muestran que las actividades humanas alteran la calidad del hábitat y la disponibilidad de recursos que la vegetación provee, hecho que impacta de manera negativa a las comunidades de artrópodos y a las interacciones entre ambos grupos.

## Acciones de conservación

En las secciones previas se muestran diversas formas de relación entre plantas y artrópodos y su importancia en la generación y mantenimiento de la biodiversidad. Desafortunadamente, también se ilustran



Figura 3. Una de las principales plagas en Morelos es la mosquita blanca (*Trialeurodes vaporariorum*). Foto: Miguel Santoyo Martínez.

las consecuencias negativas de las actividades humanas sobre las interacciones que se establecen entre estos grupos biológicos.

No obstante, en los últimos años se ha generado información valiosa para el restablecimiento de las interacciones planta-artrópodo. Por ejemplo, se ha documentado que la diversidad de especies vegetales favorece la diversidad de artrópodos asociados (Siemman *et al.* 1998).

Esta información es fundamental para el éxito de los programas de restauración ecológica, pues no se trata sólo de recuperar la cobertura vegetal sino también la llegada de diversos artrópodos y las interacciones que establecen con las plantas como la polinización, la depredación y la descomposición (Del Val *et al.* 2016).

De hecho, un estudio en la selva baja caducifolia inmersa en Sierra de Huautla, evidenció que parcelas restauradas con diversas especies vegetales atraen a una comunidad diversa de lepidópteros y fomenta el restablecimiento de la función ecológica (herbivoría) asociada a esta interacción (Juan-Baeza *et al.* 2015).

Los estudios también permiten evidenciar que el control biológico de plagas es una estrategia que no pone en peligro a la biodiversidad, pues sucede de manera natural en los ecosistemas, sin liberación de sustancias tóxicas que dañen a otros organismos o que contaminen el ambiente, y pongan en riesgo la salud humana (García-Gutiérrez y González-Maldonado 2013).

Otra opción es el uso de bioinsecticidas, es decir, organismos vivos (bacterias, virus, hongos) o sustancias obtenidas de plantas que tienen propiedades

insecticidas, pero que presentan nula o mínima toxicidad para otros animales y plantas (Cantú-Sifuentes *et al.* 2012). Su especificidad y efectividad en el combate de plagas, el mantenimiento de la biodiversidad y la no generación de residuos tóxicos promueve la búsqueda de organismos o compuestos útiles con este fin.

Bajo esta perspectiva, Aldana-Llanos *et al.* (2010) analizaron el potencial de compuestos químicos (terpenos) presentes en dos especies de copales (*Bursera copallifera* y *B. grandifolia*) para el control de algunas plagas en Morelos, como el gusano cogollero del maíz (figura 4). Los resultados de este estudio indicaron que, en las plantas de maíz tratadas con los compuestos mencionados, se produjo mortalidad y deformidad en larvas y adultos del gusano cogollero (figura 4c).

## Conclusiones y recomendaciones

Los ejemplos descritos a través de este texto ilustran la importancia que tienen las plantas como hábitats de diferentes grupos de artrópodos. Asimismo, muestran que las especies vegetales no son elementos estáticos, pues varían espacial y temporalmente (Schowalter 2016), y modifican la calidad del hábitat y la disponibilidad de recursos para sus artrópodos asociados (González-Ramírez 2012, Valencia-Cuevas y Tovar-Sánchez 2015).

En este sentido, el surgimiento, el mantenimiento y la evolución de las interacciones entre plantas y artrópodos contribuyen a modelar la biodiversidad actual de ambos grupos biológicos.

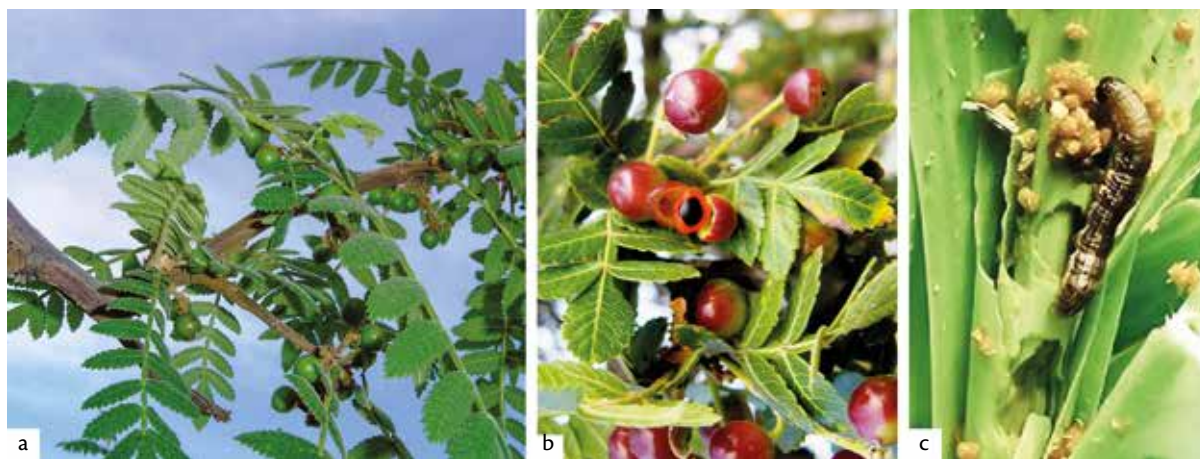


Figura 4. Dos especies de copales de los cuales se han obtenido terpenos para su utilización como bioinsecticidas: a) *Bursera copallifera*; b) *Bursera grandifolia*; y c) gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*). Fotos: Miguel Santoyo (a, b), Ernesto López Servín (c).

Esta estrecha relación pone en evidencia las consecuencias negativas que la modificación de las comunidades de plantas y la pérdida de la cubierta vegetal pueden tener sobre la diversidad de este grupo de animales y de las funciones ecológicas que cumplen en los ecosistemas.

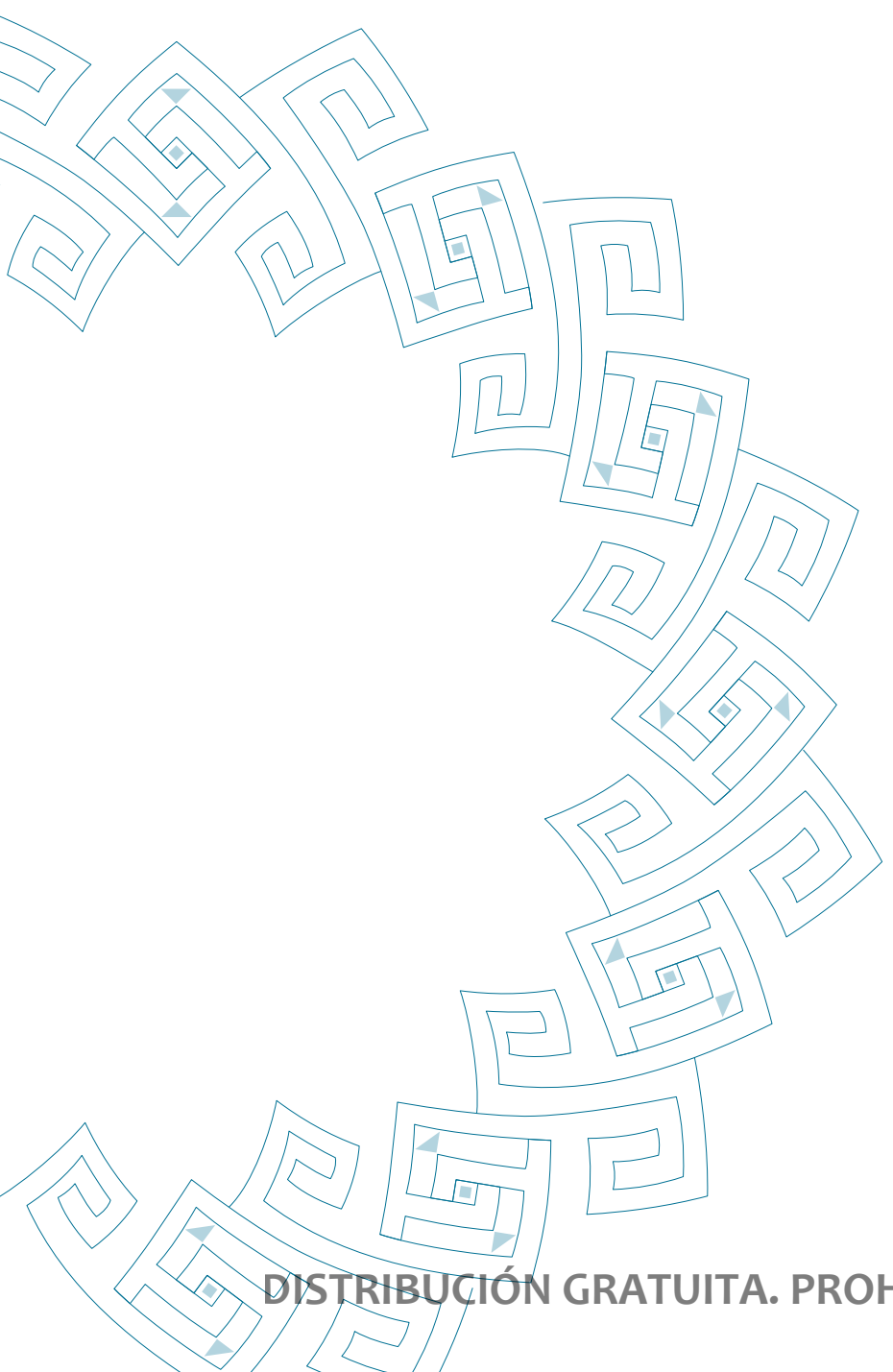
Sin duda, las interacciones entre plantas y artrópodos son de las asociaciones más diversas y complejas en los ecosistemas, lo que contribuye a vacíos de información acerca de los factores que las promueven o las limitan. Por lo que, son necesarios estudios a futuro para enriquecer el acervo de información que se tiene a la fecha.

## Referencias

- Agrawal, A.A., J.A. Lau y P.A. Hambäck. 2006. Community heterogeneity and the evolution of interactions between plants and insect herbivores. *The Quarterly Review of Biology* 81:349-376.
- Aldana-Llanos, L., D.O. Salinas-Sánchez, Ma.E. Valdés Estrada et al. 2010. Evaluación bioinsecticida de extractos de *Bursera copallifera* (D.C.) Bullock y *Bursera grandifolia* (Schltdl.) Engl. en gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* J.E. Smith (Lepidoptera: Noctuidae). *Polibotánica* 29:149-158.
- Bautista, M., L.M. Hernández y C. Llanderal C. 2003. *Insectos de importancia agrícola poco conocidos en México*. Publicación especial No.1. Instituto de Fitosanidad-COLPOS, Montecillo.
- Bonilla-Barbosa, J.R. y J.L. Villaseñor R. 2003. *Catálogo de la flora del estado de Morelos*. Centro de Investigaciones Biológicas-UAEM, Cuernavaca.
- Burgos-Solorio, A. y S. Anaya-Rosales. 2004. Los crisomelinos (coleoptera: chrysomelidae: chrysomelinae) del estado de Morelos. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)* 20(3):39-66.
- Cantú-Sifuentes, L., A. Sáenz-Galindo, C. Pérez-Berumen y L.G. Gutiérrez-Arredondo. 2012. Bioinsecticidas vs. insecticidas químicos. *Cienciaviva* 30(8).
- Contreras-MacBeath, T., J.C. Boyás y F. Jaramillo. 2006. *La diversidad biológica en Morelos: estudio del estado*. CONABIO/UAEM, México.
- Contreras-MacBeath, T., E. Ongay-Delhumeau y V. Sorani D. 2002. *Programa estatal de ordenamiento territorial sustentable de Morelos fases I, II y III. Incluyendo los subsistemas natural, social y económico*. SEDESOL, México.
- Cordero, A.A. 2008. *Composición de los gremios de artrópodos en sistemas vegetales mono-específicos y poliespecíficos de trébol blanco (*Trifolium repens* L.) y ballica italiana (*Lolium multiflorum* Lam.)*. Tesis de licenciatura en agronomía. Universidad Austral de Chile, Valdivia.
- Corona-López, A.M., V.H. Toledo-Hernández, E. Ruíz-Cancino et al. 2013. Los artrópodos de la Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla, Morelos, México. En: *Memorias del XXI Congreso Nacional de Zoología 2013*. J. Sigala (coord.). Sociedad Mexicana de Zoología A.C./UAA, Aguascalientes, pp. 649-658.
- Covarrubias-Camarillo T., M. Osorio-Beristaín, L. Legal y J. Contreras-Garduño. 2016. *Baronia brevicornis* caterpillars build shelters to avoid predation. *Journal of Natural History* 50(35-36):2299-2310.
- Dajoz, R. 2001. *Entomología forestal: los insectos y el bosque: papel y diversidad de los insectos en el medio forestal*. Mundi Prensas, Madrid.
- Dangerfield, J.M., J.P.A. Pik, A.J. Britton et al. 2003. Patterns of invertebrate biodiversity across a natural edge. *Austral Ecology* 28(3):227-236.
- Del Val, E., K. Boege, C. Martínez-Garza et al. 2016. Restauración de poblaciones de invertebrados e interacciones bióticas en selvas estacionales de Jalisco y Morelos. En: *Experiencias mexicanas en la restauración de ecosistemas*. E. Ceccon y C. Martínez-Garza (coords). CRIM-UNAM/UAEM/CONABIO, México, pp. 369-384.
- Diniz, I.R., J.D. Hay, V. Rico-Gray et al. 2012. Shelter-building caterpillars in the cerrado: seasonal variation in relative abundance, parasitism, and the influence of extra-floral nectaries. *Arthropod Plant Interactions* 6(4):583-589.
- Dorado, O., B. Maldonado, D.M. Arias et al. (comps.). 2005. *Programa de conservación y manejo de la Reserva de la Biosfera Sierra de Huatla*. CONANP, México.
- Ehrlich, P.R. y P.H. Raven. 1964. Butterflies and plants: A study in coevolution. *Evolution* 18:586-608.
- Futuyma, D.J. y A.A. Agrawal. 2009. Macroevolution and the biological diversity of plants and herbivores. *PLoS ONE* 106:18054-18061.
- García-Gutiérrez, C. y M.B. González-Maldonado. 2013. Bioinsecticidas y otros agentes de control biológico. *Vedalia* 14(1):35-42.
- González-Ramírez, I. 2012. *Comparación de los artrópodos epífitos asociados a plantas masculinas y femeninas de *Buddleia cordata* (Loganiaceae)*. Tesis de licenciatura en biología. Facultad de Ciencias-UNAM, México.
- Hawkins, B.A. y E.E. Porter. 2003. Does herbivore diversity depend on plant diversity? The case of California butterflies. *American Naturalist* 161:40-49.
- Hunter, M.D. y P.W. Price. 1992. Playing chutes and ladders: heterogeneity and the relative roles of bottom and top-down forces in natural communities. *Ecology* 73:724-732.
- INIFAP. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. 2015. *Agenda Técnica Agrícola, Morelos*. SAGARPA/COFUPRO/INIFAP, México.
- Johnson, W.T. y H.H. Lyons. 1991. *Insects that feed on trees and shrubs*. Comstock Publishing/Cornell University Press, Nueva York.



- Juan-Baeza, I., C. Martínez-Garza y E. Del Val. 2015. Recovering more than tree cover: herbivores and herbivory in a restored tropical dry forest. *PLoS ONE* 10(6):e0128583.
- Knops, J.M.H., D.Tilman, N.M. Haddad *et al.* 1999. Effects of plant species richness on invasion dynamics, disease outbreaks, insect abundances and diversity. *Ecology Letters* 2:286-293.
- Leana, J. 2015. *Entomofauna y fluctuación poblacional de tres plagas y sus enemigos naturales en la huerta de naranjo Citrus sinensis L. del rancho el Pochotillo en Zapacalpo, Tetelcingo, Morelos, México*. Tesis de licenciatura en ingeniería agrónoma con especialidad en parasitología. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo.
- McIntyre, N.E., J. Rango, W.F. Fagan y S.H. Faeth. 2001. Ground arthropod community structure in a heterogeneous urban environment. *Landscape and Urban Planning* 52:257-274.
- Menéndez-Acuña, M. 2017. *Efecto de la diversidad genética de una especie fundadora sobre la comunidad de plantas y arañas asociadas: el caso de Bursera copallifera en Morelos, México*. Tesis de maestría en biología integrativa de la biodiversidad y la conservación. UAEM, Cuernavaca.
- Ollerton, J. 1999. La evolución en las relaciones polinizador planta en los artrópodos *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa* 26:741-758.
- Ortega-Arenas, L.D. 2008. *Moscas blancas, temas selectos sobre su manejo*. MundiPrensa, México.
- Pérez-Contreras, T. 1999. La especialización en insectos fitófagos: una regla más que una excepción. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa* 26:759-776.
- Rendón-Correa, A. y R. Fernández-Nava. 2007. Plantas con potencial uso ornamental del estado de Morelos, México. *Polibotánica* 23:121-165.
- Schoonhoven, L.M., J.J.A. Van Lonn y M. Dicke. 2005. *Insect-plant biology*. Oxford University Press, Oxford.
- Schowalter, T.D. 2016. *Insect ecology: an ecosystem approach*. Elsevier Academic Press, Estados Unidos de América.
- Siemann, E., D. Tilman, J. Haarstad y M. Ritchie 1998. Experimental tests of the dependence of arthropod diversity on plant diversity. *The American Naturalist* 152 (5):738-750.
- Silva, J.F., M.R. Farinas, J.M. Felfili y C.A. Klink. 2006. Spatial heterogeneity, land use and conservation in the Cerrado region of Brazil. *Journal of Biogeography* 33:536-548.
- Sosa-Romero, M., M. Menéndez-Acuña y A. Burgos-Solorio. 2016. Fenología y estacionalidad del género *Mexigonus* Edwards, 2002 (Araneae: Salticidae) en un bosque templado al norte de Cuernavaca, Morelos, México. *Entomología Mexicana* 3:919-923.
- Strong, D.R., J.H. Lawton y R.S. Southwood. 1984. *Insects on plants. Community patterns and mechanisms*. Harvard University Press, Cambridge.
- Thompson, J.N. 1989. Concepts of coevolution. *Trends in Ecology and Evolution* 4:179-183.
- Tovar-Sánchez, E., L. Valencia-Cuevas, P. Mussali-Galante *et al.* 2015. Effect of host plant genetic diversity on oak canopy arthropod community in central Mexico. *Revista Chilena de Historia Natural* 88:12.
- Trejo, I. y R. Dirzo. 2002. Floristic diversity of Mexican seasonally dry tropical forests. *Biodiversity and Conservation* 11:2063-2084.
- Valencia-Cuevas, L., P. Mussali-Galante, Z. Cano-Santana *et al.* 2017. Genetic variation in foundation species governs the dynamics of trophic interactions. *Current Zoology* 64(1):13-22.
- Valencia-Cuevas, L. y E. Tovar-Sánchez. 2015. Oak canopy arthropod communities: which factors shape its structure? *Revista Chilena de Historia Natural* 88:1-22.
- Vergara-Torres, C.A., M. Vásquez-Bolaños, A.M. Corona-López *et al.* 2016. Ant (Hymenoptera: Formicidae) Diversity in the canopy of a tropical dry forest in Tepoztlán, Central Mexico. *Annals of the Entomological Society of America* 110(2):197-203.
- Viejo-Montesinos, J.L. y C. Ornos-Gallego. 1997. Los insectos polinizadores: una aproximación antropocéntrica. *Los artrópodos y el hombre* 20:71-74.
- Whitham, T.G., J.K. Bailey, J.A. Schweitzer *et al.* 2006. A framework for community and ecosystem genetics: from genes to ecosystems. *Nature Reviews Genetics* 7:510-523.
- Whitham, T.G., C.A. Gehring, L.J. Lamit *et al.* 2012. Community specificity: life and afterlife effects of genes. *Trends in Plant Sciences* 17:271-281.
- Wojtowicz, T., Z.G. Compton, L.J. Lamit *et al.* 2014. Plant genetic identity of foundation tree species and their hybrids affects a litter-dwelling generalist predator. *Oecologia* 176:799-810.



**DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA**

# Piojos de los libros y piojos de las cortezas (Psocoptera)

Al Dr. Alfonso García-Aldrete, apasionado investigador de los psocópteros

Zenón Cano Santana, Paulina Corona Tejeda, José Arturo Casasola González, Juan Pablo Camacho Ruedas y Ariana Romero Mata

## Introducción

Los psocópteros o psócidos son conocidos como piojos de los libros y de las cortezas. Son insectos del orden Psocoptera (Corrodentia o Copeognatha), que junto con los piojos verdaderos (Phthiraptera) forman un solo grupo denominado Psocodea (figura 1; Grimaldi y Engel 2005, Gullan y Cranston 2010, Misof *et al.* 2014).

Son animales no parásitos de cuerpo blando y tamaño pequeño, la mayoría entre 1 y 6 mm —aunque algunos pueden llegar a los 12 mm— con cabeza y ojos grandes, patas y antenas alargadas, y un aparato bucal masticador (García-Aldrete 2014). Los adultos tienen dos pares de alas membranosas con pocas venas, el par anterior es más grande que el par posterior, y ambas se posan a manera de tejado sobre el abdomen cuando el insecto está en reposo, aunque en algunas especies las alas están ausentes (Gullan y Cranston 2010, García-Aldrete 2014).

Es común toparse con estos insectos al abrir libros, revistas o periódicos viejos, en cuyo caso se trata de especies del género *Liposcelis*, que tienen 1 mm de largo (Coronado y Márquez 1982).

En los ecosistemas naturales se les encuentra bajo o encima de la corteza de los árboles, el mantillo del suelo, el follaje de árboles y arbustos, la superficie de las rocas, el interior de cuevas y en el plumaje de las aves, así como en nidos de mamíferos, aves, abejas, avispas y hormigas (Daly *et al.* 1998, Coronado y Márquez 1982, Borror *et al.* 1992, Mockford 1993, McGavin 2002, Triplehorn y Johnson 2004, García-Aldrete 2014).

Son insectos con metamorfosis incompleta, pues pasan por los estados de huevo, ninfa y adulto, aunque existen unas pocas especies que paren crías vivas (Borror y White 1970, Vázquez 1987, McGavin 2002, Gullan y Cranston 2010).



Figura 1. Psocóptero. Foto: Tom Shermer.

El cortejo de estos organismos involucra una danza nupcial y la producción de sonido que emiten generalmente a través de un órgano estridulador localizado en la base de las patas posteriores (Borror *et al.* 1992, McGavin 2002, Gullan y Cranston 2010). Los huevos los depositan solos o en grupos de 20 a 100 sobre la vegetación o bajo la corteza de los árboles (Gullan y Cranston 2010) y pueden estar desnudos o protegidos por seda o heces (Costa 2006, García-Aldrete 2014).

Desde el punto de vista ecológico, algunas especies tienen la particularidad de aumentar considerablemente su tamaño poblacional a determinados niveles de temperatura y humedad (Opit y Throne 2009, Aminatou *et al.* 2011).

Cano-Santana, Z., P. Corona-Tejeda, J.A. Casasola-González, J.P. Camacho-Ruedas y A. Romero-Mata. 2020. Piojos de los libros y piojos de las cortezas (Psocoptera). En: *La biodiversidad en Morelos. Estudio de Estado 2*. Vol. II. CONABIO, México, pp. 131-135.

En este trabajo se reportan los psicópteros de Morelos con base en la información disponible en la literatura. La mayoría de los registros se obtuvieron del trabajo de Mockford y García Aldrete (1996), aunque otros más se obtuvieron del de García-Aldrete (2002), entre otros (apéndice 32). Los nombres de los taxones se corroboraron con la base de datos de Johnson y Smith (2017).

## Diversidad y distribución

Se calcula que en el mundo existen 5 720 especies de psicópteros (Zhang 2011), de las cuales 775 (13.5%) se encuentran en México (García-Aldrete 2016). Morelos cuenta con 63 especies, que incluye 12 especies aún no identificadas a plenitud, repartidas en 27 géneros y 14 familias (apéndice 32), de las cuales la familia Lachesillidae congrega el mayor número (27; cuadro 1). Esta riqueza está por debajo de la que registran Veracruz (256), Chiapas (185), Jalisco (147), Oaxaca (130) y Nuevo León (125), y ubica a la entidad en el lugar número 13 a nivel nacional (Mockford y García Aldrete 1996, García-Aldrete 2016).<sup>1</sup>

La riqueza específica en el estado representa 8.1% de la que se presenta en todo el país, lo que constituye una gran diversidad para un territorio con dimensiones pequeñas, en comparación con otras entidades como Chihuahua (3), Coahuila (15) o Durango (45; Mockford y García Aldrete 1996). En este grupo, se encuentran al menos tres especies que son endémicas de Morelos (*Lachesilla zeta*, *Thylacella huautlensis* y *Blastopsocus ca. semistriatus*) y al menos 22 que son endémicas del país (apéndice 32).

En el territorio estatal, los psicópteros tienen registros en: Tres Marías y el Parque Nacional Lagunas de Zempoala (Huitzilac); Jojutla, Las Estacas y Ticumán (Tlaltizapan), Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla, Tepoztlán, Ticumán, Yauatepec y Zacualpan de Amilpas (apéndice 32). Murillo *et al.* (1983) los encontraron en la bromelia *Tillandsia* sp. en el derrame del volcán Chichinautzin; en tanto que Gutiérrez-Ochoa *et al.* (1993) registraron que *Liposcelis bostrychophila* y *Belaphotroctes* sp. son abundantes en la planta *Bromelia hemisphaerica* en Yauatepec. Estos insectos también se han encontrado en las cuevas del Diablo (en Tepoztlán), del Salitre (en

**Cuadro 1.** Especies de cada familia de Psocoptera registradas en Morelos. Se señala entre paréntesis el número de especies que de la cifra señalada no están identificadas a especie..

Familia	Especies
Lachesillidae	27 (2)
Psocidae	8 (3)
Peripsocidae	4 (2)
Caeciliusidae	3
Liposcelididae	3 (1)
Philotarsidae	3 (1)
Ectopsocidae	2
Epipsocidae	2
Lepidopsocidae	2
Pachytrictidae	2 (1)
Psoquillidae	2
Psyllipsocidae	2
Amphipsocidae	2 (1)
Mesopsocidae	1 (1)
<b>Total</b>	<b>64 (12)</b>

Fuente: elaboración propia con datos de Mockford y García Aldrete 1996, García-Aldrete 2002.

Emiliano Zapata) y del Ídolo (en Jojutla) (Hoffmann *et al.* 1986), así como en almacenes de granos (García-Aldrete y Gutiérrez-Díaz 1995).

## Importancia

Los psicópteros son ecológicamente relevantes porque representan eslabones intermedios de las redes alimentarias en numerosos hábitats terrestres del mundo. Se alimentan de tejidos vegetales, algas, líquenes, moho, esporas de hongos, polen, huevos de insectos, restos de animales muertos y probablemente de insectos escama (Homoptera: Coccoidea; Mockford 1993, García-Aldrete 2014).

Al mismo tiempo son el alimento de ranas, aves pequeñas, avispas, arañas patonas (opiliones), arañas verdaderas, ácaros, pseudoescorpiones y larvas de escarabajos y neurópteros (Mockford 1993), incluso algunas especies son comestibles para el ser humano (Ramos-Elorduy *et al.* 2012). Por su capacidad de alimentarse de materia muerta, intervienen en la fragmentación y descomposición de la materia orgánica y en el reciclaje de nutrientes (Baz 1991).

<sup>1</sup> El lugar que ocupa Morelos considera las 75 especies que se registran para la Ciudad de México (García-Aldrete 2016).

Las especies domésticas tienen importancia económica debido a que representan plagas que atacan granos y harinas almacenadas, frutos secos, bibliotecas, ejemplares botánicos de herbario y colecciones de insectos, lo que deteriora su calidad y aspecto (Leong y Ho 1995, Triplehorn y Johnson 2004, García-Aldrete 2014).

Aunque aún no se tienen datos concretos sobre la posibilidad de que psócidos exóticos estén afectando a los ecosistemas del país y del estado, es importante monitorearlos. En Estados Unidos de América algunas especies de este grupo son motivo de preocupación, como es el caso de *Pseudocaecilius citricola* que ataca a los cítricos en Florida (Borror *et al.* 1992).

Ciertas especies de psócidos tienen facilidad para incrementar rápidamente su población, por ello es importante regular el transporte de alimentos entre países, ya que es posible que la amplia distribución mundial de algunos psicópteros se deba al transporte internacional de comida (Turner 1994, Dong *et al.* 2007).

## Situación y estado de conservación

Ninguna de las especies presentes en el estado se encuentra dentro de alguna categoría de riesgo por la NOM-059 (SEMARNAT 2010), ni por la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES 2011). No obstante, esto no significa que no haya especies en riesgo.

Particularmente, son de importancia las especies endémicas al estado, así como *Psyllipsocus stupendus*. Dicha especie que fue recientemente descrita, adquiere su nombre por los raros genitales que presentan ambos sexos; la colectaron en la Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla (REBIOSH) y no se le registra en otra parte del país (Lienhard y García-Aldrete 2016).

Por otra parte, aunque algunas especies tienen una distribución mundial (como *Liposcelis bostrychophila*), en ciertos países ya no se encuentran en condiciones silvestres (Turner 1994).

Por lo descrito anteriormente, es necesario incrementar el número de estudios sobre su biología y ecología, así como llevar a cabo monitoreos continuos de las poblaciones para conocer qué especies de psócidos se encuentran en peligro, de modo que se puedan aplicar programas dirigidos a su preservación. Esto es importante debido a que actualmente no hay ningún

programa enfocado a la conservación de los psicópteros en el estado.

No obstante, la entidad en sí es rica en psicópteros. Por ello, es deseable y necesario realizar colectas en localidades no estudiadas y hacer más trabajo taxonómico y ecológico, pues un conocimiento limitado acerca de los psócidos puede provocar que su cabal importancia en la naturaleza esté subestimada.

## Factores de presión

Por los hábitats que ocupan los psicópteros en los ecosistemas naturales, la destrucción de los bosques y zonas de matorral para su uso como suelo agrícola o urbano representa la principal amenaza que afecta a estos insectos (Contreras-MacBeath *et al.* 2006, García-Aldrete 2016). Asimismo, debido a que algunas especies de psócidos están asociadas sólo a determinadas especies de árboles (Kentjonowati y New 2004), la remoción de éstos provoca la eliminación de uno de sus hábitats más importantes.

Otro factor de riesgo es el cambio climático. Villalpando *et al.* (2009) encontraron evidencias de que el incremento en la temperatura en un hábitat reduce la abundancia y riqueza de diversos gremios alimentarios de insectos detritívoros, que incluye la reducción de la cantidad de una especie de psicóptero. Es muy probable que el incremento de temperatura que experimentan las zonas templadas del estado tenga un efecto dañino sobre los psócidos que se refugian en las plantas que viven en estos ambientes (Hannah 2015).

Por último, la contaminación del ambiente puede afectar seriamente a la fauna. Este efecto puede ser directo a través del contacto con el agente contaminante o indirecto a través de las redes alimentarias (Heliövaara y Väisänen 1993). En el estado se registra el uso de 48 plaguicidas en las actividades agrícolas (Contreras-MacBeath *et al.* 2006), los cuales pueden dispersarse por el aire, el suelo, las corrientes de agua y las cadenas tróficas (Cano-Santana y Valverde 2015), lo que constituye un factor de presión sobre los insectos, incluidos los psicópteros.

La acumulación de las cenizas provenientes del humo y bióxido de azufre que emanan las fábricas y los automotores es un factor que provoca que gran parte de los piojos de las cortezas mantengan bajos tamaños poblacionales, tal como lo encontró Gilbert (1971)

en los fresnos del centro de la ciudad de Newcastle, Inglaterra. Este último punto es motivo de preocupación para la conservación de los psócidos, debido a que la creciente mancha urbana asociada a la conurbación de Cuernavaca con los poblados vecinos (Contreras-MacBeath *et al.* 2006) podría acarrear problemas de contaminación atmosférica en el futuro.

## Acciones de conservación

Aunque la diversidad de psocópteros no cambia mucho entre hábitats con distinto grado de afectación por el humano, algunos de estos insectos no son tolerantes a estos cambios, pues las áreas naturales protegidas suelen albergar psócidos que no se encuentran fuera de estos sitios (Kentjowati y New 2004). Tal es el caso de *P. stupendus*, que se encuentra únicamente dentro de la REBIOSH (Lienhard y García-Aldrete 2016).

Por lo anterior, el incremento del número y superficie de áreas naturales protegidas resulta ser una adecuada estrategia para la preservación de la diversidad de éstos y otros organismos. Asimismo, los tomadores de decisiones del estado deben comprometerse con acciones encaminadas a mitigar el cambio climático, a limitar el crecimiento urbano de las zonas aledañas a Cuernavaca y a regular el uso de pesticidas en las actividades agrícolas, pues se registra que eventualmente el agricultor suele usar el doble o el triple de la cantidad recomendada oficialmente (Contreras-MacBeath *et al.* 2006).

## Conclusiones y recomendaciones

El inventario de psócidos en Morelos no está completo y se desconocen las especies potencialmente amenazadas. Esto se debe a que sus poblaciones no son monitoreadas, lo cual provoca que no existan políticas de conservación hacia ellos. Por lo anterior, se deben mantener las colectas de estos insectos para completar el inventario estatal y se debe estimular el estudio de las especies endémicas.

Es necesario el compromiso de los tomadores de decisiones en el estado para elaborar estrategias que reduzcan la destrucción de hábitats, llevar a cabo acciones estatales contra el cambio climático y se verifique el correcto manejo de los pesticidas usados en la agricultura. Los psocópteros son degradadores de la materia muerta, pero aún falta valorar en su justa dimensión la

envergadura con la que estos pequeños seres cumplen esta importante labor en la naturaleza.

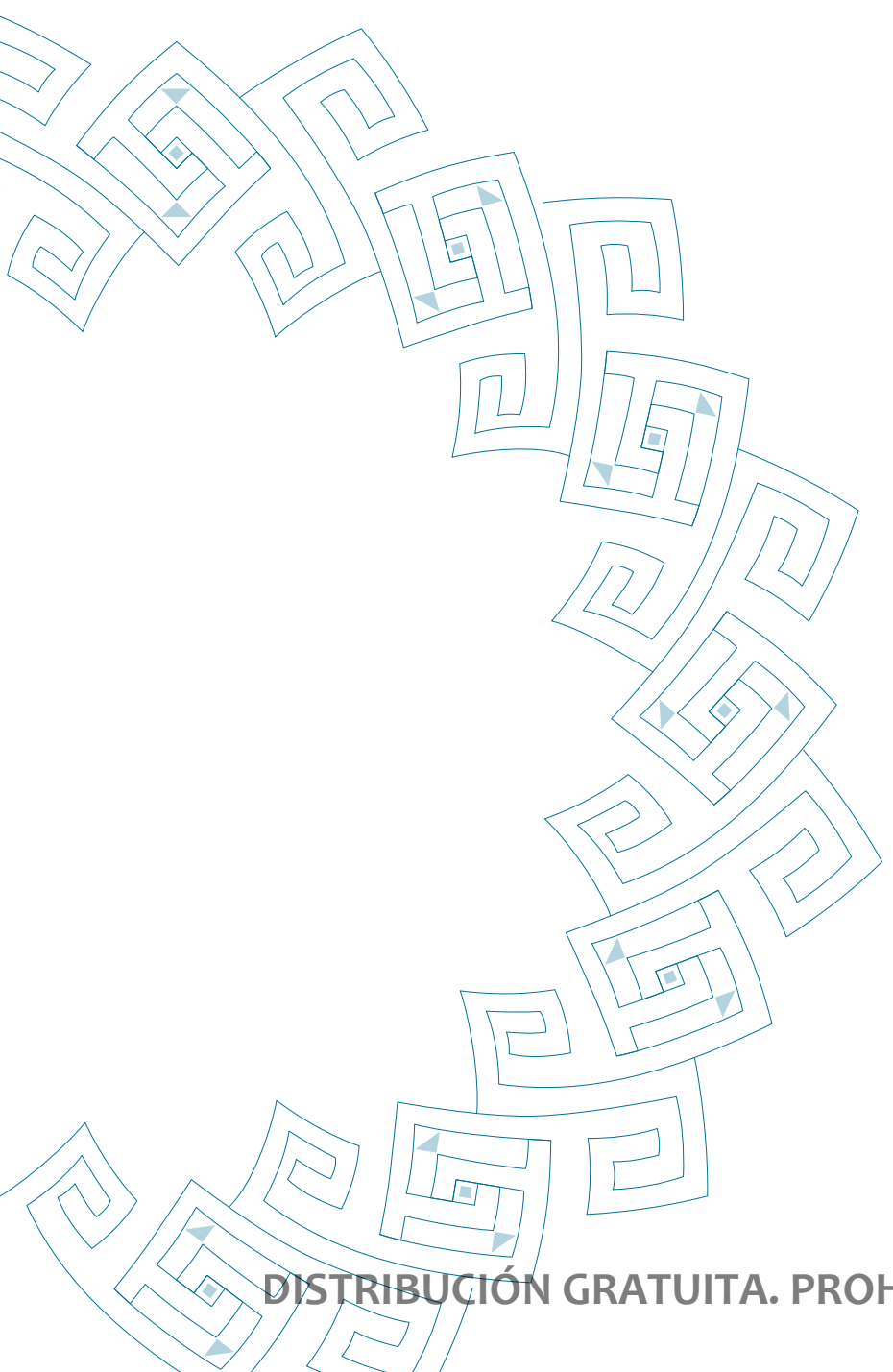
## Agradecimientos

Agradecemos al Dr. Alfonso García Aldrete, a quien dedicamos con admiración y respeto esta contribución, por compartir amablemente sus artículos. Este trabajo se realizó con el apoyo técnico de Iván Castellanos Vargas.

## Referencias

- Aminatou, B.A., S.G. Gautam, G.P. Opat *et al.* 2011. Population growth and development of *Liposcelis pearmani* (Psocoptera: Liposcelididae) at constant temperatures and relative humidities. *Population Ecology* 40(4):788-796.
- Baz, A. 1991. Observations on the biology and ecology of Psocoptera found in different kinds of leaf litter in East-Central Spain. *Pedobiologia* 35:89-100.
- Borror, D.J., C.A. Triplehorn y N.F. Johnson. 1992. *An introduction to study of insects*. Saunders College, Fort Worth.
- Borror, D.J. y R.E. White. 1970. *A field guide to the insects of America north of Mexico*. Houghton Mifflin, Boston.
- Cano-Santana, Z. y T. Valverde. 2015. *El pulso del planeta. Biodiversidad, ecosistemas y ciclos biogeoquímicos. Siglo XXI/UNAM, México.*
- CITES. Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. 2011. *Apéndices I, II y III*. En: <<http://www.cites.org/esp/app/appendices.php>>, última consulta: 13 de febrero de 2018.
- Contreras-MacBeath, T., J.C. Boyás y F. Jaramillo. 2006. *La diversidad biológica en Morelos: estudio del estado*. CONABIO/UAEM, México.
- Coronado, R. y A. Márquez. 1982. *Introducción a la entomología. Morfología y taxonomía de insectos*. Limusa, México.
- Costa, J.T. 2006. *The other insect societies*. Belknap Press, Harvard.
- Daly, V.H., J.T. Doyen y A.H. Purcell III. 1998. *Introduction to insect biology and diversity*. Oxford University Press, Nueva York.
- Dong, P., J.J. Wang, F. Hu y F.X. Jia. 2007. Influence of *Wolbachia* infection on the fitness of the stored-product pest *Liposcelis tricolor* (Psocoptera: Liposcelididae). *Journal of Economic Entomology* 100(4):1476-1481.
- García-Aldrete, A.N. 2002. Psocoptera (Insecta) from the Sierra Tarahumara, Chihuahua, Mexico. *Anales del Instituto de Biología-UNAM. Serie Zoología* 73(2):145-156.
- . 2014. Biodiversidad de Psocoptera (Insecta: Psocodea) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85:252-256.

- . 2016. Piojos de los libros (Psocoptera). En: *La biodiversidad en la Ciudad de México*. Vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp. 301-305.
- García-Aldrete, A.N. y L.J. Gutiérrez-Díaz. 1995. Species of psocids (Psocoptera), associated with stored grains in Mexico. *Anales del Instituto de Biología-UNAM. Serie Zoología* 66(1):47-55.
- Gilbert, O.L. 1971. Some indirect effects of air pollution on bark-living invertebrates. *Journal of Applied Ecology* 8:77-84.
- Grimaldi, D. y M.S. Engel. 2005. *Evolution of the Insects*. Cambridge University Press, Nueva York.
- Gullan, P.J. y P.S. Cranston. 2010. Psocodea: "Psocoptera" (bark lice and book lice). En: *The insects: an outline of entomology*. P.J. Gullan y P.S. Cranston (eds.). Wiley-Blackwell, Oxford, pp. 479.
- Gutiérrez-Ochoa, M., M. Camino-Lavín, F. Castrejón-Ayala y A. Jiménez-Pérez. 1993. Arthropods associated with *Bromelia hemisphaerica* (Bromeliales: Bromeliaceae) in Morelos, Mexico. *The Florida Entomologist* 76:616-621.
- Hannah, L. 2015. *Climate change biology*. Academic Press, Amsterdam.
- Heliövaara, K. y R. Väisänen. 1993. *Insects and pollution*. CRC Press, Florida.
- Hoffmann, A., J.G. Palacios-Vargas y J.B. Morales-Malacara. 1986. *Manual de bioespelología (con nuevas aportaciones de Morelos y Guerrero, México)*. UNAM, México.
- Johnson, K.P. y V.S. Smith. 2017. *Psocodea species file online version 5.0/5.0. Illinois Natural History Survey*. En: <<http://psocodea.speciesfile.org>>, última consulta: 25 de enero de 2017.
- Kentjowati, E.S. y T.R. New. 2004. Local diversity and ecological distribution of arboreal Psocoptera (Insecta) in Sumatra, Indonesia, and implications for conservation. *Journal of Insect Conservation* 8:1-13.
- Leong, E.C.W. y S.H. Ho. 1995. Effects of carbon dioxide on the mortality of *Liposcelis bostrychophila* Bad. and *Liposcelis entomophila* (End.) (Psocoptera: Liposcelididae). *Journal of Stored Products Research* 31:185-190.
- Lienhard, C. y A.N. García-Aldrete. 2016. An extraordinary new species of *Psyllipsocus* (Psocodea: Psocoptera: Psyllipsocidae) from the Biosphere Reserve Sierra de Huautla, Morelos, Mexico. *Revue Suisse de Zoologie* 123(1):105-112.
- McGavin, G.C. 2002. *Entomología esencial*. Ariel, Barcelona.
- Misof, B., S. Liu, K. Meusemann et al. 2014. Phylogenomics resolves the timing and pattern of insect evolution. *Science* 346(6210):763-767.
- Mockford, E.L. 1993. *North American Psocoptera*. Sandhill Crane Press, Florida.
- Mockford, E.L. y A.N. García Aldrete. 1996. Psocoptera. En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento*. Vol. I. J. Llorente-Bousquets, A. García-Aldrete y E. González-Soriano (eds.). Instituto de Biología-UNAM, México, pp.175-205.
- Murillo, R.M., J.G. Palacios, J.M. Labougle et al. 1983. Variación estacional de la entomofauna asociada a *Tillandsia* spp. en una zona de transición biótica. *Southwestern Entomologist* 8:292-302.
- Opit, G.P. y J.E. Throne. 2009. Population growth and development of the psocid *Liposcelis brunnea* (Psocoptera: Liposcelididae) at constant temperatures and relative humidities. *Journal of Economic Entomology* 102(3):1360-1368.
- Ramos-Elorduy, J., L.A. Carbajal-Valdés y J.M. Pino-Moreno. 2012. Socio-economic and cultural aspects associated with handling grasshopper germplasm in traditional markets of Cuautla, Morelos, Mexico. *Journal of Human Ecology* 40:85-94.
- SEMARNAT. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. *Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010*. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.
- Triplehorn, C. y N. Johnson. 2004. *Borror and DeLong's introduction to the study of insects*. Thomson Brooks/Cole, Belmont.
- Turner, B.D. 1994. *Liposcelis bostrychophila* (Psocoptera: Liposcelididae), a stored food pest in the UK. *International Journal of Pest Management* 40:179-190.
- Vázquez, G.L. 1987. *Zoología del Phylum Arthropoda*. Interamericana, México.
- Villalpando, S.N., R.S. Williams y R.J. Norby. 2009. Elevated air temperature alters an old-field insect community in a multifactor climate change experiment. *Global Change Biology* 15:930-942.
- Zhang, Z.Q. 2011. Phylum Arthropoda von Siebold, 1848. En: *Animal biodiversity: an outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness*. Z.Q. Zhang (ed.). *Zootaxa* 3148:99-103.



**DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA**



# Chinches (Heteroptera)

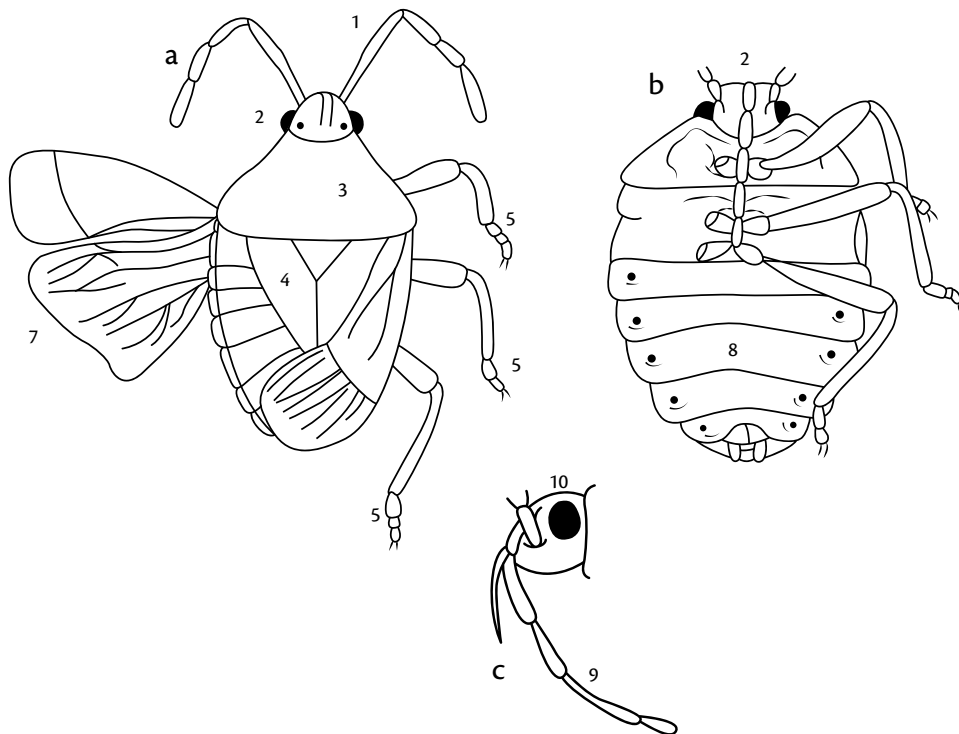
Brenda Torres Huerta y Víctor López Gómez

## Introducción

Los heterópteros (suborden Heteroptera) conocidos como chinches verdaderas, son un grupo de insectos pertenecientes al orden Hemiptera. Se caracterizan por presentar las piezas bucales insertadas en la parte anterior de la cabeza, las cuales son alargadas en forma de estilete también denominado pico; que utilizan para succionar savia de plantas o fluidos de animales (figura 1; Triplehorn y Johnson 2004).

Una característica distintiva del grupo es la presencia de glándulas odoríferas pares, situadas en el abdomen y las alas frontales (si están presentes). Estas últimas, son únicas porque la parte basal está endurecida, mientras que las alas posteriores son completamente membranosas (Schuh y Slater 1995, Vivas 2013a).

En general, los organismos del orden Hemiptera presentan una metamorfosis sencilla o incompleta, tienen tres etapas de desarrollo que son: el huevo, la ninfa y el adulto. La ninfa (o las formas inmaduras de los heterópteros) son versiones reducidas de los adultos y a medida



**Figura 1.** Esquemas de la vista: a) dorsal; b) ventral de un hemiptero; y c) aparato bucal. 1: antena, 2: cabeza, 3: pronoto, 4: escutelo, 5: pata, 6: hemielitro, 7: ala membranosa, 8: abdomen, 9: estilete, 10: ojo compuesto. Fuente: elaboración propia.

Torres Huerta, B. y V. López-Gómez. 2020. Chinches (Heteroptera). En: *La biodiversidad en Morelos. Estudio de Estado 2*. Vol. II. CONABIO, México, pp. 137-143.

que crecen realizan mudas. Pueden tener hasta cinco fases ninfales y suelen alimentarse de las mismas plantas y/o animales que los adultos, aunque hay un gran número de excepciones. El adulto se distingue de la ninfa por presentar alas funcionales y los órganos sexuales desarrollados por completo (Howell *et al.* 1998, Vivas 2013b).

Las chinches son capaces de alimentarse de una gran variedad de fluidos, tanto de vegetales como de animales y suelen ser polívoros (que se nutren de varios tipos de alimentos). Sin embargo, la mayoría de las especies de este grupo son fitófagas (que se alimentan de organismos vegetales), ya que succionan los jugos vegetales de los árboles, arbustos o hierbas sobre las que viven (figura 2).

Algunas se alimentan de semillas que yacen en el suelo y también se les puede catalogar como zoófagas (que se alimentan de animales), debido a que existen muchas especies depredadoras de otros insectos. También, es posible encontrar algunas otras que son ectoparásitas (parásito que vive fuera de su hospedero) o se alimentan de la sangre de algunos vertebrados (hematófagos; Gillot 2005, Goula y Mata 2015).



Figura 2. Chinche *Jadera haematoloma* en su planta hospedera. Foto: Luis Manuel Cervantes Peredo/Banco de imágenes CONABIO.

## Diversidad y distribución

Los heterópteros son los principales representantes del diverso grupo de insectos con una metamorfosis incompleta (hemimetábolos). En el mundo existe alrededor de 82 mil especies de hemípteros incluidos en 134 familias, y de éstas 50 mil especies pertenecen al suborden heteróptera (Borror *et al.* 1992, Chapman 2009).

En México, la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO 2008) tiene recopilada información en dónde se registran alrededor de 8 389 especies de hemípteros de los cuáles 5 609 son heterópteros. Actualmente son pocos los trabajos de revisión o inventario de las especies presentes en algún estado de México. En el caso de Morelos la información es escasa, desactualizada y muy dispersa.

Los trabajos que aportan información para este estado son apenas una decena: Brailovsky y Márquez (1973), Brailovsky (1976, 1995), Brailovsky y Soria (1981), Gutiérrez Ochoa *et al.* (1993), Brailovsky y Cervantes (2008), Morales-Castaño y Molano-Rendón (2009), Tepole-García *et al.* (2012), López *et al.* (2013), Panizzi y Grazia (2015), Mayorga-Martínez (2016), Morales-Morales *et al.* (2016), y Rosas y Brailovsky (2016).

En esta revisión se registró un total de 68 diferentes entidades taxonómicas, compuestas por 53 especies y 15 especies sin determinar, las cuales están incluidas en 53 géneros y 20 familias; lo que constituye 1.21% de las especies de heterópteros registrados en el país. Las familias con mayor riqueza fueron Pentatomidae, Coreidae, Reduviidae y Lygaeidae (figura 3; apéndice 33).

Los heterópteros presentan una distribución cosmopolita, es decir, se encuentran en cualquier lugar del mundo; esto debido a que presentan una gran variedad de hábitos alimenticios y de comportamiento (Resh y Cardé 2003). La mayoría de las chinches son terrestres, viven en la superficie y bajo el nivel del suelo. No obstante, algunas son acuáticas y se les puede encontrar en lagos, ríos y arroyos (Forero 2008, Froeschner 2017).

Por su situación geográfica y su cambiante relieve, Morelos posee una gran variedad de tipos de climas y por tanto se ha calculado que presenta alrededor de 10% de la flora de México. En este sentido, presenta una gran gama de ecosistemas como bosque pino-encino, bosque tropical caducifolio, bosque espinoso, matorral, bosque ripario, entre otros (Contreras-MacBeath *et al.* 2006).



**Figura 3.** Ejemplar del género *Kleidocerys* sp. (Lygaeidae). Foto: Luis Manuel Cervantes Peredo/Banco de imágenes CONABIO.

Por lo anterior, se podría esperar que en el estado exista una gran riqueza de heterópteros. Sin embargo, los registros recopilados pertenecen a sólo siete municipios, los cuáles abarcan siete de las catorce regiones ecológicas establecidas para este estudio de estado (Valle Agrícola Ayala-Yautepec, Sierra del Chichinutzin, El Texcal, Valles y Cerros Orientales, Valle de Cuauhnáhuac, Sierra de Huautla y Glacis de Buenavista).

A partir de esta revisión se observó que las regiones ecológicas que fueron más estudiadas y que tuvieron el mayor número de registros fueron en Valles y Cerros Orientales (34 especies pertenecientes a 14 familias), así como en Valle agrícola Ayala-Yautepec (16 especies conformadas por 11 familias; Brailovsky y Márquez 1973, Gutiérrez Ochoa *et al.* 1993).

Por otro lado, en las regiones ecológicas Valle de Cuauhnáhuac y Sierra de Huautla, únicamente se registraron las especies *Nezara viridula* (figura 4) y *Amnestus morelensis*, respectivamente. Esta última es una especie nueva reportada por Mayorga-Martínez (2016) que posiblemente es endémica de Morelos.



**Figura 4.** Ejemplar de *Nezara viridula*. Foto: Víctor Hugo Lujá/Banco de imágenes CONABIO.

## Importancia

Las chinches desempeñan funciones clave como la fitofagia, las interacciones y asociaciones con otros organismos (como aves y termitas), como recurso alimenticio para otros organismos y su rol como controladores naturales de otros organismos, en específico de insectos.

Muchas especies de heterópteros tienen una gran importancia en el sector agrícola y silvícola por los daños que causan a nivel económico en cultivos (figura 5; Tepole-García 2011) y plantaciones forestales (Schaefer y Panizzi 2000). Asimismo, muchas especies depredadoras son enemigos naturales de diferentes insectos plaga, por lo que han tomado relevancia como control biológico, lo cual trae beneficios tangibles en cuanto a la disminución del uso de insecticidas y un menor impacto al ambiente. (Brambila 2002, Goula y Mata 2015).

Algunas chinches verdaderas son importantes en la salud pública, por ser vectores de diferentes enfermedades. En ese sentido, en Morelos (80% de la superficie estatal) se han registrado dos especies de triatomíneos o chinches besuconas (*Triatoma pallidipennis* y *Triatoma barberi*; Reduviidae) principalmente en áreas rurales y

urbanas de clima cálido. Ambas especies son transmisoras de la enfermedad del mal de Chagas que es causada por un parásito llamado *Tripanosoma cruzi* (protista), el cual afecta al ser humano y otros mamíferos (Bautista *et al.* 1999, ssm 2017).

La entomofagia (hábito de comer insectos) es una de las prácticas culturales que se realiza en México, pero esta tradición ha perdido fuerza en diferentes regiones del país (Díaz y Moreno 2014). Al respecto, se tienen registradas alrededor de 531 especies de insectos que se ingieren principalmente en los estados del centro, sur y sureste del país (Viesca-González y Romero-Contreras 2009).

En el estado se consumen dos especies de heterópteros. La primera es la chinche mezcalera (*Acanthocephala declivis*; Coreidae), también llamada chinche embriagante o borracha, se consume asada o frita, aunque algunas personas las prefieren vivas (Carreño 2004). La segunda es el jumil de Morelos (*Euschistus crenator*) que pertenece a la familia Pentatomidae y que se degusta principalmente en Yecapixtla, en donde se suelen preparar las ninfas asadas con sal acompañadas de tortilla y salsa (IMER 2016).



Figura 5. Ejemplar de *Leptoglossus zonatus* que es una plaga del sorgo en Morelos. Foto: Luis Manuel Cervantes Peredo/Banco de imágenes CONABIO.

## Situación y estado de conservación

Hasta el momento no existen especies del orden Hemiptera enlistadas en la Norma Oficial Mexicana NOM-059 (SEMARNAT 2010). Pese a la importancia de los heterópteros, es uno de los grupos de insectos menos estudiados en cuanto a su riqueza e importancia con un enfoque de conservación. Por ello, su situación actual es desconocida.

La mayoría de los estudios que hay se centran en aquellas especies que tienen algún impacto en las actividades humanas (ya sea en la agricultura por ser plagas), como controles biológicos, en el sector salud como vectores de enfermedades o bien aquellos cuyos hábitos acuáticos o semiacuáticos son útiles como indicadores de la calidad de agua (Martin y Webb 2017).

Es indispensable realizar estudios faunísticos de este grupo en las regiones ecológicas que no se tienen registros para tener un inventario representativo del estado. Además, en esta revisión se observó que hay evidencias de registros de entre 20 y 40 años de antigüedad, por tanto, se debe enfocar esfuerzos por actualizar el conocimiento de la diversidad de este grupo.

Por su importancia ecosistémica, es indispensable generar programas de conservación de los heterópteros, principalmente de los hábitats naturales con el fin de fomentar una alta diversidad, así como un mayor esfuerzo en la investigación enfocada en especies con alto potencial como controladores biológicos o bioindicadores.

## Factores de presión

Sin duda, los factores de presión más importante para estos insectos al igual que para otros grupos son las actividades antropogénicas dirigidas al desarrollo socioeconómico, las cuales tienen un impacto directo e indirecto en su diversidad.

El cambio de uso y sobreexplotación del suelo, así como la fragmentación de los ecosistemas se consideran las principales causas de pérdida de biodiversidad en el estado, y están ligadas al crecimiento demográfico, la construcción de infraestructura y la expansión de las áreas agropecuarias y urbanas (Guerrero *et al.* 2015).

Estos factores generan una alteración en los hábitats, lo cual impacta de manera directa las poblaciones de diversas plantas y animales, entre ellos los heterópteros.

Al respecto, Morelos es el segundo estado con mayor deterioro y transformación de sus ecosistemas naturales, debido a que 80% de los suelos presentan diversos grados de erosión. En las últimas décadas se perdió más de 80% de la cubierta forestal, además de que anualmente se ven afectadas entre 3 mil y 4 mil hectáreas de bosques y selvas (Contreras-MacBeath *et al.* 2006). Otros factores de presión importantes son la presencia de especies invasoras y los incendios forestales (Contreras-MacBeath *et al.* 2006).

## Acciones de conservación

En 2002, Morelos fue uno de los primeros estados en abordar el tema de conservación y uso sustentable de la biodiversidad (Contreras-MacBeath *et al.* 2006). Aunque no se realizan actualmente acciones para la preservación de este grupo en particular, en los últimos años el estado junto con otras instancias federales, crearon diversas estrategias que de manera indirecta ayudan a la preservación de los heterópteros. Como ejemplo de ello, está el establecimiento de áreas naturales protegidas (Paz 2006), unidades de manejo para la conservación de la vida silvestre, ordenamientos ecológicos del territorio, entre otras.

Preservar la diversidad de los heterópteros brinda una mayor estabilidad de los ecosistemas, ya que asegura que se realicen las funciones clave antes mencionadas. En este sentido, además de la necesidad de realizar estudios faunísticos en las regiones del estado, se requiere de investigación que describa la historia natural y ecología de las especies de importancia económica, ambiental y cultural. Así como, sus interacciones ecológicas, la evaluación de riesgos de la extinción de especies (principalmente endémicas) y los posibles efectos por la actividad humana (Costas 2004). Todo esto ayudará a identificar el potencial de conservación de las especies en una región.

## Conclusiones y recomendaciones

A partir de esta revisión se concluye que el número de especies de heterópteros reportada en la literatura es sólo una parte muy pequeña de lo que potencialmente se podría encontrar en los contrastantes ecosistemas de la entidad.

Por tanto, se requiere de más estudios para aumentar el conocimiento de este grupo de insectos, iniciando con una muestra representativa de la composición de las especies del estado; y consecutivamente, para conocer su sensibilidad a las actividades humanas y su papel en las acciones de conservación y restauración ambiental.

Si se desea tener información más actualizada de la presencia y distribución de los heterópteros en el estado, se hace énfasis en la importancia de realizar más trabajos de colecta en campo en el estado en general, ya que, de los 33 municipios, desafortunadamente sólo dos (Cuautla y Yau-tepec) son los más estudiados.

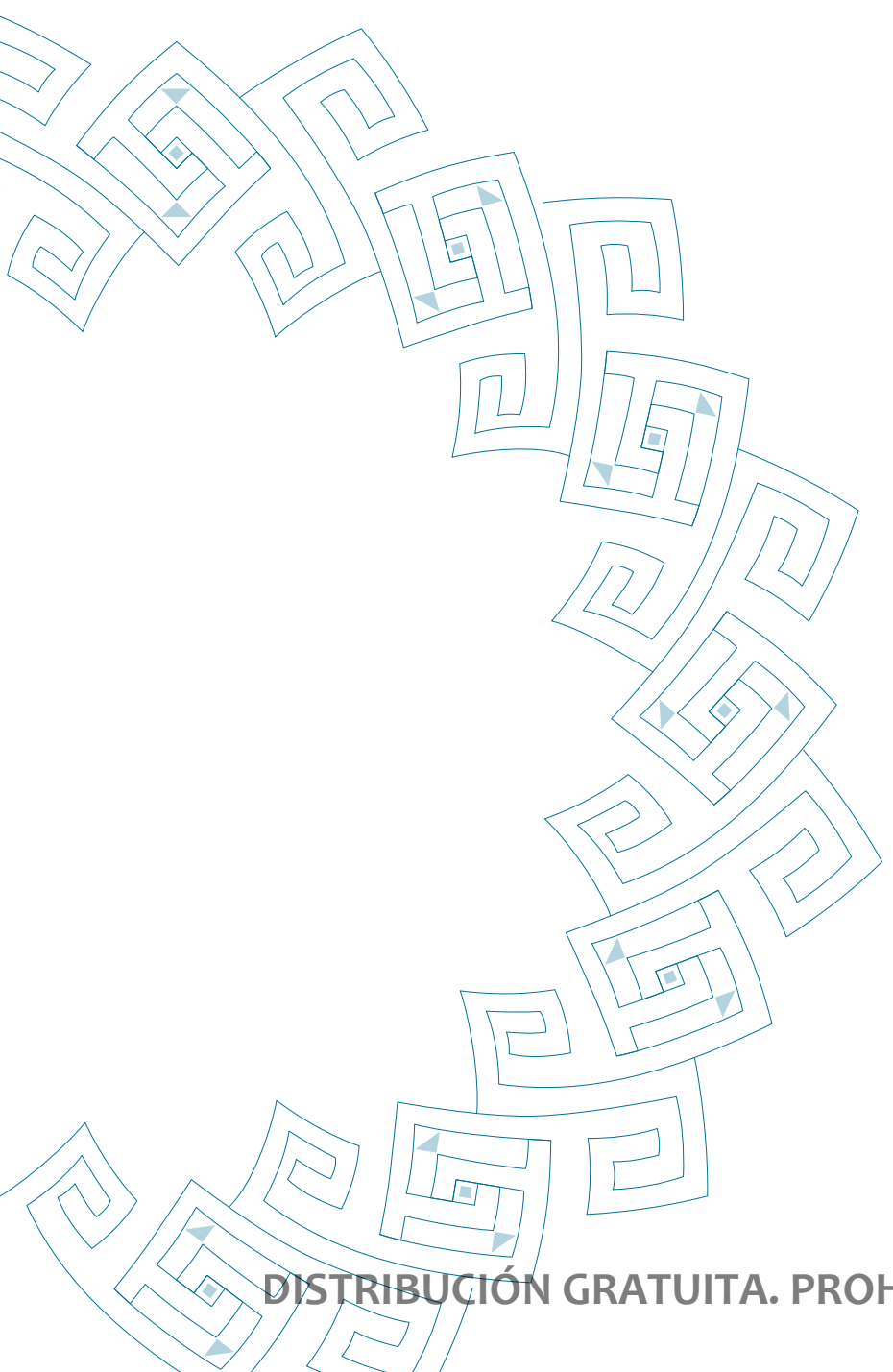
## Agradecimientos

Agradecemos a la CONABIO por la oportunidad de participar en esta obra para la difusión del conocimiento de los heterópteros, como un grupo muy importante de insectos en su papel ecológico y su influencia cultural en Morelos.

## Referencias

- Bautista, N.L., G.S. García de la Torre, I.H. Arteaga y P.M. Schettino. 1999. Importance of *Triatoma pallidipennis* (Hemiptera: Reduviidae) as a vector of *Trypanosoma cruzi* (Kinetoplastida: Trypanosomatidae) in the State of Morelos, México, and possible ecotopes. *Journal of Medical Entomologist* 36:233-235.
- Borror, D.J., C.A. Triplehorn y N.F. Johnson. 1992. *An introduction to study of insects*. Saunders College, Fort Worth.
- Brailovsky, A.H. 1976. Contribución al estudio de los Hemiptera: Heteroptera de México: x. Una nueva especie del género *Kleidocerys* Stephens (Lygaeidae: Ischnorhynchinae) y datos de la distribución geográfica de las especies mexicanas del género. *Anales del Instituto de Biología-UNAM. Serie Zoología* 47(2):43-48.
- . 1995. *Revisión del complejo Cebrenis (Hemiptera: Heteroptera: Coreidae: Coreinae: Coreini)*. Instituto de Biología-UNAM, México.
- Brailovsky, H. y C. Márquez. 1973. Notas sobre algunos hemipteros del Valle de Cuautla, Morelos. *Anales del Instituto de Biología-UNAM. Serie Zoología* 44:67-76.
- Brailovsky, H. y F. Soria. 1981. Contribución al estudio de los Hemiptera: Heteroptera de México: xviii. Revisión de la tribu Harmostini Stål (Rhopalidae) y descripción de una nueva especie. *Anales del Instituto de Biología-UNAM. Serie Zoología* 51:123-168.
- Brailovsky, H. y L. Cervantes. 2008. Two new species and distribution records of the genus *Acroleucus* in México (Hemiptera: Heteroptera: Lygaeidae: Lygaeinae). *Florida Entomologist* 91:49-54.
- Brambila, J. 2002. Heteroptera of economic importance. *Florida Entomologist* 85(2):400-401.
- Carreño, D. 2004. *Insectos al plato. Mural verde*. En: <<http://www.mural.com/aplicacioneslibre/articulo/default.aspx?id=346582&md5=6a27135b833894a9fde659673b618d88&ta=0dfdbac11765226904c16cb9ad1b2ef>>, última consulta: 29 de noviembre de 2017.
- Chapman, A.D. 2009. *Numbers of living species in Australia and the world*. Department of the Environment, Canberra.
- CONABIO. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2008. *Capital natural de México: conocimiento actual de la biodiversidad, vol. I*. CONABIO, México.
- Contreras-MacBeath, T., J.C. Boyás y F. Jaramillo. 2006. *La diversidad biológica en Morelos: estudio del estado*. CONABIO/UAEM, México.
- Costas, M. 2004. Estudio taxonómico y faunístico de los Lygaeidae Schilling, 1829 (Insecta:Heteroptera) del macizo central de la Sierra Gredos (Sistema Central). *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa* 36:333-345.
- Díaz, A.J.C. y C.A. Moreno. 2014. *Entomofagia: Insectos, íconos de la gastronomía mexicana*. Revista gastronómica digital, Universidad del Claustro de Sor Juana. En: <<http://elclauastro.edu.mx/claustronomia/index.php/investigacion/155-entomofagia-insectos-iconos-de-la-gastronomia-mexicana>>, última consulta: 27 de noviembre de 2017.
- Forero, D. 2008. The systematics of the Hemiptera. *Revista Colombiana de Entomología* 34:1-21.
- Froeschner, R.C. 2017. *Heteropteran*. *Enciclopedia Británica*. En: <<https://www.britannica.com/animal/heteropteran>>, última consulta: 23 de noviembre de 2017.
- Gillott, C. 2005. *Entomology*. Springer, Países Bajos.
- Goula, M. y L. Mata. 2015. Clase Insecta, Orden Hemiptera, Suborden Heteroptera. *Revista IDE@-SEA* 53:1-30.
- Guerrero, J., R. Cerros-Tlatilpa, E. Urzua y A. Rizo-Aguilar. 2015. Indicadores de biodiversidad en el estado de Morelos: situación actual. En: *Los indicadores ambientales como herramienta para la sustentabilidad. Estudio de caso en Morelos*. M.L. Ortiz-Hernández, E. Sánchez-Salinas, M.L. Castrejón-Godínez y M. Romero-Aguilar (comps.). UAEM, Cuernavaca, pp. 55-90.
- Gutiérrez Ochoa, M., M. Camino Lavin, F. Castrejón Ayala y A. Jiménez Pérez. 1993. Arthropods associated with *Bromelia hemisphaerica* (Bromeliales: Bromeliaceae) in Morelos, Mexico. *The Florida Entomologist* 76(4):616-621.
- Howell, V.D., Y. Doyen y A. Purcell. 1998. *Introduction to insects biology and diversity*. Oxford University Press, Reino Unido.
- IMER. Instituto Mexicano de la Radio. 2016. *De sabores y saberes, los jumiles (o chumiles) la tradición de comer insectos en los estados de Morelos y Guerrero*. En: <<http://www.imer.mx/rmi/de-sabores-y-saberes-los-jumiles-o-chumiles-la-tradicion-de>>

- comer-insectos-en-los-estados-de-morelos-y-guerrero/>, última consulta: 23 de noviembre de 2017.
- López, G., J. Gómez, J.F. Barrera *et al.* 2013. *Artrópodos asociados a higuera (Ricinus communis L.) en el sur de México. Folleto técnico No. 28.* SAGARPA/INIFAP/CIRPAS, México.
- Martin, J. y M. Webb. 2017. *Hemiptera...It's a Bug's Life. Natural History Museum.* En: <[http://www.nhm.ac.uk/resources-rx/files/26feat\\_its\\_a\\_bugs\\_life-3013.pdf](http://www.nhm.ac.uk/resources-rx/files/26feat_its_a_bugs_life-3013.pdf)>, última consulta: 26 de noviembre de 2017.
- Mayorga-Martínez, C.M. 2016. Una especie nueva de *Amnestus* (Hemiptera: Heteroptera: Cydnidae) de Morelos, México, con descripción de sus estados inmaduros. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 86:912-915.
- Morales-Castaño, T.I. y F. Molano-Rendón. 2009. Revisión de los géneros *Eurygerris* y *Tachygerris* (Hemiptera: Tachygerrini) para la región Neotropical. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 80:395-410.
- Morales-Morales J.C., E. Aguilar-Astudillo, J.C. Gómez-Castañeda *et al.* 2016. Coreidos (Hemiptera: Coreidae) de la colección entomológica de la Facultad de Ciencias Agronómicas, Villa Flores, Chiapas, México. *Entomología Mexicana* 3:814-819.
- Panizzi, R.A. y J. Grazia. 2015. *True Bugs (Heteroptera) of the Neotropics.* Springer, Nueva York.
- Paz, M.F. 2006. *Las áreas naturales protegidas del norte de Morelos: Parque Nacional Lagunas de Zempoala, Parque Nacional El Tepozteco, Corredor Biológico Chichinautzin.* Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias-UNAM, Morelos.
- Resh, H.V. y T.R. Cardé. 2003. *Encyclopedia of insects.* Academic Press-Elsevier Science, California.
- Rosas, C. y H. Brailovsky. 2016. Revisión del género *Largus* (Hemiptera: Heteroptera: Largidae) para México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 87:347-375.
- Schaefer, N.C. y A.R. Panizzi. 2000. *Heteroptera of economic importance.* CRC Press, Boca Ratón.
- Schuh, T.R. y A.J. Slater. 1995. *True bugs of the world (Hemiptera: Heteroptera), classification and natural history.* Cornell University, Nueva York.
- SEMARNAT. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. *Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010.* Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.
- ssm. Servicios de Salud de Morelos. 2017. *Enfermedad de Chagas.* En: <[www.ssm.gob.mx/portal/index.php/9\\_programas/12-chagas](http://www.ssm.gob.mx/portal/index.php/9_programas/12-chagas)>, última consulta: 23 de noviembre de 2017.
- Tepole-García, E.R. 2011. *Ciclo biológico y análisis de riesgo de Leptoglossus zonatus Dalias (Heteroptera: Coreidae) para el Sorgo en el estado de Morelos.* Tesis de maestría en manejo agroecológico de plagas y enfermedades. IPN, Morelos.
- Tepole-García, E.R., S. Pineda-Guillermo, J. Martínez-Herrera y V.R. Castrejón-Gómez. 2012. Records of two pest species, *Leptoglossus zonatus* (Heteroptera: Coreidae) and *Pachycoris klugii* (Heteroptera: Scutelleridae), feeding on the Physic Nut, *Jatropha curcas* in México. *Florida Entomologist* 95:208-210.
- Triplehorn, C.A. y N.F. Johnson. 2004. *Borror and DeLong's introduction to the study of insects.* Thomson Brooks/Cole, Belmont.
- Viesca-González, C.F. y A.T. Romero-Contreras. 2009. La entomofagia en México, algunos aspectos culturales. *El Periplo Sustentable* 16:57-83.
- Vivas, L. 2013a. Morfología externa de los heterópteros. *Revista de la Asociación Fotografía y Biodiversidad* 2:8-9.
- . 2013b. Biología de los heterópteros. *Revista de la Asociación Fotografía y Biodiversidad* 2:6-7.



**DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA**



# Trips (Thysanoptera)

Roberto Miguel Johansen Naime y Áurea Micaela Mojica Guzmán

## Introducción

Los trips son los insectos alados más pequeños (0.3-14 mm). Comúnmente son de color blanco, amarillo, castaño-amarillento o negro y se encuentran en todo tipo de vegetación (Johansen y Mojica-Guzmán 1996b). Muchas especies son depredadoras (Bailey 1951, 1952) y algunas otras, parasitoides (Johansen y Mojica-Guzmán 1996b). En general, tienen un ciclo de vida breve de alrededor de 30 días (Mound y Marullo 1996).

Usualmente, la cabeza es de forma cuadrangular con un par de ojos y antenas compuestas. Estas antenas se encuentran articuladas en la parte frontal de la cabeza, frente a los ojos compuestos (Stannard 1968).

Las patas se caracterizan por presentar un gran femur (ambulatorias). Las alas son membranosas muy angostas y se identifican por llevar un fleco marginal de pelos, de donde se deriva el nombre del orden (del griego *tysanos* que significa fleco y *pteron* que significa ala; Stannard 1968).

De acuerdo con Mound y Marullo (1996), en este grupo biológico existen especies con alas completamente desarrolladas (macrópteros), otros con alas reducidas (braquípteros y micrópteros) o desprovistos de ellas (ápteros). El abdomen es alargado, compuesto por 10 segmentos bien desarrollados.

El orden se divide en dos subórdenes: 1) Terebrantia, cuyo nombre se deriva de la presencia de un ovipositor (estructura femenina para depositar los huevecillos) en forma de sierra en las hembras; y 2) Tubulifera donde los adultos (machos y hembras) presentan el último segmento abdominal en forma de tubo (Stannard 1957).

## Diversidad y distribución

A nivel mundial, se considera que hay aproximadamente 6 mil especies del orden Thysanoptera (Jacot-Guillarmod 1970, 1971, 1974, 1975, 1978, 1979, Mound y Marullo 1996). En México se distribuyen 700, de las cuales 87 (85 identificadas) se encuentran registradas en Morelos (apéndice 34). Así pues, las especies en la entidad representan 12.4% de las que se pueden encontrar a nivel nacional, mientras que a nivel mundial las especies morelenses representan sólo 1.4%.

Se hizo el estudio de actualización taxonómica de 87 especies y subespecies pertenecientes a 35 géneros de tisanópteros habitantes en el estado (22 del suborden Terebrantia y 13 de Tubulifera; Moulton 1929, Priesner 1933, Wilson y Watson 1939, Hood 1940, Johansen 1982a, b, 1986, 1987, 1989, 1998, 2000, 2002, Johansen y Montes de Oca 1989, Johansen y Mojica-Guzmán 1993, 1996a, b, 2011, Turcios *et al.* 2015, Aguilar *et al.* 2017).

La mayoría de los ejemplares de tisanópteros contabilizados en el presente estudio, proceden de la colección de Thysanoptera en la Colección Nacional de Insectos del Departamento de Zoología, Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México. Sin embargo, en otros casos se obtuvieron de colecciones extranjeras, como las del United States National Museum Beltsville, Maryland; California Academy of Sciences, San Francisco California; Florida State Arthropod Collection, Department of Agriculture, Gainesville, Florida, y Senckenberg Forschungsinstitut, Frankfurt. Las microfotografías fueron hechas con un equipo especial de microscopía digitalizada.

Con base en la información analizada se tiene que los géneros con mayor diversidad son (apéndice 34): *Frankliniella* (27 especies; Karny 1910), *Neohydatothrips* (5), *Apterygothrips* (4; Johansen y Mojica-Guzmán 1993), *Elaphrothrips* (4; Johansen 1982b), y *Liothrips* (3; Stannard 1968).

Los tisanópteros se distribuyen en todas las regiones fisiográficas de México, desde el nivel del mar hasta los 4 200 msnm. En el caso de las especies que se distribuyen en el estado, se determinó que de las regiones ecológicas que se ubican en el Eje Neovolcánico Transversal, el mayor índice de diversidad lo tienen Sierra del Chichinautzin (50 especies), el Valle de Cuauhnahuac (37), Lomas del Norte (14), Sierras de Centrales (5) y Volcán Popocatepetl (5; cuadro 1).

Por su parte, de entre las regiones ecológicas localizadas en la Sierra Madre del Sur, el mayor índice de diversidad lo tiene El Valle Agrícola Central (25), seguida por la Sierra de Huautla (7; cuadro 1). Cabe mencionar, que para este grupo biológico no se conocen endemismos a nivel nacional.

## Importancia

Entre los trips existen varias especies que son plagas importantes en la agricultura y por lo tanto afectan la economía. Esto se debe a los hábitos alimentarios (p.e. fitófagos foliares y florales) de la mayoría de las especies, las cuales aprovechan los tejidos vivos de las plantas mediante la penetración con sus partes bucales picadoras para absorber la savia (o los tejidos absorbibles, en el caso de los depredadores y parasitoides; Sakimura 1969, 1981 Johansen y Mojica-Guzmán 1996b).

Hay 12 especies depredadoras, que son de interés en el control biológico natural (cuadro 2; Johansen y Mojica-Guzmán 1996a, Retana-Salazar 2015). Siete de estas especies pertenecen al suborden Terebrantia (figuras 1 y 2) y cinco al suborden Tubulífera (cuadro 2; Mound y Marullo 1996). Por otro lado, existen registros para 15 especies de interés agrícola pertenecientes al suborden Terebrantia (figura 3, cuadro 2; Crawford 1909, 1910, Sakimura 1972); así como cuatro de interés forestal que pertenecen al suborden Tubulífera (cuadro 2; Moulton 1929, Rivnay 1947, Ananthakrishnan y Muraleedharan 1974, Mound y Marullo 1996).

## Situación y acciones de conservación

Hasta la fecha, no se ha publicado información al respecto de la situación y el estado de conservación de especies o poblaciones de tisanópteros en el territorio morelense. Por tal motivo, en este estudio no es posible adentrarse en tales temas de manera concreta, pero se puede establecer de manera general que la principal acción de conservación sería el cuidado efectivo de las áreas naturales protegidas.

## Factores de presión

Las acciones humanas por cambio de uso del suelo pueden ocasionar la desaparición de los tisanópteros, sobre todo si se considera su tamaño diminuto, pero también los incendios inducidos y aplicación de agroquímicos pueden tener un efecto negativo. De acuerdo con la experiencia en el trabajo de campo de los autores, el tamaño diminuto de los trips los hace muy vulnerables, por la destrucción de su micro y macrohabitat por fuego, desmontes y lluvias intensas.

## Conclusiones

Este estudio muestra por primera vez una visión integrada de la información disponible para el orden Thysanoptera en Morelos, y la cual es susceptible de ampliarse en el futuro, por medio de la realización de más muestreos. Tal acción permitirá tener un mayor conocimiento de la riqueza y distribución de los tisanópteros, que ayudará a regular las poblaciones de importancia económica.

## Agradecimientos

Los autores deseamos expresar nuestro agradecimiento a todas las personas e instituciones como sigue. De los Estados Unidos de América: 1) al Dr. Penny y Dr. Lee, por el préstamo de ejemplares de la Colección Dudley Moulton de la Academia de Ciencias de California (CAS), San Francisco, California; 2) al Dr. Nakahara, por el préstamo de ejemplares Tipo de *Teuchothrips* Hood de United States National Museum/United States Department of Agriculture, Beltsville, Maryland. De Morelos: 1) a Ing. Miranda, Ing. Rodríguez, Ing. Ceballos, Ing. García,

**Cuadro1.** Distribución geográfica de los trips en Morelos.

Especies	Regiones ecológicas						
	Sierra del Chichinautzin	Valle de Cuauhnáhuac	Lomas del Norte	Sierras Centrales	Popocatépetl	Valle Agrícola Central	Sierra de Huautla
<i>Aeolothrips major</i>	•	•					
<i>Erythrothrips durango</i>	•					•	
<i>Franklinothrips orizabensis</i>	•						
<i>F. vespiformis</i>						•	
<i>Stomatothrips brunneus</i>		•					
<i>Heterothrips anodae</i>			•	•		•	
<i>H. cuernavaca</i>	•	•	•		•		
<i>Scutothrips</i> sp. nov.							•
<i>Bregmatothrips venustus</i>				•			
<i>Chirothrips falsus</i>			•				
<i>C. orizaba</i>	•		•				
<i>Neohydatothrips burungae</i>		•					
<i>N. gracilipes</i>							•
<i>N. signifier</i>						•	•
<i>N. tibialis</i>	•					•	
<i>Scirtothrips albus</i>	•						
<i>S. musciaffinis</i>	•						
<i>Leucothrips furcatus</i>						•	
<i>Heliothrips haemorroidalis</i>						•	
<i>Neohydatothrips williamsi</i>							•
<i>Oxythrips ferroaureus</i>	•						
<i>Bravothrips kraussi</i>			•				
<i>Chaetisothrips mecocephalus</i>	•		•				
<i>Echinothrips mexicanus</i>		•					
<i>Exophthalmothrips chiapensis</i>	•	•	•				
<i>E. fulvipennis</i>	•	•					
<i>Frankliniella asclepiacuriosa</i>		•					
<i>F. bispinosa</i>	•	•					
<i>F. borinquen</i>	•	•				•	
<i>F. bruneri</i>		•				•	
<i>F. brunnea</i>							•
<i>F. cephalica</i>	•	•				•	
<i>F. cubensis</i>						•	
<i>F. curiosa</i>	•	•				•	
<i>F. curticornis</i>	•	•				•	
<i>F. desertileonidum</i>	•		•				
<i>F. difficilis</i>		•					
<i>F. dubiadesertileonidum</i>	•						
<i>F. fallaciosa</i>	•				•		
<i>F. fallaciosa</i> f. <i>parvifossis</i>	•						
<i>F. grandecuriosa</i>		•					
<i>F. insularis</i>	•	•	•			•	
<i>F. invasor</i>						•	
<i>F. lopezochoterenai</i>	•						

**Cuadro1.** Continuación.

Especies	Regiones ecológicas						
	Sierra del Chichinautzin	Valle de Cuauhnáhuac	Lomas del Norte	Sierras Centrales	Popocatepetl	Valle Agrícola Central	Sierra de Huautla
<i>F. minuta</i>	•	•	•		•	•	
<i>F. molesta</i>		•					
<i>F. occidentalis</i>	•						
<i>F. pallidatagetes</i>	•						
<i>F. rostrata</i>	•	•			•		
<i>F. simplex</i>	•		•		•	•	
<i>F. bispinosa</i>	•	•	•			•	
<i>F. tritici</i>		•					
<i>F. williamsi</i>		•					
<i>Microcephalothrips abdominalis</i>		•					
<i>Scolothrips pallidus</i>						•	
<i>S. sexmaculatus</i>	•	•				•	
<i>Thrips simplex</i>		•					
<i>T. tabaci</i>				•		•	
<i>Hercinothrips femoralis</i>						•	
<i>Apterygothrips bicolor</i>	•						
<i>A. neovulcaniensis</i>	•						
<i>A. okajimai</i>			•				
<i>A. perplexus</i>	•						
<i>Haplothrips gowdeyi</i>		•				•	
<i>Karnyothrips politus</i>	•						
<i>K. tepoztlanensis</i>	•	•					
<i>Leptothrips mcconnelli</i>	•						
<i>Leptothrips primigenus</i>	•					•	
<i>L. vulcaniensis</i>	•						
<i>Hoplandrothrips jennei</i>		•					
<i>H. raptor</i>		•					
<i>Orthothrips tepoztlanensis</i>	•						
<i>Gynaikothrips ficorum</i>		•		•		•	
<i>Lissothrips tepoztlanensis</i>	•						
<i>Liophloeothrips mexicanus</i>		•				•	
<i>Liothrips macgregori</i>	•						
<i>L. mexicanus</i>	•						
<i>L. querci</i>	•						
<i>Trybomia elongata</i>	•						
<i>T. intermedia</i>		•					
<i>Gastrothrips fulviceps</i>	•		•				
<i>G. terrestris</i>	•						
<i>G. timidus</i>		•					
<i>Elaphrothrips morelensis</i>	•	•		•			•
<i>E. shultzei</i>	•	•					
<i>E. tepoztlanensis</i>	•						
<i>E. villai</i>	•	•					•

Fuente: elaboración propia.



**Figura 1.** Ejemplar de *Aeolothrips major*, especie depredadora que puede servir en el control biológico y que pertenece al suborden Terebrantia. Foto: Roberto Johansen-Naime.



**Figura 2.** Ejemplar de *Frankliniothrips vespiformis*, especie depredadora perteneciente al suborden Terebrantia. Foto: Roberto Johansen-Naime.

**Cuadro 2.** Trips de Morelos clasificados por sus tipos de hábitos alimentarios, de importancia económica y agrícola.

Suborden	Especie
Especies depredadoras	
Terebrantia	<i>Aeolothrips major</i>
	<i>Frankliniothrips vespiformis</i>
	<i>F. orizabensis</i>
	<i>Erythrothrips durango</i>
	<i>Stomatothrips brunneus</i>
	<i>Scolothrips pallidus</i>
Tubulifera	<i>S. sexmaculatus</i>
	<i>Leptothrips mcconnelli</i>
	<i>L. primigenus</i>
	<i>L. vulcaniensis</i>
	<i>Trybomia elongata</i>
	<i>T. intermedia</i>
Especies de importancia forestal	
Tubulifera	<i>Gynaikothrips ficorum</i>
	<i>Liophloeothrips mexicanus</i>
	<i>Liothrips querci</i>
	<i>L. mexicanus</i>

Suborden	Especie
Especies de importancia agrícola	
Terebrantia	<i>Frankliniella cephalica</i>
	<i>F. diffclis</i>
	<i>F. invasor</i>
	<i>F. minuta</i>
	<i>F. occidentalis</i>
	<i>F. fallaciosa</i>
	<i>F. insularis</i>
	<i>F. tritici</i>
	<i>Leucothrips furcatus</i>
	<i>Thrips simplex</i>
	<i>T. tabaco</i>
	<i>Neohydatothrips burungae</i>
	<i>N. signifer</i>
	<i>Heliothrips haemorrhoidalis</i>
	<i>Hercinothrips femoralis</i>

Fuente: elaboración propia.



Figura 3. Ejemplar de *Leucothrips furcatus*, perteneciente al suborden Terebrantia, y con interés agrícola. Foto: Roberto Johansen-Naime.

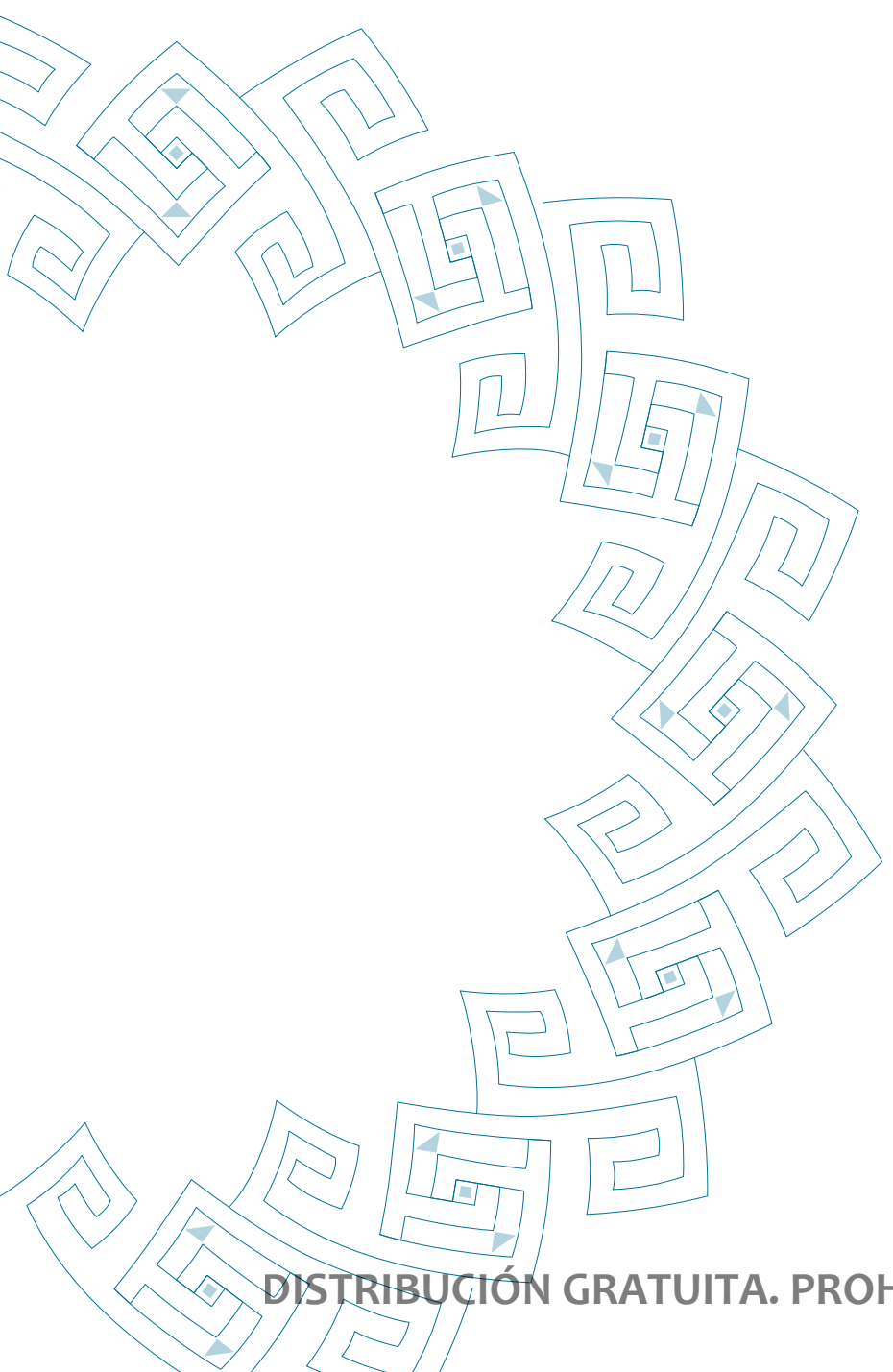
Ing. Santarrigo, Ing. Aurubio Vargas, Ing. Torres, Ing. Salazar, Ing. Gutiérrez, Ing. Ocampo e Ing. Pedroza del INIFAP, Campo Experimental Zacatepec, Zacatepec; 2) al Biól. Evangelista y Biól. Gutiérrez del CIDIR-IPN, Yauatepec; 3) a la Dra. Trejo, Ing. Contreras de la UAEM, Cuernavaca; 4) al: Dr. Pérez Panduro del Programa de Entomología y Acarología de Ciencias Agrícolas-COLPOS Campus Montecillo, Texcoco. De la Ciudad de México al: 1) Dr. Palacios Vargas y Biól. Riverón de la Facultad de Ciencias-UNAM; 2) al M.C. Sampedro Rosas, M.C. Montes de Oca Nava, Dr. Neri García-Aldrete, M.C. López Forment-Conrad, M.C. Butze López-Aguado, M.C. Barrera Vargas, Dr. Brailowsky Alperowitz, Sr. Ibarra Vázquez, Biól. Mario García, Dr. Márquez Mayaudón, Dr. Medellín y Dr. Rommel Beutelspacher-Baigts del Instituto de Biología-UNAM.

## Referencias

Aguilar, C.C., A. González, A. Pérez *et al.* 2017. Combate químico de *Thrips tabaci* (Thysanoptera: Thripidae) en el cultivo de cebolla, en Morelos, México. *Acta Zoológica Mexicana* 33(1):39-44.

- Ananthakrishnan, T.N. y N. Muraleedharan. 1974. Studies on the *Gynaikothrips-Liophloeothrips-Liothrips* Complex from India. *Oriental Insects* 4:1-85.
- Bailey, S.F. 1951. The genus *Aeolothrips* Haliday in North America (Thysanoptera: Aeolothripidae). *Hilgardia* 21(2):43-80.
- . 1952. A review of the genus *Stomatothrips* Hood (Thysanoptera: Aeolothripidae). *The Pan-Pacific Entomologist* 28(3):154-162.
- Crawford, D.L. 1909. Some Thysanoptera of Mexico and the South. I. *Pomona College Journal of Entomology* 1(4):109-119.
- . 1910. Thysanoptera of Mexico and the South. II. *Pomona College Journal of Entomology* 1(45):153-170.
- Hood, J.D. 1940. A new *Teuchothrips* (Thysanoptera) from Mexico. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas* 1(3-4):507-513.
- Jacot-Guillarmod, C.F. 1970. Catalogue of the Thysanoptera of the world (part 1). *Annals of the Cape Provincial Museums. Natural History* 7(1):1-216.
- . 1971. Catalogue of the Thysanoptera of the world (part 2). *Annals of the Cape Provincial Museums. Natural History* 7(2):217-515.
- . 1974. Catalogue of the Thysanoptera of the world (part 3). *Annals of the Cape Provincial Museums. Natural History* 7(3):517-976.
- . 1975. Catalogue of the Thysanoptera of the world (part 4). *Annals of the Cape Provincial Museums. Natural History* 7(4):977-1235.
- . 1978. Catalogue of the Thysanoptera of the world (part 5). *Annals of the Cape Provincial Museums. Natural History* 7(5):1257-1556.
- . 1979. Catalogue of the Thysanoptera of the world (part 6). *Annals of the Cape Provincial Museums. Natural History* 7(6):1537-1724.
- Johansen, R.M. 1982a. Nuevos thrips tubulíferos (Insecta: Thysanoptera), de México XI. *Anales del Instituto de Biología-UNAM. Serie Zoología* 53(1):55-89.
- . 1982b. El género *Elaphrothrips* Buffa, 1909 (Thysanoptera: Phlaeothripidae) en el continente americano: su sistemática, evolución, biogeografía, ecología y biología. *Monografías del Instituto de Biología-UNAM* 1:1-267.
- . 1986. Nuevos conceptos taxonómicos y filogenéticos del género *Elaphrothrips* Buffa, 1909 (Thysanoptera; Phlaeothripidae) del continente Americano y descripción de dos especies nuevas. *Anales del Instituto de Biología-UNAM. Serie Zoología* 56(3):745-868.
- . 1987. El género *Leptothrips* Hood, 1909 (Thysanoptera: Phlaeothripidae) en el continente americano: su sistemática, filogenia, biogeografía, biología, conducta y ecología. *Monografías del Instituto de Biología-UNAM* 3:1-246.
- . 1989. Estado actual del conocimiento acerca del Género *Heterothrips* Hood, 1908 (Insecta, Thysanoptera: Heterothripidae) en México y, descripción de tres especies nuevas. *Anales del Instituto de Biología-UNAM. Serie Zoología* 60(3):321-340.

- . 1998. The Mexican (*Frankliniella desertionidum*) Watson species assemblage, in the "Intonsa group" (Insecta, Thysanoptera: Thripidae). *Acta Zoológica Mexicana* 75:143-161.
- . 2000. The Mexican (*Frankliniella paricutinensis*) sp. nov. species assemblage, in the "Intonsa Group" (Insecta, Thysanoptera: Thripidae). *Acta Zoológica Mexicana* 80:1-49.
- . 2002. The Mexican (*Frankliniella fusca*) (Hinds), (*F. pallida*) (Uzel) and (*F. schultzei*) (Trybom) species assemblages, in the "Intonsa Group" (Insecta, Thysanoptera: Thripidae). *Acta Zoológica Mexicana* 85:51-82.
- Johansen, R.M. y A. Mojica-Guzmán. 1993. The New World species of *Apterygothrips* Priesner (Insecta, Thysanoptera: Phlaeothripidae, Haplothripini. *Redia* 76(2):241-261.
- . 1996a. Thysanoptera. En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento*. Vol. I. J. Llorente-Bousquets, A. García-Aldrete y E. González-Soriano (eds.). Instituto de Biología-UNAM, México, pp.245-273.
- . 1996b. Reconsideración del concepto de depredador y parasitoide en tisanópteros mexicanos (Insecta) de interés en control biológico natural. *Folia Entomológica Mexicana* 97:21-38.
- . 2011. Trips (Insecta: Thysanoptera). En: *La biodiversidad en Veracruz: Estudio de Estado*. Vol. II. A. Cruz-Angón y V. Hernández-Ortiz (eds.). CONABIO/Gobierno del Estado de Veracruz/UV/INECOL, México, pp. 307-318.
- Johansen, R.M. y M.A. Montes de Oca. 1989. Nuevos thrips tubulíferos (Insecta: Thysanoptera) de México. xiv. *Anales del Instituto de Biología-UNAM. Serie Zoología* 60(3):341-358.
- Karny, H. 1910. Neue thysanopteren der Wiener Gegend. *Mitteilungen des Naturwissenschaftlichen Vereines an der Universität Wien* 8(2):41-57.
- Moulton, D. 1929. New mexican Thysanoptera. *The Pan-Pacific Entomologist* 6(1):11-20.
- Mound, L.A. y R. Marullo. 1996. *The thrips of Central and South America: an introduction*. Associated Publishers, Florida.
- Priesner, H. 1933. Neue Thysanopteren aus Mexiko, gesammelt von Prof. Dr. A. Dampf. *Wiener Entomologische Zeitung* 50(1):49-63.
- Retana-Salazar, A.P. 2015. El género *Trybomia* en América Central (Insecta: Thysanoptera). *Revista gaditana de Entomología* 6(1):31-44.
- Rivnay, E. 1947. Biology of (*Gynaikothrips ficorum*) Marsch in Palestine. *Bulletin de la Societe Fouad 1er d'Entomologi* 21:129-140.
- Sakimura, K. 1969. New species and subspecies of the genus *Chaetothrips* from the Caribbean and Central American Region (Thysanoptera Thripidae). *Florida Entomologist* 52(3):123-135.
- . 1972. *Frankliniella invasor*, new species, and notes on *F. gardenia* and the *Frankliniella* spp. in Hawaii (Thysanoptera: Thripidae). *Proceedings, Hawaiian Entomological Society* 21(2):263-270.
- . 1981. A review of *Frankliniella brunneri* Watson and description of *F. kelliiae*, n. sp. (Thysanoptera: Thripidae). *Florida Entomologist* 64(4):483-490.
- Stannard, L.J. 1957. The Phylogeny and Classification of the North American genera of the Suborder Tubulifera (Thysanoptera). *Illinois Biological Monographs* 25:1-200.
- . 1968. The thrips, or Thysanoptera, of Illinois. *Bulletin of the Illinois Natural History Survey* 29:213-552.
- Turcios, P.L.A., N. Bautista, R. Johansen-Naime et al. 2015. Population fluctuations of thrips (Thysanoptera) and their relationship to the phenology of vegetable crops in the central region of Mexico. *Florida Entomologist* 98(2):430-438.
- Wilson, J.W. y J.R. Watson. 1939. Two new Thysanoptera from Mexico. *Florida Entomologist* 22(2):17-20.



**DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA**



# Crisopas, moscas serpiente y moscas escorpión (Neuroptera, Raphidioptera y Mecoptera)

Yesenia Marquez López, Rodolfo Jonathan Cancino López, Roberto López García, Mariza Araceli Sarmiento Cordero y Atilano Contreras Ramos

## Introducción

Neuroptera, Raphidioptera y Mecoptera pertenecen al grupo más exitoso de los insectos: Holometabola (insectos con metamorfosis completa), que incluye a grupos megadiversos como Coleoptera (escarabajos), Hymenoptera (avispas, abejas y hormigas) y Diptera (moscas; Misof *et al.* 2014). No obstante, se trata de órdenes con una fauna mundial moderada (Neuroptera, alrededor de 6 mil especies) a baja (Raphidioptera, aproximadamente de 260; Mecoptera, cerca de 650), no por eso de menor importancia ecológica y evolutiva.

Neuroptera y Raphidioptera pertenecen a un grupo natural (originado a partir de un solo ancestro) antiguo originado hace unos 276 y 260 millones de años (Pérmico medio a tardío). Mecoptera es el grupo hermano de Siphonaptera (pulgas; Misof *et al.* 2014), se originó hace unos 165 millones de años (Jurásico tardío; Misof *et al.* 2014).

Hasta ahora, ninguno de los tres grupos ha sido estudiado a fondo en México, por lo cual su biodiversidad, incluida la de Morelos, con seguridad aguarda registros y especies nuevas para la ciencia.

## Neuroptera

Su nombre deriva del griego *neuron*, nervio o nervadura, y *pteron*, ala, en alusión a la densa venación alar que poseen, que les ha valido el nombre común alas de encaje o *lacewings* en los países de habla inglesa (Oswald *et al.* 2002). Generalmente, sus alas son anchas, transparentes y membranosas, con frecuencia pardas o con patrones de color oscuro.

En sus estados larval y adulto son depredadores generalistas de insectos y otros artrópodos. Las larvas son

voraces y robustas con grandes mandíbulas en forma de hoz (Henry *et al.* 1992, Monserrat *et al.* 2012), modificadas para formar un tubo succionador de los fluidos de sus presas, por lo cual pueden ser buenos controladores de distintas plagas (Tauber *et al.* 2009). La familia Chrysopidae (crisopas verdes o *green lacewings*) son neuropteros comunes que con frecuencia llegan a la luz en las casas (figura 1).

Tienen ojos de color dorado o metálico, alas ovoides y cuerpo generalmente verde (New 1989, González-Olazo y Reguilón 2008, Tauber *et al.* 2009, Monserrat 2016). La familia Hemerobiidae (crisopas marrón o *brown lacewings*) son semejantes a las crisopas verdes, pero son de color pardo (Oswald *et al.* 2002, Triplehorn y Johnson 2004, Tauber *et al.* 2009).



Figura 1. Ejemplar de Neuroptera perteneciente a la familia Chrysopidae (*Meleoma* sp.). Foto: Valeria Cuellar.

Marquez-López, Y., R.J. Cancino-López, R. López-García, M.A. Sarmiento-Cordero y A. Contreras-Ramos. 2020. Crisopas, moscas serpiente y moscas escorpión (Neuroptera, Raphidioptera y Mecoptera). En: *La biodiversidad en Morelos. Estudio de Estado 2*. Vol. II. CONABIO, México, pp. 153-161.

La familia más diversa del orden es Myrmeleontidae (figura 2), las hormigas león o *antlions* (por los hábitos voraces de sus larvas al depredar otros insectos). Los adultos semejan libélulas (orden Odonata), pero sus antenas son más largas y se ensanchan hacia el final (Banks 1927), mientras que en las libélulas son delgadas y cortas (antenas setáceas). Las larvas son notorias por hacer trampas en la arena en forma de cono y esperar a sus presas en el fondo (Lucas 1989, New 1989, Botz *et al.* 2003, Chapman 2013).

La familia Mantispidae (mantíspidos o *mantidflies*) presentan un protórax (primer segmento torácico) alargado y el primer par de patas modificado de manera raptora (figura 3), muy similares a las mantis (orden Mantodea; New 1989, Oswald *et al.* 2002). Su color es generalmente pardo y asemeja a su entorno o puede ser similar al de una avispa (Montserrat 2014).

Otros neurópteros, aunque pueden ser conspicuos (como Myrmeleontidae, figura 4), pequeños y de importancia para el control de plagas (como Coniopterygidae), o raros y de distribución restringida (como Ithonidae, figura 5), son menos conocidos por el público no especializado.

### Raphidioptera

Su nombre deriva del griego *raphio*, aguja y *pteron*, ala, en alusión al largo y delgado tubo ovipositor de las hembras

(figura 6), con el cual ponen huevos en la corteza de árboles o troncos, dado que las larvas son cortícolas (que se desarrollan en la corteza).

Se conocen como moscas serpiente o *snakeflies* (aunque no tienen ninguna glándula de veneno); o como moscas jirafa, por la curiosa forma en que proyectan la cabeza hacia delante (Aspöck 2002). El cuerpo tiene un aspecto característico por su cabeza aplanada y el protórax alargado (Contreras-Ramos y Rosas 2014). Son pequeños, de 5 a 20 mm de envergadura alar. Las alas son transparentes, con un pterostigma (celdilla en el borde anterior de las alas, la cual a menudo está densamente coloreada, lo que la hace resaltar de las demás celdillas) marcado y venación densa en red (figura 6; Aspöck *et al.* 1991, Haring *et al.* 2011).

### Mecoptera

Su nombre deriva del griego *mekos*, largo y *pteron*, ala, en alusión a la forma alargada de sus alas, que coincide con las partes bucales alargadas de los adultos, las cuales conforman un rostro o pico. Se conocen como moscas colgantes (*hanging flies*) o moscas escorpión (*scorpion flies*), dado que algunas especies (familia Bittacidae) se cuelgan de ramas y atrapan presas con las patas traseras prensiles (figura 7a), o por tener la parte terminal del abdomen de los machos similar a la de un escorpión (familia Panorpidae, figura 7b), sin presentar ninguna



**Figura 2.** Vista general de un ejemplar de la familia Myrmeleontidae (*Myrmeleon* sp.), se aprecia la semejanza que tienen los adultos de este orden con las libélulas. Foto: Valeria Cuellar.



**Figura 3.** Ejemplar de la familia Mantispidae (*Climaciella* sp.), la forma del primer par de patas es parecida a las de las mantis. Foto: Valeria Cuellar.



**Figura 4.** Individuo de la subfamilia Ascalaphinae (*Ululodes* sp.). Foto: Valeria Cuellar.



**Figura 5.** Ejemplar de la familia Ithonidae (*Polystoechotes* sp.), en el que se aprecia una densa venación de las alas característica de este orden de insectos. Foto: Valeria Cuellar.



**Figura 6.** Ejemplar de la familia Raphidiidae (*Alena* sp.). Foto: Valeria Cuellar.



**Figura 7.** Ejemplares de Mecoptera pertenecientes a las familias: a) Bittacidae (*Bittacus* sp.), las patas traseras prensiles le sirven para atrapar a sus presas y b) Panorpidae (*Panorpa* sp.), en el que se observa la forma del abdomen, semejante superficialmente a la de los escorpiones. Fotos: Valeria Cuellar.

glándula de veneno (Byers y Thornhill 1983, Triplehorn y Johnson 2004, Beutel *et al.* 2014).

La mayoría de las especies son terrestres, y sólo pocas con distribución gondwánica (presentes en masas continentales del hemisferio sur como Sudamérica, África y Australia, que formaron un supercontinente) tienen larvas acuáticas (Contreras-Ramos *et al.* 2014).

## Diversidad y distribución

### Neuroptera

Como se indicó anteriormente, Neuroptera es el orden más diverso y se les encuentra en una gran variedad de hábitats, desde bosques tropicales, zonas desérticas, bosques templados, pastizales y en zonas urbanas (Oswald *et al.* 2002).

Son un grupo cosmopolita con familias que tienen diversos requerimientos ambientales, como Chrysopidae que puede estar en zonas tropicales o templadas. En Morelos existen registros en las Sierras de Occidente (Sierra Madre del Sur), aunque también hay registros en el Valle Agrícola Ayala-Yautepec, que pueden indicar un muestreo dirigido a agroecosistemas, por la amplia distribución de la familia (Contreras-Ramos y Rosas 2014).

Es aventurado proponer patrones de distribución en el estado, más allá de generalidades como una preferencia de Chrysopidae por climas tropicales, Hemerobiidae por ambientes templados y de Myrmeleontidae por áreas semiáridas. Por lo poco estudiado del grupo, los registros deben considerarse que reflejan sitios de estudio, más que patrones geográficos de distribución (apéndice 35).

En México hay registros de 10 familias con un total de 79 géneros y 350 especies (modificado de Contreras-Ramos y Rosas 2014), mientras que en Morelos se han registrado ocho familias, 37 géneros y 74 especies, lo cual representa 21% de la fauna conocida en el país para este grupo (cuadro 1). El mayor número de especies en Morelos se registran en las zonas ecológicas: Sierra del Chichinautzin, Sierras de Occidente y Sierra de Huautla. Pero para la mayoría de las zonas se tienen entre tres registros o ninguno, de manera que el estudio de los neurópteros es escaso en gran parte del estado.

En Morelos, la familia Chrysopidae tiene la riqueza más alta registrada (23 especies), seguida por Myrmeleontidae (16), Mantispidae (11), Coniopterygidae (11) y Hemerobiidae (10). Las dos familias más diversas en México, Myrmeleontidae y Chrysopidae, tienen los números más altos de especies endémicas en México

**Cuadro 1.** Diversidad de Neuroptera registradas en Morelos.

Familia	Especies a nivel mundial	Especies en Mexico/ % fauna mundial	Especies endémicas para México	Especies en Morelos
Coniopterygidae	560	49/8.8	7	11
Ithonidae	21	2/9.5	1	1
Dilaridae	70	1/1.4		1
Berothidae	110	3/2.7		1
Mantispidae	300	2/8.3	9	11
Hemerobiidae	612	49/8.0	5	10
Chrysopidae	1 361	96/7.1	24	23
Ascalaphinae <sup>1</sup>	430	21/6.3	1	5
Myrmeleontidae	2 000	104/6.0	23	11
<b>Totales</b>	<b>5 464</b>	<b>35 /57.9</b>	<b>70</b>	<b>74</b>

<sup>1</sup>Subfamilia de Myrmeleontidae (Machado et al. 2019). Fuente: elaboración propia con datos de Navás 1934, Stange 1970, 2008, Meinander 1972, Stange y Miller 1990, Faulkner 1992, Monserrat 1996, 1997, 2008, Oswald 1998, 2016, Hoffman 2002, Oswald et al. 2002, Penny 2002, Ohl 2004, Valencia-Luna et al. 2006, Reynoso-Velasco y Contreras-Ramos 2008, Winterton et al. 2010, Contreras-Ramos y Rosas 2014, Bowles et al. 2015, Cancino-López et al. 2015, Sarmiento-Cordero 2015, López-García 2016, Cancino-López 2017.

(24 para cada una), seguida de las familias Coniopterygidae y Mantispidae (7 y 9, respectivamente); de este grupo parece improbable que haya especies endémicas para el estado (cuadro 1).

### Raphidioptera

Es un orden pequeño, con cerca de 260 especies en dos familias, Raphidiidae e Inocellidae, ambas representadas en México con cuatro géneros, 11 y tres especies, respectivamente, lo cual equivale a 5.4% de la fauna mundial para el grupo (Contreras-Ramos y Rosas 2014, Oswald 2016). De éstas, nueve son endémicas en México y pertenecen al género *Alena* (Contreras-Ramos y Rosas 2014).

En la entidad sólo se conoce la especie *Alena americana* con una distribución que corresponde con la Sierra del Chichinautzin (Carpenter 1958, Aspöck et al. 1994, Hernández-López et al. 2019), la cual puede considerarse endémica para el estado (apéndice 35). La distribución de la especie morelense coincide con la del grupo en general, el cual tiene afinidad neártica, especialmente en bosques perennes y caducos con climas templados y en zonas montañosas. En estos hábitats reciben un estímulo frío que es necesario para que puedan completar su desarrollo (Aspöck y Aspöck 1996).

Las larvas habitan debajo de las cortezas de arbustos y árboles, sobre todo pinos, donde depredan otros insectos; los adultos también son depredadores de otros insectos (Aspöck y Aspöck 1996, Aspöck 2002).

### Mecoptera

Es un orden pequeño con 650 especies descritas en 38 géneros y nueve familias (Monserrat y Tillier 2013, Beutel et al. 2014). Por lo general, las muestras son pequeñas al ser capturados incidentalmente en el estudio de otros grupos (Contreras-Ramos et al. 2014), aun así, en México se registran 47 especies en cinco géneros.

Para Morelos se tienen reportadas dos especies de *Bittacus* y una de *Panorpa*, aunque no se especifica en qué municipios las encontraron (Klug 1836, Byers 1996, 2011; apéndice 35). En general, la distribución del grupo es cosmopolita pero la familia Bittacidae es más diversa en la región neotropical (Byers y Thornhill 1983). Es evidente el poco estudio que tiene el grupo en el estado, por lo cual no es posible proponer algún patrón de distribución. Se requieren trabajos faunísticos para complementar el inventario de especies en todo tipo de hábitat disponible (Bicha 2006), como los bosques templados y selvas bajas del estado (apéndice 35).

### Importancia

Algunos neurópteros de la subfamilia Ascalaphinae pueden ser indicadores de buena calidad del medio ambiente (Monserrat et al. 2012). Otros, como Chrysopidae, por la voracidad de sus larvas, se utilizan como agentes de control biológico para cultivos agrícolas y hortícolas (Oswald et al. 2002, Tauber et al. 2009). Especies de la familia Coniopterygidae se usan como agentes de control

biológico (New 2001, Monserrat *et al.* 2012); no obstante, su uso en México para este fin es muy limitado.

Los rafidiópteros pueden alcanzar una importancia ecológica relevante, debido a que cuando sus poblaciones alcanzan densidades altas toman un papel considerable como depredadores. Sin embargo, en México parecen ser poblaciones de baja densidad.

Por su parte, los mecópteros pueden llegar a alcanzar una relevancia ecológica importante, ya que se alimentan de polen, néctar y de fluidos corporales de cadáveres de artrópodos blandos y vertebrados muertos, además de ser depredadores (Carpenter 1931, Byers y Thornhill 1983, Byers 1996, Jara-Soto *et al.* 2007).

## Situación y estado de conservación

En México aún existen pocos trabajos enfocados a Neuroptera, algunos registros han sido a partir de estudios de otros grupos de insectos, o por muestreos limitados por especialistas extranjeros (Contreras-Ramos y Rosas 2014). Hacen falta estudios de tipo taxonómico, biológico y ecológico, que podrían ayudar a delimitar zonas de conservación.

Ninguna especie se encuentra en alguna categoría de protección, pero el cambio en los distintos tipos de vegetación por la actividad humana podría causar la desaparición de especies (Byers 1996), particularmente en Mecoptera y Raphidioptera porque tienden a tener distribuciones restringidas. Por tanto, conservar la vegetación nativa de las distintas zonas del estado, beneficiaría a las especies de estos grupos, junto con las de otros grupos de invertebrados y vertebrados.

Las especies de familias con baja diversidad, como Ithonidae (Neuroptera), podrían requerir esfuerzos dirigidos para su estudio y conservación. En específico, las larvas que pueden alimentarse de las raíces de algunas plantas, las micorrizas, otros hongos o herbívoros asociados (Tauber *et al.* 2009), podrían ser sensibles a la perturbación, pero la escasez de información es una limitante.

## Factores de presión

Como ya se mencionó, la mayoría de las especies de los tres grupos son sensibles a la transformación del hábitat y su degradación. No hay indicios de extinción de especies, aunque el principal peligro al que se enfrentan es la fragmentación y destrucción de sus hábitats con fines de

cambio de uso del suelo o explotación ilegal de recursos forestales.

La necesidad de algunas especies por un hábitat particular, indica que cualquier cambio en la vegetación podría ser causa de desaparición de especies (Byers 1996). Problemas como la destrucción de hábitats por el incremento de la población humana, son presiones fuertes para las especies de Neuroptera, Mecoptera y Raphidioptera (Byers 1996).

## Acciones de conservación

La conservación de la vegetación nativa sin duda beneficia a las especies de estos órdenes, y las áreas de conservación del estado son fundamentales para este fin. Las especies de neuropteros se asocian a los distintos tipos de vegetación, por lo cual se requiere la conservación de los correspondientes estratos arbóreos, arbustivos y herbáceos, además de sustratos particulares como suelos arenosos y microhábitats como cuevas, con el fin de albergar estados adultos y larvales de las distintas familias.

Para los rafidiópteros es fundamental la conservación del estrato arbóreo en bosques templados, mientras que los mecópteros dependen en gran medida de estratos arbustivos y herbáceos, pero con microhábitats protegidos y sombreados. Árboles caídos y materia orgánica en descomposición pueden servir como sustratos para larvas y pupas, además los ríos deben conservarse en buen estado (hay una familia de Neuroptera, Sisyridae, aún no registrada en Morelos, cuyas larvas son parásitas de esponjas; Contreras-Ramos y Rosas 2014).

El trabajo conjunto de la población civil y las autoridades es fundamental para la implementación de estrategias en pro de la biodiversidad. Las prácticas de educación ambiental son relevantes, pues algunas especies de Mecoptera se consideran como peligrosas para los humanos, dada su particular morfología (machos de Panorpidae con genitales en forma de aguijón de escorpión), sin que estas constituyan amenaza alguna.

## Conclusiones y recomendaciones

Es importante fomentar estudios para documentar y describir la biodiversidad de los tres órdenes considerados, así como trabajos sobre su biología y ecología. Esta información es vital para valorar su papel ecológico en los ecosistemas que habitan.

Grupos como Neuroptera, que son depredadores generalistas en su estado larval y adulto, pueden contribuir substancialmente a mantener el equilibrio de poblaciones de herbívoros. También es relevante determinar el posible endemismo de especies de estos grupos, tal como *A. americana* (Raphidioptera), y así poder evaluar el estado de sus poblaciones, de manera que pueda garantizarse su conservación.

## Agradecimientos

A la M.C. Cristina Mayorga (curadora adjunta de la Colección Nacional de Insectos) por su apoyo para el manejo de la colección de los grupos tratados; a la M.C. Valeria Isabel Cuellar Sánchez y al Dr. Fernando Acevedo Ramos por su apoyo para obtener las fotografías de los ejemplares. Al programa DGAPA-PAPIIT por apoyo general al grupo de trabajo a través del proyecto IN207517 Aportaciones a la taxonomía y filogenia del orden Neuroptera (Insecta) en México.

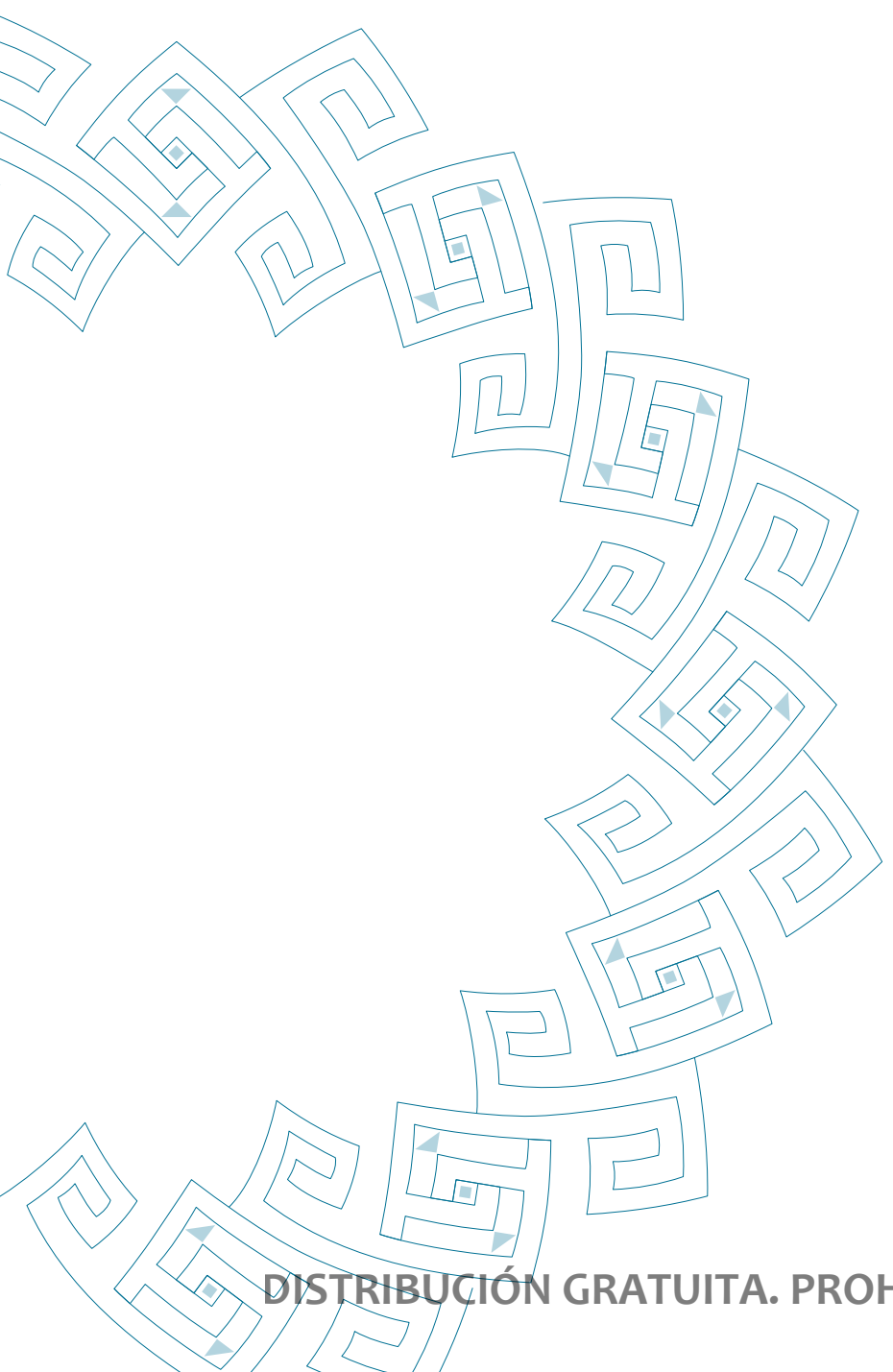
## Referencias

- Aspöck, H. 2002. The biology of Raphidioptera: a review of present knowledge. *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae* 48:35-50.
- Aspöck, U. y H. Aspöck. 1996. Raphidioptera. En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento*. Vol. 1. J. Llorente-Bousquets, A. García-Aldrete y E. González-Soriano (eds.). Instituto de Biología-UNAM, México, pp. 277-286.
- Aspöck, H., U. Aspöck y H. Rausch. 1991. *Die Raphidiopteren der Erde. Eine monographische Darstellung der Systematik, Taxonomie, Biologie, Ökologie und Chorologie der rezenten Raphidiopteren der Erde, mit einer zusammenfassenden Übersicht der fossilen Raphidiopteren (Insecta: Neuropteroidea)*. Goecke y Evers, Krefeld.
- Aspöck, U., H. Aspöck y H. Rausch. 1994. *Alena (Mexicoraphidia) americana* Carpenter 1958: Taxonomie, Systematik, Ökologie und Chorologie (Neuroptera: Raphidioptera: Raphidiidae). *Zeitschrift der Arbeitsgemeinschaft Österreichischer Entomologen* 46:131-139.
- Banks, N. 1927. Revision of the Nearctic Myrmeleontidae. *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology* 68:1-84.
- . 1948. Chrysopidae (Nothochrysoidea) collected in Mexico by Dr. A. Dampf (Neuroptera). *Psyche* 55:151-177.
- Beutel, R.G., F. Friedrich, S.-Q. Ge y X.-K. Yang. 2014. *Insect morphology and phylogeny*. Walter de Gruyter, Berlín.
- Bicha, W. 2006. New scorpionflies (Mecoptera: Panorpidae) from Jalisco, Michoacán, and Oaxaca, México. *Proceedings of the Entomological Society of Washington* 108:24-34.
- Botz, J.T., C. Loudon, J.B. Barger et al. 2003. Effects of slope and particle size on ant locomotion: implications for choice of substrate by antlions. *Journal of the Kansas Entomological Society* 76:426-435.
- Bowles, D.E., A. Contreras-Ramos, M.A. Sarmiento-Cordero y M.L. Ferro. 2015. New distributional records for pleasing lacewings (Neuroptera: Dilaridae, *Nallachus* spp.) in the Americas. *Insecta Mundi* 406:1-10.
- Byers, G.W. 1996. Mecoptera. En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento*. Vol. 1. J. Llorente-Bousquets, A. García-Aldrete y E. González-Soriano (eds.). Instituto de Biología-UNAM, México, pp. 549-552.
- . 2011. Additions to the Mecoptera of Mexico. *Journal of the Kansas Entomological Society* 84:1-11.
- Byers, G.W. y R. Thornhill. 1983. Biology of Mecoptera. *Annual Review of Entomology* 28:203-228.
- Cancino-López, R.J. 2017. *Diversidad de Ascalaphidae, Berothidae, Chrysopidae, Hemerobiidae y Mantispidae asociados a bosque mesófilo de montaña en la vertiente del Pacífico Mexicano*. Tesis de maestría en ciencias. Posgrado en Ciencias Biológicas-UNAM, México.
- Cancino-López, R.J., Y. Marquez-López y A. Contreras-Ramos. 2015. Mantispidos (Neuroptera) del estado de Morelos, México: diversidad y distribución. *Dugesiana* 22:201-208.
- Carpenter, F.M. 1931. The biology of the Mecoptera. *Psyche* 38:41-55.
- . 1958. Mexican snake-flies (Neuroptera: Raphidioidea). *Psyche* 65:52-58.
- Chapman, R.F. 2013. *The insects. Structure and function*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Contreras-Ramos, A. y M.V. Rosas. 2014. Biodiversidad de Neuroptera en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85(Supl.):S264-S270.
- Contreras-Ramos, A., M.A. Sarmiento-Cordero y N. Penny. 2014. Biodiversidad de Mecoptera en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85(Supl.):S339-S344.
- Faulkner, D.K. 1992. *A revision of the genus Lomamyia Banks (Plannipenia: Berothidae) with an emphasis on the western United States species*. Tesis de maestría en ciencias. University of California, Santa Barbara.
- González-Olazo, E. y C. Reguilón. 2008. Neuroptera. En: *Biodiversidad de artrópodos argentinos*. Vol. 2. L.E. Claps, G. Debandi y S. Roig-Juñent (eds.). San Miguel Tucumán, Argentina, pp. 235-248.
- Haring, E., H. Aspöck, D. Bartel y U. Aspöck. 2011. Molecular phylogeny of the Raphidiidae (Raphidioptera). *Systematic Entomology* 36:16-30.

- Henry, C.S., N.D. Penny y P.A. Adams. 1992. The neuropteroid orders of Central America (Neuroptera and Megaloptera). En: *Insects of Panama and Mesoamerica: selected studies*. D. Quintero y A. Aiello (eds.). Oxford University Press, Oxford, pp. 432-458.
- Hernández-López, N., Y. Marquez-López, A. Burgos-Solorio y A. Contreras-Ramos. 2019. Snakeflies (Raphidioptera) captured in black traps with semiochemical attractants. *Proceedings of the Entomological Society of Washington* 121:119-121.
- Hoffman, K.M. 2002. Family Mantispidae. En: A guide to the lacewings (Neuroptera) of Costa Rica. N.D. Penny (ed.). *Proceedings of the California Academy of Sciences* 53:161-457.
- Jara-Soto, C., C. Muñoz-Escobar y V. Jerez. 2007. Registro de *Notiothauma reddi* McLachlan 1877 (Mecoptera: Eomeropidae) en cadáveres de vertebrados en la comuna de Concepción, Chile. *Revista Chilena de Entomología* 33:35-40.
- Klug, J.C.F. 1836. Versuch einer systematischen Feststellung der Insekten-Familie: Panorpatae und Auseinandersetzung inner Gattungen und Arten. *Abhandlungen der Königlich Akademie der Wissenschaften* 1836:81-108.
- López-García, R. 2016. *Myrmeleontidae (Neuroptera) del bosque tropical caducifolio de la vertiente del Pacífico Mexicano*. Tesis de maestría en ciencias. Posgrado en Ciencias Biológicas-UNAM, México.
- Lucas, J. 1989. The structure and function of antlion pits: slope asymmetry and predatos-prey interactions. *Animal Behavior* 38:318-330.
- Machado, R.J.P., J.P. Gillung, S.L. Winterton et al. 2019. Owlflies are derived antlions: anchored phylogenomics supports a new phylogeny and classification of Myrmeleontidae (Neuroptera). *Systematic Entomology* 44:418-450.
- Meinander, M. 1972. A revision of the family Coniopterygidae (Planipennia). *Acta Zoologica Fennica* 136:1-357.
- Misof, B., S. Liu, K. Meusemann et al. 2014. Phylogenomics resolves the timing and pattern of insect evolution. *Science* 346(6210):763-767.
- Monserrat, V.J. 1996. Revisión del género *Hemerobius* de Latinoamérica (Neuroptera: Hemerobiidae). *Fragmenta entomologica* 27:399-523.
- . 1997. Revisión del género *Megalomus* de Latinoamérica (Neuroptera: Hemerobiidae). *Fragmenta entomologica* 29:123-206.
- . 2008. Nuevos datos sobre algunas especies de hemeróbidos (Insecta, Neuroptera, Hemerobiidae). *Graellsia* 64:233-253.
- . 2014. Los mantispidos de la Península Ibérica y Baleares (Insecta, Neuropterida, Neuroptera: Mantispidae). *Graellsia* 70:1-52.
- . 2016. Los crisópidos de la Península Ibérica y Baleares (Insecta, Neuropterida, Neuroptera: Chrysopidae). *Graellsia* 72:1-123.
- Monserrat, V.J. y P. Tillier. 2013. Sinopsis de los mecópteros de la Península Ibérica (Insecta, Mecoptera). *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa* 53:143-152.
- Monserrat, V.J., F. Acevedo y V. Triviño. 2012. Los ascaláfidos de la Península Ibérica y Baleares (Insecta: Neuroptera: Ascalaphidae). *Heteropterus Revista de Entomología* 12:33-58.
- Navás, L. 1934. Insectos de Méjico. *Boletín de la Sociedad Entomológica de España* 16:68-75.
- New, T.R. 1989. Planipennia (Lacewings). En: *Handbook of zoology, vol. 4.30: Arthropoda: Insecta*. M. Fischer (ed.). De Gruyter, Berlín, pp. 129.
- . 2001. Introduction to the systematics and distribution of Coniopterygidae, Hemerobiidae and Chrysopidae used in pest management. En: *Lacewings in the crop environment*. P.K. McEwen, T.R. New y A.E. Whittington (eds.). Cambridge University Press, Cambridge, pp. 6-28.
- Ohl, M. 2004. Annotated catalog of the Mantispidae of the world (Neuroptera). *Contributions on Entomology, International* 5:131-262.
- Oswald, J.D. 1998. Annotated catalogue of the Dilaridae (Insecta: Neuroptera) of the world. *Tijdschrift voor Entomologie* 141:115-128.
- .(ed.). 2016. *Lacewing digital library. Neuropterida species of the world*. En: <<http://lacewing.tamu.edu/Species-Catalogue/index.html>>, última consulta: 17 de noviembre de 2016.
- Oswald, J.D., A. Contreras-Ramos y N.D. Penny. 2002. Neuroptera (Neuropterida). En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento*. Vol. III. J. Llorente-Bousquets y J. Morrone (eds.). Facultad de Ciencias-UNAM, México, pp. 559-581.
- Pacheco-Rueda, I., J.R. Lomelí-Flores, E. Rodríguez-Leyva y M. Ramírez-Delgado. 2011. Ciclo de vida y parámetros poblacionales de *Sympherobius barberi* Banks (Neuroptera: Hemerobiidae) criado con *Dactylopius opuntiae* Cockerell (Hemiptera: Dactylopiidae). *Acta Zoológica Mexicana* 27:325-340.
- Penny, N.D. 2002. A guide to the lacewings (Neuroptera) of Costa Rica. *Proceedings of the California Academy of Sciences* 53:161-457.
- Reynoso-Velasco, D. y A. Contreras-Ramos. 2008. Mantispidae (Neuroptera) of Mexico: distribution and key to genera. *Annals of the Entomological Society of America* 101:808-814.
- Sarmiento-Cordero, M.A. 2015. *Coniopterygidae (Insecta, Neuroptera) del bosque tropical caducifolio de México*. Tesis de maestría en ciencias. Posgrado en Ciencias Biológicas-UNAM, México.
- Stange, L.A. 1970. Revision of the ant-lion tribe Brachynemurini of North America. *University of California Publications in Entomology* 55:1-192.
- . 2008. A new species of the genus *Dendroleon* Brauer from Mexico (Neuroptera: Myrmeleontidae). *Insecta Mundi* 54:1-9.
- Stange, L.A. y R.B. Miller. 1990. Classification of the Myrmeleontidae based on larvae (Insecta: Neuroptera). En: *Advances in*



- neuropterology. Proceedings of the Third International Symposium on Neuropterology*. M.W. Mansell y H. Aspöck (eds.). Government Printer, Pretoria, pp.151-169.
- Tauber, C.A. 1969. Taxonomy and biology of the lacewing genus *Meleoma* (Neuroptera: Chrysopidae). *University of California Publications in Entomology* 58:1-86.
- Tauber, C.A., M.J. Tauber y G.S. Albuquerque. 2009. Neuroptera (Lacewings, Antlions). En: *Encyclopedia of insects*. V. Resh y R. Cardé (eds.). Academic Press, Londres, pp. 785-798.
- Triplehorn, C.A. y N.F. Johnson. 2004. *Borror and DeLong's introduction to the study of insects*. Thompson Brooks/Cole, Belmont.
- Valencia-Luna, L.A., J. Romero-Nápoles, J. Valdez-Carrasco *et al.* 2006. Taxonomía y registros de Chrysopidae (Insecta: Neuroptera) en el estado de Morelos, México. *Acta Zoológica Mexicana* 22:17-61.
- Winterton, S.L., N.B. Hardy y B.M. Wiegmann. 2010. On wings of lace: phylogeny of Bayesian divergence time estimates of Neuroptera (Insecta) based on morphological and molecular data. *Systematic Entomology* 35:349-378.



**DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA**

## Escarabajos (Coleoptera)

Santiago Zaragoza Caballero, Martín Leonel Zurita García, Mireya González Ramírez, Daniel Edwin Domínguez León, Ishwari Giovanni Gutiérrez Carranza, Cisteil Xinum Pérez Hernández, Enya Ramírez Del Valle, Paulina Cifuentes Ruiz, Sara López Pérez, Geovanni Miguel Rodríguez Mirón, Viridiana Vega Badillo y Nayeli Gutiérrez Trejo

### Introducción

La característica más evidente que separa a los coleópteros del resto de los insectos es la presencia de élitros (primer par de alas endurecidas), de la cual reciben su nombre científico Coleoptera (*coleos* = estuche, *teron* = ala).

Los individuos del orden Coleoptera, para su pleno desarrollo, presentan una metamorfosis completa

(holometábola), en la cual se reconocen las etapas de: huevo, larva, pupa y adulto. Los huevecillos de ordinario suelen ser puestos de forma aislada.

Entre las especies de las familias Coccinellidae y Chrysomelidae, los huevos son puestos en racimos sobre las hojas, en donde tardan desde tres hasta 32 días en eclosionar como larvas (Selman 1994, Hodek *et al.* 2012). Las larvas, sufren dos o más mudas sucesivas que favorecen su crecimiento (figura 1).



Figura 1. Etapas de desarrollo en un escarabajo tortuga (*Physonota alutacea*): a) larva; b) pupa; y c) adulto. Fotos: Enrique Ramírez.

Zaragoza-Caballero, S., M.L. Zurita-García, M. González-Ramírez, D.E. Domínguez-León, I.G. Gutiérrez-Carranza, C.X. Pérez-Hernández, E. Ramírez-Del Valle, P. Cifuentes Ruiz, S. López-Pérez, G.M. Rodríguez-Mirón, V. Vega-Badillo y N. Gutiérrez. 2020. Escarabajos (Coleoptera). En: *La biodiversidad en Morelos. Estudio de Estado 2*. Vol. II. CONABIO, México, pp. 163-175.

En la familia Meloidae, se registran varios tipos de larvas con cambios morfológicos y funcionales. En hembras de Phengodidae y algunas de Lampyridae, la etapa adulta (con los órganos reproductores maduros) se alcanza con apariencia de larva. A este fenómeno se le conoce como paedomorfosis o neotenia (Costa y Zaragoza-Caballero 2010).

El estado pupal entre los coleópteros, también es de duración variable y es la etapa con mayores cambios metamórficos, en la que se distinguen los discos imagales o imaginales. Estos son un conjunto de células epiteliales en larvas que se forman durante el estadio de pupa y originan a las diferentes estructuras en adultos que incluyen alas, patas, antenas, ojos, cabeza y tórax (Grimaldi y Engel 2005). La vida adulta de estos insectos puede durar entre 19 y 32 días en machos/hembras de la familia de los lucánidos y hasta 854-931 días en machos/hembras en la de los tenebriónidos (Crowson 1981).

## Diversidad y distribución

El conocimiento de la diversidad biológica resulta básico en la conservación mundial de comunidades naturales. En ese sentido, el estudio de los insectos se considera como una prioridad (Hawksworth y Ritchie 1993). La

presencia de élitros en el orden Coleoptera (figura 2) ha sido determinante en el mayor éxito evolutivo del mismo; es el grupo más rico y diverso dentro de la clase Insecta, y es el que presenta mayor abundancia de especies en todo el reino animal.

A nivel mundial, las 392 415 especies de Coleoptera descritas (Zhang 2013), representan aproximadamente 37% de todos los insectos conocidos, y cerca de 30% de la fauna de artrópodos registrados. El orden consta de 211 familias que se agrupan en los subórdenes Archostemata, Mixophaga, Adephaga y Polyphaga (Bouchard *et al.* 2011). En América Latina, se reconocen 129 familias, 6 704 géneros y 72 479 especies (Navarrete-Heredia y Fierros-López 2001).

México cuenta con 114 familias, 1 513 géneros, 13 195 especies (Navarrete-Heredia y Fierros-López 2001, Llorente-Bousquets y Ocegueda 2008). Cabe mencionar que desde Blackwelder (1944-1957) este último valor cambió, ya que en ese entonces él señalaba una diversidad de 11 881 especies.

En lo que respecta a Morelos, es un estado que presenta un mosaico de condiciones florísticas, topográficas, térmicas, edafológicas, geológicas, hidrológicas y climáticas, que se conjuntan y se traducen en una gran variedad de organismos. En este sentido, Burgos-Solorio



Figura 2. Escarabajo mayate (*Cotinis mutabilis*). Foto: Enrique Ramírez.

y Trejo-Loyo (2001) registraron 57 familias, 654 géneros y 1 509 especies del orden Coleoptera para el estado; mientras que Llorente-Bousquets y Ocegueda (2008), señalaron apenas 768 especies.

Con la finalidad de mantener vigente el conocimiento de estos grupos, en esta contribución se hizo una nueva revisión y una actualización de la información de Coleoptera para la entidad (apéndice 36, cuadro 1). Para ello, se consideró el sistema de clasificación del orden propuesto por Bouchard *et al.* (2011); Melolonthidae según Cherman y Morón (2014).

En total se registraron 66 familias, 994 géneros y 2 501 especies (2 362 identificadas), de las cuales 76 son endémicas para Morelos (cuadro 1). Esta actualización representa un incremento de poco más de mil especies, respecto de las reportadas por Burgos-Solorio y Trejo-Loyo (2001).

De acuerdo con los datos recopilados en esta contribución (cuadro 1), se reconoce una predominancia de algunas familias: Chrysomelidae (137 géneros/499 especies), Curculionidae (149/454), Cerambycidae (135/235), Staphylinidae (97/148), Carabidae (67/145) y Melolonthidae (36/125), que en conjunto representan 64.2% de toda la fauna de escarabajos para el estado.

Cabe mencionar, que las poblaciones de dichas familias también son más abundantes en época de lluvias, principalmente los fitófagos diurnos (organismos que se alimentan de plantas), y que se han registrado 21 familias con sólo un género/especie.

Una gran cantidad de registros de coleópteros para el estado no cuentan con localidad específica, debido a que se derivan principalmente de obras históricas como la *Biología Centrali-Americana* (Llorente-Bousquets *et al.* 1996, Cifuentes-Ruíz y Zaragoza-Caballero 2014, Noguera 2014, Zurita-García *et al.* 2014, Zaragoza-Caballero y Pérez-Hernández 2014).

La mayoría de los estudios sobre coleópteros en Morelos se han realizado en el bosque tropical caducifolio de la Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla (REBIOSH). De las 67 familias de coleópteros reportadas hasta el momento, por lo menos 20 se recolectaron en la REBIOSH, entre 1995 y 1996, durante el desarrollo del proyecto de Zaragoza-Caballero y colaboradores (2000), de las cuales logró determinar 526 especies. Una revisión reciente indica que en la REBIOSH se tiene documentado un total de 25 familias y 1 480 especies de coleópteros (Toledo-Hernández *et al.* 2012).

## Importancia

La estructura orgánica de los escarabajos les ha permitido alcanzar prácticamente todos los confines del mundo, a excepción de los casquetes polares y profundidades marinas. Su mayor distribución se encuentra comprendida en la franja tropical, en donde abundan los recursos alimentarios (cuadro 2). De acuerdo con su gremio alimentario (tipo de alimento que aprovechan), los escarabajos se pueden clasificar hasta en 15 grupos (cuadro 2).

En algunas familias todos los miembros son carnívoros y depredadores activos que regulan el crecimiento poblacional en las comunidades (figuras 3 y 4). Existen también los consumidores primarios que se alimentan principalmente del follaje (figura 5), y de madera (figuras 6 y 7).

Asimismo, hay los que aprovechan a los hongos para su alimentación, los ovívoros que en alguna etapa de su ciclo de vida se alimentan de huevos de otros artrópodos; los polinívoros se nutren con el polen de las flores; o los granívoros, que consumen granos, que en muchas circunstancias son almacenados y ocasionan graves daños económicos (Morón y Terrón 1988). También están aquellas especies que cumplen funciones de limpieza en la naturaleza, como los coprófagos o necrófagos, que se nutren de desechos orgánicos o de cadáveres.

De manera concomitante y, derivadas de la conducta alimentaria están, por ejemplo, las acciones de polinización que llevan a cabo las especies con sedas abundantes (figura 8); el control de plagas, o los que permiten reciclar la materia al incorporar a los suelos nutrientes (necrófagos, coprófagos). Otro papel importante lo desempeñan los indicadores de pureza de agua.

Muchos escarabajos tienen hábitos nocturnos, las adaptaciones en escarabajos atraídos a la luz se reflejan en un mayor desarrollo de los ojos, antenas u órganos bioluminiscentes como las luciérnagas (figura 9). Todas estas modificaciones, son aprovechados por el orden Coleoptera para ser altamente competitivos (cuadro 2).

Desde el punto de vista económico, los escarabajos tienen una función importante por el efecto sobre la agricultura, la ganadería, la ecología, la medicina y la gastronomía, entre otras.

**Cuadro 1.** Conteo de las familias, géneros, especies y endemismos de coleópteros registrados en Morelos. El arreglo filogenético es de acuerdo con Bouchard *et al.* (2011), excepto para Melolonthidae que es de acuerdo con Cherman y Morón (2014).

Familia	Géneros	Especies	Endemismos
<b>Suborden Adephaga</b>			
1. Carabidae*	67	145	
2. Dytiscidae*	17	32	
3. Haliplidae	1	1	
4. Gyrinidae*	2	4	
5. Noteridae*	1	1	
6. Rhysodidae	1	1	
<b>Suborden Mixophaga</b>			
7. Lepiceridae	1	1	
8. Hydroscaphidae*	1	1	
9. Sphaeriusidae	1	1	
<b>Suborden Polyphaga</b>			
<b>Hydrophiloidea</b>			
10. Histeridae	10	14	
11. Hydrophilidae*	22	47	
<b>Scarabeoidea</b>			
12. Scarabaeidae	35	75	
13. Melolonthidae*	36	125	2
14. Ochodaeidae	1	1	
15. Passalidae	4	7	
16. Lucanidae	1	1	
17. Trogidae	2	8	
<b>Curculionoidea</b>			
18. Attelabidae	9	12	
19. Brentidae	8	35	
20. Curculionidae	149	454	
21. Dryophthoridae	9	38	
22. Erihniidae	3	3	
<b>Staphylinoidea</b>			
23. Staphylinidae*	97	148	13
24. Silphidae	3	5	
25. Ptilidae	1	1	
26. Leiodidae	4	6	
27. Hydraenidae	2	2	
<b>Chrysomeloidea</b>			
28. Cerambycidae*	135	235	24
29. Chrysomelidae*	137	499	16
30. Megalopodidae	2	8	
<b>Bostrichoidea</b>			
31. Bostrichidae	4	5	
32. Dermestidae	5	8	
33. Ptinidae	2	2	
<b>Cucujoidea</b>			
34. Coccinellidae	22	37	
35. Cerylonidae	1	1	
36. Cucujidae	1	1	
37. Cryptophagidae	1	1	
38. Endomychidae	3	4	
39. Erotylidae	6	8	
40. Nitidulidae	7	13	
41. Laemophloeidae	2	3	
42. Monotomidae	1	1	
43. Silvanidae	3	4	
<b>Cleroidea</b>			
44. Cleridae*	23	61	
45. Melyridae	1	4	
46. Trogossitidae	1	1	
<b>Elateroidea</b>			
47. Cantharidae*	8	42	
48. Phengodidae*	4	6	2
49. Lampyridae*	10	35	9
50. Lycidae*	10	29	3
51. Elateridae*	21	25	7
52. Eucnemidae	1	1	
53. Throscidae	1	1	
<b>Buprestoidea</b>			
54. Buprestidae*	25	139	
<b>Byrroidea</b>			
55. Dryopidae	2	2	
56. Elmidae	10	31	
57. Heteroceridae*	2	2	
58. Limnichidae	5	14	
59. Psephenidae	1	1	
<b>Tenebrionoidea</b>			
60. Tenebrionidae*	37	63	
61. Zopheridae	1	3	
62. Oedemeridae	1	1	
63. Meloidae	6	36	
64. Scaptiidae	1	1	
65. Tetratomidae	1	1	
66. Ciidae	2	3	
<b>Total</b>	<b>994</b>	<b>2 501</b>	<b>76</b>

\*Familias recientemente estudiadas en el estado. Fuente: elaboración propia.

**Cuadro 2.** Ubicación por gremios alimentarios de 67 familias de Coleoptera en Morelos.

Familia	Hábitos alimenticios														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
<b>Suborden Adephaga</b>															
Carabidae									•						
Dytiscidae									•						
Gyrinidae									•						
Halplidae	•	•											•		
Noteridae									•						
Rhysodidae						•									
<b>Suborden Myxophaga</b>															
Lepiceridae							•								
Hydroscaphidae								•	•						
Sphaeurioidae									•						
<b>Suborden Polyphaga</b>															
<b>Hydrophiloidea</b>															
Histeridae									•						
Hydrophilidae						•			•						
<b>Scarabaeoidea</b>															
Scarabaeidae	•			•	•	•	•	•			•			•	•
Melolonthidae	•		•	•	•	•	•	•			•				
Passalidae						•									
Lucanidae						•									
Trogidae											•			•	
Hybosoridae	•			•	•	•	•	•			•			•	•
<b>Curculionoidea</b>															
Attelabidae	•			•				•	•						
Brentidae	•			•		•	•								
Curculionidae	•			•		•	•								
Dryopthoridae	•														
Erirhinidae	•			•		•	•								
<b>Staphylinoidea</b>															
Staphylinidae	•			•	•	•	•	•	•	•	•				
Silphidae								•	•						
Ptilidae				•			•								•
Leiodidae						•	•	•							
Hydraenidae	•					•			•						
<b>Chrysomeloidea</b>															
Cerambycidae	•				•	•			•						
Chrysomelidae	•	•	•	•		•		•	•						
Megalopodidae	•														
<b>Bostrichoidea</b>															
Bostrichidae	•	•		•		•	•								
Dermeestidae		•			•			•			•	•		•	
Ptinidae		•						•			•				
<b>Cucujoidea</b>															
Coccinellidae	•							•	•						
Cerylonidae	•					•	•	•	•						
Cucujidae								•							
Cryptophagidae							•	•							

Cuadro 2. Continuación.

Familia	Hábitos alimenticios														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Endomychidae		•			•	•	•	•							
Erotylidae	•				•	•	•								
Nitidulidae		•			•		•	•	•		•			•	
Laemophloeidae								•	•						
Monotomidae				•		•			•						
Silvanidae								•	•						
Cleroidea															
Cleridae					•				•						
Melyridae		•			•				•					•	
Trogossitidae									•						
Elateroidea															
Cantharidae	•				•				•			•	•		
Phengodidae									•						
Lampyridae									•						
Lycidae									•						
Elateridae	•	•		•					•		•				
Eucnemidae						•			•						
Throscidae	•				•	•			•						
Buprestoidea															
Buprestidae	•			•	•	•	•								
Byrroidea															
Dryopidae	•								•						
Elmidae	•								•						
Heteroceridae								•	•		•			•	
Limnichidae								•	•		•				
Psephenidae															
Tenebrionoidea															
Tenebrionidae	•	•		•	•	•	•	•			•			•	
Zopheridae	•			•			•	•	•	•					
Oedemeridae	•				•			•		•		•			
Meloidae	•	•													
Mordellidae	•								•	•					
Anthicidae	•				•			•	•						
Tetratomidae	•				•	•	•		•						
Ciidae	•						•		•						

Hábitos alimenticios: 1. herbívoros; 2. granívoros (comen semillas); 3. frugívoros (comen frutas); 4. rizófagos (comen raíces); 5. polinófagos (comen polen); 6. xilófagos (comen madera); 7. micetófagos (comen hongos); 8. saprófitos (comen plantas en descomposición); 9. carnívoros, 10. parásitos; 11. saprozóicos (comen animales en descomposición); 12. ovívoros (comen huevos); 13. omnívoros; 14. necrófagos (comen cadáveres); y 15. coprófagos (comen excremento). Fuente: elaboración propia con datos de Leschen *et al.* 2010.





**Figura 3.** Ejemplar de la familia Lycidae, conocida comúnmente como escarabajo padrecito (*Lycostomus* sp.). Foto: Enrique Ramírez.



**Figura 4.** Luciérnaga (*Cratomorphus* sp.), una especie de la familia Lampyridae. Foto: Enrique Ramírez.



**Figura 5.** Escarabajos de las hojas (*Leptinotarsa decemlineata*), pertenecientes a la familia Chrysomelidae. Foto: Enrique Ramírez.



Figura 6. Escarabajo joya (*Euchroma* sp.), perteneciente a la familia Buprestidae. Foto: Enrique Ramírez.



Figura 7. Cocuyo (*Chalcolepidius approximatus*), especie que forma parte de la familia Elateridae. Foto: Enrique Ramírez.



**Figura 8.** Escarabajos polinizadores (*Chauliognathus* sp.) de la familia Cantharidae, llenos de granos de polen en una inflorescencia. Foto: Enrique Ramírez.



**Figura 9.** Luciérnaga (*Pleotomus* sp.) a plena luz del día. Foto: Enrique Ramírez.

En México, algunas especies se reconocen como plagas perjudiciales de cultivos diversos (Pérez *et al.* 2006, Aquino *et al.* 2010, Morón *et al.* 2014). Ejemplo de ello, son los escarabajos descortezadores y ambrosiales que infestan a una amplia variedad de árboles, arbustos y hierbas (Burgos-Solorio y Equihua-Martínez 2007). Por el contrario, algunas especies de catarinas se utilizan como controladores biológicos de la cochinilla, áfidos y ácaros (Gutiérrez-Ramírez *et al.* 2013).

Por su enorme diversidad morfológica y ecológica, los escarabajos tienen una continua relación con las diversas actividades de la vida cotidiana de los seres humanos. Para referirse a ellos se les conoce con diversos nombres que forman parte del lenguaje coloquial en diversas zonas del país, tales como: luciérnagas, mariquitas, gorgojos, mayates, conchudos, roda cacas, aceiteros, sanjuaneros, entre otros (Zaragoza-Caballero *et al.* 2016). En el México prehispánico los aztecas utilizaban el término *temolin*, cuya raíz etimológica proviene de los términos *tetl* que significa piedra y *ollin* movimiento, por lo que la palabra significa: piedras voladoras o piedras en movimiento (Zaragoza-Caballero *et al.* 2016).

Además de darle diferentes nombres a los escarabajos, se les relaciona con el comportamiento de diversos pueblos mediante cuentos, leyendas, refranes, y frases picarescas (Zaragoza-Caballero *et al.* 2016). Asimismo, los escarabajos son parte fundamental de aspectos como la alimentación y la salud. En México, 126 especies de coleópteros se consideran comestibles, por lo que se utilizan como complemento alimenticio y fuente de proteínas (Ramos-Elorduy y Pino-Moreno 2004). El porcentaje de proteínas que contienen se encuentra por arriba de los alimentos convencionales como el pollo, el huevo, la res, el frijol, entre otros (Ramos-Elorduy y Viejo 2007). En la localidad de Atlacholoaya, Xochitepec se comen las larvas y adultos de *Dichomorpha* sp. y *Pelodytes ovalis*; en Zempoala, Huitzilac se consumen *Rhantus consimilis*; y en Cuernavaca y Tepoztlán se consumen las larvas de *Dynastes hyllus* (Ramos-Elorduy y Pino-Moreno 2004).

Al igual que las plantas, los insectos han sido utilizados en la antigüedad por sus propiedades medicinales (Costa-Neto y Ramos-Elorduy 2006), entre ellos los escarabajos. En las comunidades mazahuas algunas especies

como *Eleodes* sp. y *Meloe* sp. se ocupan para aliviar dolencias somáticas como la diarrea, el dolor de pecho y el dolor de dientes (Aldasoro 2009).

## Situación y estado de conservación

Hasta 2014, la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), listaba 527 especies de escarabajos principalmente de las familias Dytiscidae, Carabidae, Lucanidae, Scarabaeidae y Curculionidae. De este total, 209 están consideradas como de menor riesgo, 38 poco amenazadas, 45 vulnerables, 44 en peligro de extinción, 12 en peligro crítico y 16 extintas; el resto tienen datos insuficientes (Bouchard 2014). Al 2017, se registran 1 053 especies de coleópteros incluidas en la Lista Roja de la UICN, de las cuales sólo cinco son mexicanas y ninguna se distribuye en Morelos (UICN 2017).

En el estado, al igual que toda la biodiversidad del país, los coleópteros enfrentan problemas que afectan su conservación como: cambio de uso del suelo, fragmentación de hábitat y comercio ilegal. A pesar de esto, no hay especies de coleópteros con alguna categoría de riesgo en la NOM-059 (SEMARNAT 2010) formalmente aceptadas. Recientemente se propuso la inclusión de cinco especies de Scarabaeidae como parte de las modificaciones a dicha norma, de las cuales ninguna se distribuye en Morelos (SEMARNAT 2015).

## Factores de presión

Los registros de escarabajos en la entidad se concentran principalmente en el bosque tropical caducifolio, aunque eso no significa que exista una mayor diversidad en ese tipo de vegetación. Sin embargo, es posible hacer predicciones del estado de conservación de la biota que allí habita, con relación al cambio de uso del suelo que presenta.

En ese sentido, se considera que al igual que en otras regiones del país, la tasa de deforestación del bosque tropical caducifolio en la entidad es una de las más altas y también es el tipo de vegetación más fragmentado. Por lo que es posible suponer que ésta sea una amenaza directa para los coleópteros y otros insectos que allí habitan.

## Acciones de conservación

Actualmente no existe ningún estudio que evalúe el estado de conservación de los escarabajos en la entidad y el país, y que considere los criterios de la UICN. Tampoco en la NOM-059 ningún escarabajo es incluido, aunque ello no significa que algunos taxones no se hayan extinto o que no deberían estar incluidos en dicha norma.

El hecho de que se ignora la diversidad de este grupo en una gran extensión del estado, limita el conocimiento de cuáles especies son endémicas o raras. Ello, podría ser una guía o base para enfocarse en estudios para analizar el estado de conservación de sus poblaciones.

La importancia del bosque en el estado se refleja en su gran riqueza y diversidad de plantas y animales. Sin embargo, debido a la conversión extensa de este tipo de bosque para la agricultura y la ganadería, con la consiguiente destrucción de la estructura y el funcionamiento del ecosistema (Maass 1995), hace necesario un llamado urgente a la conservación de extensas áreas de esta comunidad biótica en Morelos, y en México, que al mismo tiempo ayudará a la conservación de los escarabajos que en ella habitan.

Además, hay que mencionar que existe la necesidad de invitar a jóvenes estudiantes a continuar el estudio de los escarabajos que permita aumentar el conocimiento para una mejor y mayor conservación de la riqueza de este grupo de insectos en el estado.

## Conclusiones

El análisis de la diversidad de Coleoptera de Morelos, indica que, a pesar de sus dimensiones, la entidad alberga una gran riqueza de especies, pero también apunta a que esta última se deriva de estudios principalmente desarrollados en el sur, en el bosque tropical caducifolio, sin considerar otros tipos de vegetación, tipos de muestreo, o inventarios a corto, mediano y largo plazo.

La realización de estudios sobre la biología y ecología de los coleópteros, posibilitará: 1) definir la riqueza real o estimada de coleópteros en la entidad; 2) identificar si hay especies endémicas o raras que necesiten estar en un estatus de conservación; 3) generar escenarios que permitan evaluar qué pasaría si no se implementan y ejecutan acciones para lograr la conservación efectiva de los escarabajos en la entidad, y qué tanta de la diversidad estará en peligro de desaparecer; y 4) determinar el

financiamiento adecuado para realizar estudios debido a la importancia en el desempeño de diversos roles en el funcionamiento del ecosistema de este grupo en el estado y en el país.

## Agradecimientos

Agradecemos la invitación a los editores del libro. Particularmente, nuestro agradecimiento al Dr. Óscar Dorado, y a toda la gente del CEAMISH por las facilidades otorgadas en el inicio del estudio *Insectos asociados al bosque tropical caducifolio* apoyado por el CONACYT, al que extendemos también nuestras más cumplidas gracias.

## Referencias

- Aldasoro, M. 2009. Etnoentomología. En: *La Diversidad biológica del Estado de México. Estudio de estado*. G. Ceballos, R. List, G. Garduño et al. (comps.). Gobierno del Estado de México/CONABIO, Toluca, pp. 299-304.
- Aquino, B.T., B.J. Ruíz y S.D. Martínez. 2010. Ecología y biología de *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal (Coleoptera: Curculionidae), plaga del agave mezcalero en los Valles Centrales de Oaxaca. *Naturaleza y Desarrollo* 8:62-71.
- Blackwelder, R.E. 1944a. *Checklist of the coleopterous insects of Mexico, Central America, The West Indies, and South America. Part I*. Smithsonian Institution United States National Museum, Washington.
- . 1944b. *Checklist of the coleopterous insects of Mexico, Central America, The West Indies, and South America. Part II*. Smithsonian Institution United States National Museum, Washington.
- . 1945. *Checklist of the coleopterous insects of Mexico, Central America, The West Indies, and South America. Part III*. Smithsonian Institution United States National Museum, Washington.
- . 1946. *Checklist of the coleopterous insects of Mexico, Central America, The West Indies, and South America. Part IV*. Smithsonian Institution United States National Museum, Washington.
- . 1947. *Checklist of the coleopterous insects of Mexico, Central America, The West Indies, and South America. Part V*. Smithsonian Institution United States National Museum, Washington.
- . 1957. *Checklist of the coleopterous insects of Mexico, Central America, The West Indies, and South America. Part VI*. Smithsonian Institution United States National Museum, Washington.
- Bouchard, P. 2014. *The Book of Beetles: A life-size guide to six hundred of nature's gems*. University of Chicago Press, Chicago.

- Bouchard, P., Y. Bousquet, A.E. Davis *et al.* 2011. Family-group names in Coleoptera (Insecta). *ZooKeys* 88:1-972.
- Burgos-Solorio, A. y M.A. Equihua-Martínez. 2007. Platypodidae y Scolytidae (Coleoptera) de Jalisco, México. *Dugesiana* 14:59-82.
- Burgos-Solorio, A. y A.G. Trejo-Loyo. 2001. Lista preliminar de los coleópteros registrados para el estado de Morelos. En: *Tópicos sobre Coleoptera de México*. J.L. Navarrete-Heredia, H.E. Fierros-López y A. Burgos-Solorio (eds.). UDG/UAEM, México, pp. 69-96.
- Cherman, M. y M.A. Morón. 2014. Validación de la familia Melolonthidae Leach, 1819 (Coleoptera: Scarabaeoidea). *Acta Zoológica Mexicana* (nueva serie) 30:201-220.
- Cifuentes-Ruiz, P. y S. Zaragoza-Caballero. 2014. Biodiversidad de Tenebrionidae (Insecta: Coleoptera) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85(Supl.):S325-S331.
- Costa, C. y S. Zaragoza-Caballero. 2010. Phengodidae LeConte 1861. En: *Handbook of zoology, vol. 4.39: Coleoptera, beetles. Morphology and systematic (Elateroidea, Bostrichiformia, Cucujiformia paertim)*. R.A.B. Leschen, R.G. Beutel y J.F. Lawrence (eds.). De Gruyter, Berlín, pp. 126-135.
- Costa-Neto, E. y J. Ramos-Elorduy. 2006. Los insectos comestibles de Brasil: etnicidad, diversidad e importancia en la alimentación. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa* 38:423-442.
- Crowson, R.A. 1981. *The biology of Coleoptera*. London Academic Press, Londres.
- Grimaldi, D. y M.S. Engel. 2005. *Evolution of the insects*. Cambridge University Press, Nueva York.
- Gutiérrez-Ramírez, A., A. Robles-Bermúdez, C. Santillán-Ortega *et al.* 2013. Control biológico como herramienta sustentable en el manejo de plagas y su uso en el estado de Nayarit, México. *Revista Bio Ciencias* 2:102-112.
- Hawksworth, D.L. y J.M. Ritchie. 1993. *Biodiversity and biosystematic priorities: microorganisms and invertebrates*. CAB International, Wallingford.
- Hodek, I., H.F. Van Emden y A. Honěk. 2012. *Ecology and behavior of the ladybird beetles (Coccinellidae)*. Wiley-Blackwell, Chichester.
- Leschen, R.A.B., R.G. Beutel y J.F. Lawrence (eds.). 2010. *Handbook of zoology, vol. 4.39: Coleoptera, beetles. Morphology and systematic (Elateroidea, Bostrichiformia, Cucujiformia, paertim)*. De Gruyter, Berlín.
- Llorente-Bousquets, J., E. González-Soriano, N. García-Aldrete y C. Cordero. 1996. Breve panorama de la taxonomía de artrópodos en México. En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento*. Vol. I. J. Llorente-Bousquets, A. García-Aldrete y E. González-Soriano (eds.). Instituto de Biología-UNAM, México, pp. 3-14.
- Llorente-Bousquets, J. y S. Ocegueda. 2008. Estado del conocimiento de la biota. En: *Capital natural de México: conocimiento actual de la biodiversidad, vol. I*. CONABIO, México, pp. 283-322.
- Maass, J.M. 1995. Conversion of tropical dry forest to pasture and agriculture. En: *Seasonally dry tropical forests*. S.H. Bullock (ed.). Cambridge University Press, Cambridge, pp. 399-422.
- Morón, M.A. y R.A. Terrón. 1988. *Entomología práctica: una guía para el estudio de los insectos con importancia agropecuaria, médica, forestal y ecológica de México*. INECOL, México.
- Morón, M.Á., G. Nogueira, C.V. Rojas-Gómez y R. Arce-Pérez. 2014. Biodiversidad de Melolonthidae (Coleoptera) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85:298-302.
- Navarrete-Heredia, J.L. y H.E. Fierros-López. 2001. Coleoptera de México: situación actual y perspectivas de estudio. En: *Tópicos sobre Coleoptera de México*. J.L. Navarrete-Heredia, H.E. Fierros-López y A. Burgos-Solorio (eds.). UDG/UAEM, México, pp. 1-22.
- Noguera, F.A. 2014. Biodiversidad de Cerambycidae (Coleoptera) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85(Supl.):S290-S297.
- Pérez, D.J.F., F. Romero, L. Soltero y R. Álvarez. 2006. Susceptibilidad en híbridos de maíz a diabrotica (*Diabrotica virgifera zea*) en México. *Agricultura Técnica en México* 32:143-151.
- Ramos-Elorduy, J. y J.M. Pino-Moreno. 2004. Los coleópteros comestibles de México. *Anales del Instituto de Biología-UNAM. Serie Zoología* 75:149-183.
- Ramos-Elorduy, J. y J.L. Viejo. 2007. Los insectos como alimento humano: breve ensayo sobre la entomofagia, con especial referencia a México. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural, Sección Biología* 102(1-4):61-84.
- Selman, B.J. 1994. Eggs and oviposition in chrysomelid beetles. En: *Novel aspects of the biology of Chrysomelidae*. P.H. Jolivet, M.L. Cox y E. Petitpierre (eds.). Springer, Países Bajos, pp. 69-74.
- SEMARNAT. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. *Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010*. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.
- . 2015. *Proyecto de Modificación del Anexo Normativo III, Lista de especies en riesgo de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo, publicada el 30 de diciembre de 2010*. Publicado el 21 de diciembre de 2015 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.
- Toledo-Hernández, V.H., A.M. Corona-López, A. Flores-Palacios *et al.* 2012. Riqueza de coleópteros (Insecta: Coleoptera) de la Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla, México. En: *Recursos naturales*. C.E. Ruiz y J.M. Coronado (eds.). UAT, México, pp. 142-150.

- UICN. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. 2017. *Lista Roja de especies amenazadas de la UICN. Versión 2016.3*. En: <<http://www.iucnredlist.org>>, última consulta: abril de 2017.
- Zaragoza-Caballero, S., E. González-Soriano, F.A. Noguera et al. 2000. Biodiversidad en Insecta [Odonata, Coleoptera (Cantharoidea, Cerambycidae), Diptera (Syrphidae) e Hymenoptera (Apoidea, Vespidae)] en tres zonas del Pacífico Mexicano. En: *Memorias del Primer Congreso de responsables de proyectos de investigación en ciencias naturales*. CONACYT, México.
- Zaragoza-Caballero, S., J.L. Navarrete-Heredia y E. Ramírez-García. 2016. *Temolines. Los coleópteros entre los antiguos mexicanos*. Instituto de Biología-UNAM, México.
- Zaragoza-Caballero, S. y C.X. Pérez-Hernández. 2014. Biodiversidad de cantaroideos (Coleoptera: Elateroidea [Cantharidae, Lampyridae, Lycidae, Phengodidae, Telegeusidae] en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85(Supl.):S279-S289.
- Zhang, Z.Q. 2013. *Phylum Arthropoda*. *Zootaxa* 3703(1):17-26.
- Zurita-García, M.L., P. Johnson y S. Zaragoza-Caballero. 2014. Biodiversidad de Elateridae (Coleoptera) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85(Supl.):S303-S311.

# Estudios ecotoxicológicos

Susana Alejandre Grimaldo y Víctor López Gómez

## Introducción

La ecotoxicología es la disciplina que estudia el efecto de los contaminantes sobre la ecología de los organismos, así como sus consecuencias en el ecosistema (Capó-Martí 2007). Esta disciplina es una extensión de la ecofisiología, que se enfoca en el estudio de los cambios fisiológicos de los individuos en relación con su medio cambiante (Valladares y Rodríguez-López 2010). Actualmente, la ecotoxicología tiene relevancia debido a los problemas ambientales causados por el deterioro en los ecosistemas naturales y urbanos. Los altos niveles de afectación en dichos ecosistemas son el resultado de las actividades antropogénicas en todo el planeta, que han liberado una gran variedad de sustancias contaminantes (Capó-Martí 2007).

Para responder las preguntas elementales de la ecotoxicología, hay que apoyarse en dos principales premisas. Por un lado, un tóxico es cualquier sustancia que causa un efecto nocivo cuando se administra a los organismos. Casi cualquier sustancia es dañina en ciertas dosis y no es tan nocivo en dosis bajas (Capó-Martí 2007). Por otro lado, el impacto de los contaminantes sobre los organismos depende de su concentración en el medio, persistencia (duración o existencia a lo largo del tiempo) y biodisponibilidad (cantidad del tóxico que entra al organismo). En este sentido, pueden ocasionar desde efectos no letales (como el desplazamiento temporal de algunas especies), hasta la muerte de poblaciones enteras (Capó-Martí 2007, Ramírez-Romero y Mendoza-Cantú 2008).

En su mayoría, los estudios ecotoxicológicos confirman si un contaminante (del que se tiene sospecha) es un agente causante de daño. Para ello, se efectúan pruebas

de mortalidad de diferentes organismos (pruebas de toxicidad aguda; Capó-Martí 2007). A partir de éstos, se ha observado que las distintas especies presentan una gran diferencia en la sensibilidad a los contaminantes (Capó-Martí 2007); además de añadir otros indicadores de importancia ecológica como son crecimiento y la reproducción de los organismos (Capó-Martí 2007).

El conocimiento de la ecotoxicología proporciona muchos beneficios prácticos como son: a) estimaciones del efecto potencial de cualquier sustancia al ambiente; b) índices de calidad ambiental; c) límites cuantitativos de la regulación de desechos y la producción de sustancias químicas; y d) fundamentos técnicos para el desarrollo, manufactura y comercialización de productos a partir de pruebas biológicas.

## ¿Qué es un bioindicador?

Generalmente, en los bioensayos<sup>1</sup> que realizan los ecotoxicólogos utilizan organismos de ciertas especies, que son llamadas bioindicadoras. Estas especies sirven para evaluar las variaciones en la calidad ambiental de un sitio, cuyas respuestas biológicas son observadas frente a una perturbación ecológica (Gamboa *et al.* 2008). La presencia de estas especies señala condiciones particulares en el medio, mientras que su ausencia es el indicador de la alteración de tales condiciones (Odum 1972).

Las especies bioindicadoras se utilizan para cada región, porque el decremento de sus poblaciones se debe a un aumento gradual en los disturbios de su ambiente, como pueden ser las sustancias contaminantes en el agua, el aire o la presencia de residuos sólidos (Velázquez y Vega 2004).

<sup>1</sup> Son pruebas en donde se utilizan organismos vivos para medir el efecto de una sustancia, factor o condición, lo que permite comparar la situación previa y posterior al experimento.



De acuerdo con Ronco *et al.* (2004) y Reyes-Novelo *et al.* (2009), el bioindicador ideal es aquel que: 1) se puede identificar fácilmente (en su taxonomía); 2) sus poblaciones son estables (no presentan ciclos de alta natalidad o mortandad natural); 3) con un ciclo vida corto, una amplia distribución, grandes tamaños poblacionales y de fácil manipulación; 4) presente sensibilidad a la degradación de ciertos hábitats; 5) represente un nivel trófico clave en su ecosistema (especies representativas de la cadena alimenticia); y 6) tenga importancia económica.

## Los invertebrados como bioindicadores

Por mucho, los bioindicadores más usados son los invertebrados, y de éstos, los insectos se consideran los de mayor valor por la gran variedad de organismos que brinda el grupo, y porque cumplen en su mayoría los requerimientos arriba mencionados (Thorne y Williams 1997, Figueroa *et al.* 2003).

Entre los insectos más utilizados como bioindicadores están: los escarabajos tigre (Coleoptera, figura 1; Favila y Halffter 1997, Ramírez-Mora 2008), las hormigas (Formicidae), las mariposas (Lepidoptera, figura 2; Villarreal *et al.* 2006, Luna-Reyes *et al.* 2008), las efímeras (Ephemeroptera), las frigáneas (Trichoptera), las moscas de las piedras (Plecoptera), las moscas (Diptera), los

mosquitos (Diptera) y las libélulas (Odonata; Gamboa *et al.* 2008).

Por ejemplo, para medir la calidad del suelo en los agroecosistemas, se puede determinar la presencia de poblaciones de invertebrados como: lombrices de tierra, hormigas, isópodos, colémbolos, ácaros, termitas, milpiés, cochinillas, escarabajos y caracoles. Todos ellos, cumplen un papel vital en los procesos de reciclaje de nutrientes (Rendón-Pareja *et al.* 2011). La diversidad, la abundancia y las funciones de estos organismos son sensibles a los cambios ambientales de las condiciones del suelo, que están asociadas con las actividades de los agroecosistemas (Faulkner y Lochmiller 2000, Uribe-Hernández *et al.* 2010, Cabrera 2012, Cabrera-Dávila 2014).

## Bioindicadores invertebrados en Morelos

En la entidad se tienen varios estudios ecotoxicológicos utilizando diversos organismos. En este sentido, Pica-Granados *et al.* (2012) evaluaron parámetros físico-químicos y microbiológicos en la subcuenca de San Antón (Cuernavaca) y la presencia de contaminantes con sus posibles efectos. Para ello, utilizaron pruebas biológicas con pulgas de agua (*Daphnia magna*, Crustacea, figura 3), bacterias marinas luminiscentes (*Vibrio fischeri*,



Figura 1. Ejemplar de un escarabajo tigre (*Tetracha* sp.). Foto: Miguel Ángel Sicilia Manzo.



Figura 2. Ejemplar de un adulto de mariposa llamadora (*Pterourus multicaudata*). Foto: Juan Carlos T. García Morales.

Proteobacteria) y microalga verde (*Pseudokirchneriella subcapitata*, Algae).

Registraron compuestos orgánicos semivolátiles (compuestos con volatilidad intermedia que generalmente provienen del petróleo y son muy nocivos) asociados a productos domésticos como fragancias, sustancias cosméticas y desinfectantes, y en menor medida esteroides, biocidas y ftalatos. En los ensayos de riesgo tóxico con muestras de agua, sólo se registraron efectos nocivos en las pruebas con *V. fischeri* y *P. subcapitata*.

Por otra parte, para determinar el éxito de la restauración en el bosque tropical seco de la Sierra de Huautla, Hernández-Flores *et al.* (2016) midieron el rendimiento del forrajeo de las hormigas rojas cosechadoras (*Pogonomyrmex barbatus*, figura 4). En las parcelas más afectadas, que por un lapso de 6 a 8 años fueron de pastoreo de ganado, para cosechar madera y posteriormente abandonadas, se registró que las hormigas tuvieron menor éxito de forrajeo e invirtieron más tiempo en la búsqueda de comida, en comparación con las colonias en las parcelas control. Esta afectación la adjudicaron a la vegetación herbácea presente en las etapas tempranas de la recuperación del bosque, que dificulta e impide el desplazamiento de las hormigas forrajeras.

Olvera-Velona *et al.* (2008) evaluaron en Morelos el efecto de los plaguicidas organofosforados en la inhibición de la actividad de una enzima en el sistema nervioso



Figura 3. Adulto de una pulga de agua (*Daphnia magna*). Foto: Luz Elvira Piña Chacón.



**Figura 4.** Ejemplar de hormiga roja (*Pogonomyrmex barbatus*). Foto: Alejandro González Hernández.

(acetilcolinesterasa) de la lombriz de tierra (*Aporrectodea caliginosa*) y la pérdida de biomasa de estos organismos. Los resultados indicaron que hubo inhibición de la actividad enzimática (50%) y no se tuvo una marcada reducción de peso en las lombrices.

En este sentido, los autores señalan que uno de los fenómenos más observados en los campos agrícolas de Morelos, es la desaparición de las lombrices de tierra, hecho que probablemente se relacione con la implementación de plaguicidas. Ello, trae como consecuencia el deterioro de la salud de los agroecosistemas, debido a que estos organismos son benéficos en la fertilidad de los suelos (Olvera-Velona *et al.* 2008).

Los trabajos ecotoxicológicos que buscan bioindicadores adecuados son muy valiosos, ya que proporcionan más herramientas para poder determinar la calidad ambiental de los diferentes ecosistemas. Un ejemplo de este tipo de trabajo en la entidad es el efectuado por Ortega-Arenas *et al.* (1998), que evaluaron la susceptibilidad de la mosquita blanca (*Trialeurodes vaporariorum*) a seis diferentes insecticidas (endosulfán, imidacloprid, metamidofós, dimetoato, metomil y permetrina), a través de la determinación de la concentración letal 50 ( $CL_{50}$ ; concentración del tóxico en la cual 50% de la población de organismos muere) y la concentración letal 95 ( $CL_{95}$ ; concentración del tóxico es 95% para considerarse letal).

Las poblaciones de mosquitas provinieron de dos sitios diferentes (Chapingo en el Estado de México y Tepoztlán en Morelos). Los resultados señalaron que los

insectos de Chapingo fueron susceptibles a todos los insecticidas (con alta mortalidad > 50%), mientras que las mosquitas de Tepoztlán sólo fueron a dos insecticidas (endosulfán e imidacloprid). Asimismo, fueron tolerantes (baja mortalidad < 50%) a tres de estos tóxicos (dimetoato, metomil y permetrina) y resistentes (sin mortalidad) al metamidofós. La resistencia a este último producto es un problema serio porque significa que se requiere la aplicación de grandes cantidades para la regulación de esta plaga (Ortega-Arenas *et al.* 1998).

## Conclusiones y recomendaciones

Es necesario aumentar los esfuerzos para hacer estudios de investigación ecotoxicológicos en Morelos, enfocados en la búsqueda de bioindicadores y las afectaciones en la biodiversidad, ya que existen pocos trabajos al respecto. Estas evidencias serán una herramienta que permita evaluar el grado de afectación que tienen los ecosistemas morelenses y a partir de ahí realizar trabajos de remediación.

Dichos proyectos de investigación deben evaluar los efectos de las actividades humanas sobre los recursos naturales del estado, ya que como se sabe, la entidad tiene una alta diversidad y riqueza, tanto vegetal como animal. Además, posee diversos ecotonos y cuerpos de agua que deben de ser protegidos y aprovechados adecuadamente, por su gran importancia turística y ecosistémica a nivel nacional.

## Referencias

- Cabrera, G. 2012. La macrofauna edáfica como indicador biológico del estado de conservación/perturbación del suelo. Resultados obtenidos en Cuba. *Pastos y Forrajes* 35(4):346-363.
- Cabrera-Dávila, G. 2014. *Manual práctico sobre la macrofauna edáfica como indicador Biológico de la calidad del suelo, según resultados en cuba*. The Rufford Foundation, Cuba.
- Capó-Martí, M.A. 2007. *Principios de ecotoxicología*. Tebar Flores, Madrid.
- Faulkner, B.C. y R.L. Lochmiller. 2000. Increased abundance of terrestrial isopod populations in terrestrial ecosystems contaminated with petrochemical wastes. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 39:86-90.
- Favila, M. y G. Halffter. 1997. The use of indicator groups for measuring biodiversity as related to community structure and function. *Acta Zoológica Mexicana* (nueva serie) 72:1-25.

- Figueroa, R., C. Valdovinos, E. Araya y O. Parra. 2003. Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua de ríos del sur de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 76(2):275-285.
- Gamboa, M., R. Reyes y J. Arrivillaga. 2008. Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de salud ambiental. *Boletín de Malariología y Salud Ambiental* 48(2):109-120.
- Hernández-Flores, J., M. Osorio-Beristain y C. Martínez-Garza. 2016. Ant foraging as an indicator of tropical dry forest restoration. *Environmental Entomology* 45(4):991-994.
- Luna-Reyes, M., J. Llorente-Bousquets y A. Luis-Martínez. 2008. Papilionoidea de la Sierra de Huautla, Morelos y Puebla, México (Insecta: Lepidoptera). *Revista de Biología Tropical* 56(4):1677-1716.
- Odum, E.P. 1972. *Ecología*. Interamericana, México.
- Olvera-Velona, A., Y. Capowicz, O. Masclé et al. 2008. Assessment of the toxicity of ethyl-parathion to earthworms (*Aporrectodea caliginosa*) using behavioural, physiological and biochemical markers. *Applied Soil Ecology* 40(3):476-483.
- Ortega-Arenas, L.D., A. Lagunes-Tejeda, J.C. Rodríguez-Maciel et al. 1998. Susceptibilidad a insecticidas en adultos de mosquita blanca *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae) de Tepoztlán, Morelos, México. *Agrociencia* 32(3):249-254.
- Pica-Granados, Y., G. Trujillo-Domínguez, H. Hernández-Salgado y A.J. Ruíz-López. 2012. Prospectiva de la ecotoxicología de la subcuenca de San Antón, en Cuernavaca, Morelos. En: *Contribuciones al conocimiento de la ecotoxicología y química ambiental en México*. Y. Pica-Granados y P. Ramírez-Romero (eds.). IMTA, Morelos, pp. 75-90.
- Ramírez-Mora, M.A. 2008. Escarabajos tigre (Coleoptera: Cicindelidae) del museo entomológico Francisco Luis Gallego: Nuevos registros para departamentos de Colombia. *Revista Facultad Nacional de Agronomía* 61(1):4302-4315.
- Ramírez-Romero, P. y A. Mendoza-Cantú. 2008. Introducción. En: *Ensayos toxicológicos para la evaluación de sustancias químicas en agua y suelo. La experiencia en México*. P. Ramírez-Romero y A. Mendoza-Cantú (comps.). SEMARNAT/INE, México, pp. 5-16.
- Rendón-Pareja, S., F. Artunduaga-Lemus, R. Ramírez-Pisco et al. 2011. Los macroinvertebrados como indicadores de la calidad del suelo en cultivos de mora, pasto y aguacate. *Revista Facultad Nacional de Agronomía* 64(1):5793-5802.
- Reyes-Novelo, E., V. Meléndez-Ramírez, H. Delfín-González y R. Ayala. 2009. Abejas silvestres (Hymenoptera: Apoidea) como bioindicadores en el neotrópico. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 10:1-13.
- Ronco, A., M.C. Díaz-Báez y Y. Pica-Granados. 2004. Elementos Básicos requeridos para la implementación de pruebas en análisis rutinarios. En: *Ensayos toxicológicos y métodos de evaluación de calidad de aguas. Estandarización intercalibración, resultado y aplicaciones*. G. Castillo-Morales (ed.). IMTA, México, pp. 31-46.
- Thorne, R. y P. Williams. 1997. The response of benthic macroinvertebrates to pollution in developing countries: a multimetric system of bioassessment. *Freshwater Biology* 37(3):671-686.
- Uribe-Hernández, R., C.H. Juárez-Méndez, M.A. Montes de Oca et al. 2010. Colémbolos (Hexapoda) como bioindicadores de la calidad de suelos contaminados con hidrocarburos en el sureste de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 81(1):153-162.
- Valladares, F. y N.F. Rodríguez-López. 2010. Ecofisiología, una aproximación mecanicista a los procesos ecológicos. *Ecosistemas* 19(1):8-9.
- Velázquez, V.E. y C.M. Vega. 2004. Los peces como indicadores del estado de salud de los ecosistemas acuáticos. *Biodiversitas* 57:12-15.
- Villarreal, H., M. Álvarez, S. Córdoba et al. 2006. Inventarios de biodiversidad. En: *Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad*. Programa de Inventarios de Biodiversidad del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, pp. 19-28.

# Pulgas ectoparásitas (Siphonaptera)

Roxana Acosta Gutiérrez

## Introducción

Las pulgas pertenecen al orden Siphonaptera (del griego *siphon* tubo y *aptera* sin alas). Son insectos parásitos pequeños que se distinguen de otros fácilmente por su estructura morfológica y hábitos (figura 1).

Miden de 1 a 8 mm, el cuerpo es comprimido lateralmente y está cubierto por sedas y espinas pequeñas. La cabeza tiene usualmente ojos evidentes, el aparato bucal está modificado para picar y succionar la sangre de sus huéspedes, por lo que son considerados hematófagos (Barrera 1953, Stark 1958). Las patas son fuertes, lo cual evidencia su gran habilidad para el salto, se ha documentado que algunas de ellas pueden saltar más de 100 veces el tamaño de su cuerpo (Rothschild *et al.* 1973).

Su ciclo de vida es completo y consiste en cuatro etapas de desarrollo: huevo, larva, pupa y adulto. Las pulgas son ectoparásitos (parásitos externos), que se alimentan de animales (aves y mamíferos) de sangre

caliente (homeotermos). Las especies de pulgas conocidas que parasitan mamíferos es de cerca de 94%, mientras 6% parasita aves (Barrera 1953, Stark 1958).

## Diversidad y distribución

En México existen 172 especies de pulgas distribuidas en todo el territorio (Acosta 2014). A pesar de este conocimiento son pocos los estados que se encuentran muestreados de forma adecuada en cuanto a la diversidad de pulgas, debido a que los ectoparásitos no eran colectados de manera sistemática cuando se recolectaban mamíferos o aves.

Morelos no es la excepción, Acosta y Fernández (2007) realizaron una revisión sobre la fauna de pulgas en el Eje Neovolcánico Transversal, al que pertenece el estado, y mencionan que es una de las entidades que se encuentran poco estudiadas en cuanto al conocimiento de las pulgas, además de contar con escasos trabajos para este grupo de insectos parásitos.



Figura 1. Pulga (*Strepsylla mina*). a) Macho y b) hembra. Fotos: R. Acosta.

Acosta, R. 2020. Pulgas ectoparásitas (Siphonaptera). En: *La biodiversidad en Morelos. Estudio de Estado 2*. Vol. II. CONABIO, México, pp. 181-183.

Entre los pocos estudios conocidos está el de Pérez-Ortiz (1976), quien llevó a cabo un estudio sobre la fauna de pulgas en el derrame lávico del Chichinautzin. Reportó, en principio, seis especies de pulgas y además encontró una marcada distribución altitudinal, que difería del patrón reconocido en sus huéspedes como lo encontrado por Barrera (1968) en el volcán Popocatepetl. Años más tarde, Ponce y Llorente (1996) registraron 27 especies para el estado al realizar una revisión de la fauna de pulgas para el país. Por otro lado, Salceda-Sánchez y Hastriter (2006) aumentaron el número a 30 especies.

En el presente trabajo se obtuvieron registros de 32 especies (31 identificadas) a partir de datos de la colección Siphonaptera del Museo de Zoología Alfonso L. Herrera de la Facultad de Ciencias-UNAM (apéndice 37). Las especies registradas incluyen a *Pulex irritans*, *Ctenocephalides felis* y *Myodopsylla collinsi* (ésta última parásita de murciélagos), y se agrupan en siete de las ocho familias reportadas para el país. Este número corresponde a 1.28% de las especies del mundo y 19.18% de las presentes en el país (Acosta 2014).

El conocimiento de las pulgas en Morelos se concentra en cinco de los 33 municipios del estado: Jiutepec, Miacatlan, Tepalcingo, Tepoztlán y Huitzilac. El mayor número de registros se presenta en los dos últimos (datos de la colección Siphonaptera del Museo de Zoología Alfonso L. Herrera de la Facultad de Ciencias-UNAM).

## Importancia

La importancia de este grupo de insectos se enfoca al aspecto sanitario, debido a que históricamente las pulgas han fungido como vectores de enfermedades marcando el desarrollo de la humanidad (Ford *et al.* 2004). Lo anterior, debido a su hábito hematófago en su fase adulta y a la capacidad de infestar diferentes huéspedes (Acosta y Fernández 2005). Además, son responsables de la transmisión de otras enfermedades ocasionadas por virus, bacterias y riketsias, lo cual generó grandes epidemias de peste bubónica, principalmente en Europa. Las afectaciones que pueden llegar a ocasionar, en primera instancia son irritación y molestias causadas por las picaduras en la piel, que en algunos casos llega a generar dermatitis, o incluso provocar anemia si la infestación es grande (Ford *et al.* 2004, Salceda-Sánchez 2004, Acosta y Fernández 2007).

Por razones de salud pública es importante el control de las pulgas de roedores silvestres y exóticos alrededor de las casas, pero también en mascotas como gatos y perros, así como en lugares donde se puedan esconder las pulgas como debajo de alfombras, grietas en el piso y aquellos lugares utilizados por las mascotas para descansar. El aseo continuo, impide a las pulgas llevar a cabo su ciclo de vida.

## Situación y estado de conservación

Debido a que las pulgas se consideran especies potencialmente dañinas, no se han planteado acciones para su conservación. Por el contrario, se trata de controlar su presencia o eliminarlas. Hasta el momento no hay datos o informes sobre especies de pulgas amenazadas o en peligro de extinción de la NOM-059 (SEMARNAT 2010). Existen especies de las cuales se conocen apenas algunos registros como son los casos de *Hectopsylla knighti* parásita de aves, *Stenistomera alpina* parásita de roedores y *Anomiopsyllus perotensis* en una especie de roedor endémico *Neotoma nelsoni* (Salceda-Sánchez y Hastriter 2006, Acosta y Fernández 2009).

Algunos autores comentan que apenas se conoce una fracción de la biodiversidad del país (Martínez-Meyer *et al.* 2014) y los sifonápteros no son la excepción. Hasta el momento, no se conoce por completo su diversidad y en ocasiones se desconoce que las pulgas que son parásitas y las infestaciones que producen en mamíferos y aves, ayudan a mantener las poblaciones de estos dos grupos bajo control mediando las interacciones competitivas entre los diferentes miembros de un ecosistema, por lo tanto, estos últimos se encuentran en buen estado de salud (Christie *et al.* 2006). Además, por la especificidad que existe en algunas pulgas respecto a sus huéspedes, es preciso enfocarse en la protección de aquellas especies de huéspedes que se encuentran amenazadas o en peligro de extinción para a su vez proteger este grupo (Ponce y Llorente 1996, Acosta y Fernández 2007).

## Conclusiones y recomendaciones

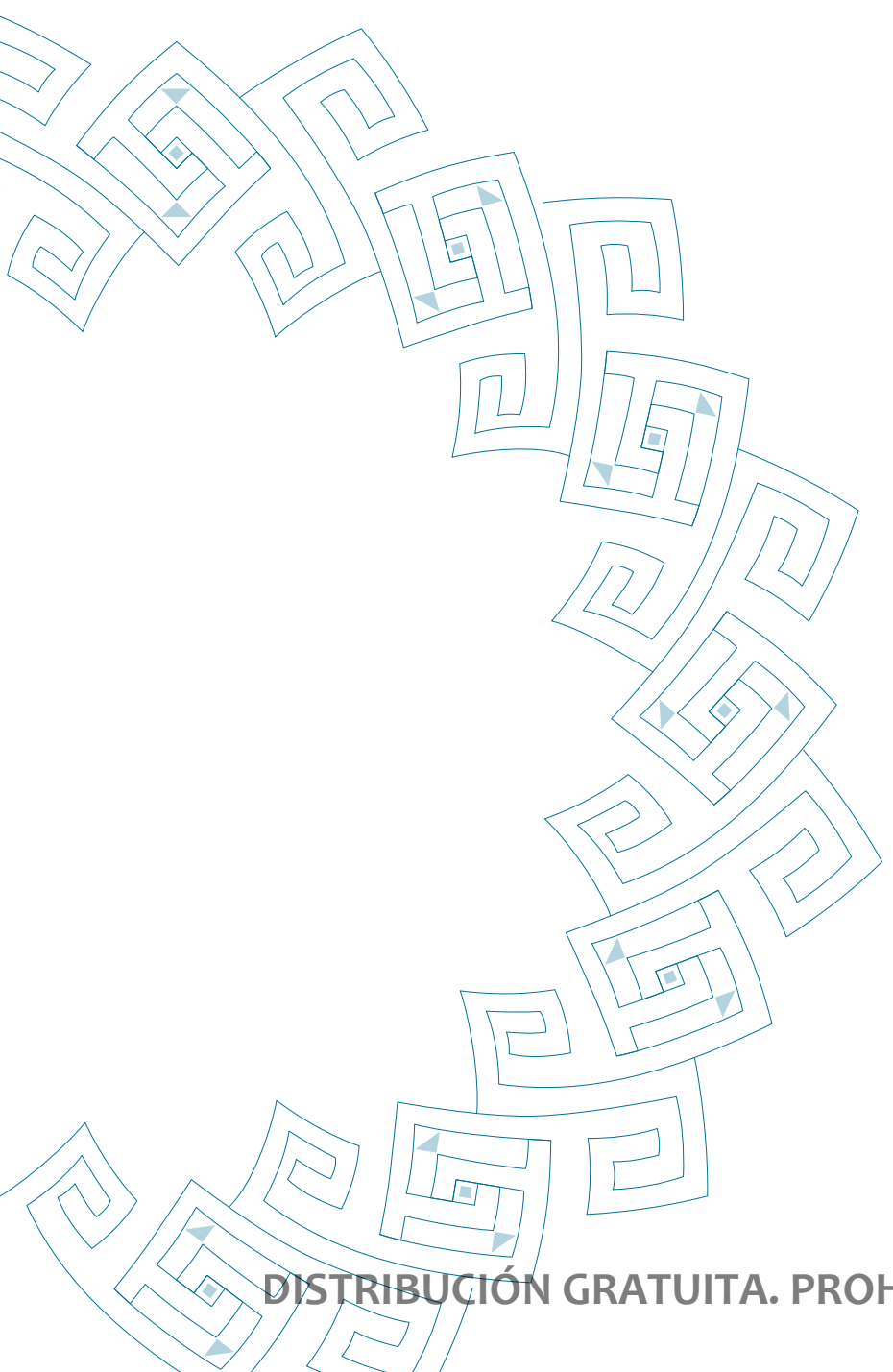
Este grupo de organismos no ha sido bien muestreado en el país, lo que queda explícito al ver que sólo cinco de 33 municipios de Morelos tienen información sobre la fauna de pulgas asociada a aves y mamíferos. Por ello, se

hace necesario realizar trabajos de investigación que permitan reconocer en este caso la diversidad de insectos parásitos (pulgas) en el estado y a nivel nacional.

En general, el conocimiento de los parásitos es importante dada su capacidad de transmitir enfermedades tanto en humanos como en animales silvestres y de compañía, además de ayudar al mantenimiento de la salud de las poblaciones y sus ecosistemas.

## Referencias

- Acosta, R. 2014. Biodiversidad de Siphonaptera en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85(Supl.):S345-S352.
- Acosta, R. y J.A. Fernández. 2005. Pulgas (Insecta: Siphonaptera): Fauna de pulgas asociadas a mamíferos. En: *Recursos naturales del Parque Nacional Malinche*. J.A. Fernández y J.C. López (eds.). Coordinación General de Ecología-Gobierno del Estado de Tlaxcala, México, pp. 157-174.
- . 2007. Fauna de pulgas y sus huéspedes. En: *Biodiversidad de la Faja Volcánica Transmexicana*. I. Luna, J.J. Morrone y D. Espinosa (eds.). UNAM, México, pp. 357-370.
- . 2009. A new species of *Anomiopsyllus* Baker, 1904 (Insecta: Siphonaptera), and noteworthy records of fleas from Nelson's woodrat, *Neotoma* Nelson (Rodentia: Cricetidae), in the Oriental basin, Mexico. *Journal of Parasitology* 95:532-535.
- Barrera, A. 1953. Sinopsis de los sifonápteros de la Cuenca de México (Ins:Siph.). *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas* 8:219-236.
- . 1968. Distribución cliserial de los Siphonaptera del volcán Popocatepetl, su interpretación biogeográfica. *Anales del Instituto de Biología-UNAM* 39:35-100.
- Christie, P., S. Morand y J. Michaux. 2006. Biological conservation and parasitism. En: *Micromammals and macroparasites, from evolutionary ecology to management*. S. Morand, B.R. Krasnov y R. Poulin (eds.). Springer, Tokyo, pp. 593-617.
- Ford, P.L., R.A. Fagerlund, D.W. Duszynski y P.J. Polechla. 2004. *Fleas and lice of mammals in New Mexico*. Department of Agriculture/Rocky Mountain Research Station, Fort Collins.
- Martínez-Meyer, E., J.E. Sosa-Escalante y F. Álvarez. 2014. El estudio de la biodiversidad en México: ¿una ruta con dirección? *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85(Supl.):S1-S9.
- Pérez-Ortiz, T.M. 1976. *Distribución de Siphonaptera en el derrame lávico del Chichinautzin, Morelos: Su interpretación ecológica y biogeográfica*. Tesis de licenciatura en biología. Facultad de Ciencias-UNAM, México.
- Ponce, H. y J. Llorente. 1996. Siphonaptera. En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento*. Vol. 1. J. Llorente-Bousquets, A. García-Aldrete y E. González-Soriano (eds.). Instituto de Biología-UNAM, México, pp. 553-565.
- Rothschild, M., Y. Schlein, K. Parker et al. 1973. The flying leap of the flea. *Scientific American* 229(5):92-98.
- Salceda-Sánchez, B. 2004. Clave para la identificación de adultos de las especies de pulgas (Insecta: Siphonaptera) comunes y de mayor importancia médica en México. *Folia Entomológica Mexicana* 43:27-41.
- Salceda-Sánchez, B. y M.W. Hastriter. 2006. A list of the fleas (Siphonaptera) of Mexico with new host and distribution records. *Zootaxa* 1296:29-43.
- SEMARNAT. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. *Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010*. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.
- Stark, H.E. 1958. *The Siphonaptera of Utah*. U.S. Department of Health, Education and Welfare, Atlanta.



**DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA**



# Moscas y mosquitos (Diptera)

Omar Ávalos Hernández y Juventino Giovanni Piceno Marez

## Introducción

Las moscas pertenecen al orden Diptera, que es grupo de insectos que incluye una gran diversidad de especies, formas, hábitos de vida y niveles de importancia. Las especies de este grupo se reconocen porque tienen un par de alas bien desarrolladas y un par de balancines. Los balancines son alas muy reducidas, en forma de palanca, que les sirven para el equilibrio durante el vuelo (figura 1a).

Este orden de insectos puede dividirse por el tamaño de sus antenas (largas y cortas). El suborden Nematocera son los dípteros con antenas largas en relación con el tamaño de su cuerpo, e incluyen a los mosquitos, los zancudos, los jejenes y otros insectos similares (figura 1a, b). Tan sólo por pertenecer al orden Diptera, a estos grupos también se les puede llamar moscas, en el sentido amplio del término.

Por otra parte, los dípteros con antenas cortas pertenecen al suborden Brachycera, representado, entre otros grupos, por los tábanos (figura 1c), las verdaderas moscas de la fruta (figura 1d), las moscas comunes, las panteoneras y otras familias más comúnmente reconocidas (Triplehorn y Johnson 2004).

El desarrollo de las moscas comprende una metamorfosis completa, es decir, pasan por las etapas de huevo, larva, pupa y adulto. Las larvas en su mayoría tienen forma de gusanos (vermiformes), esto es, no tienen patas. Cuando alcanzan un tamaño adecuado forman una pupa, de la cual surge un adulto maduro sexualmente con alas desarrolladas (Triplehorn y Johnson 2004).

## Diversidad y distribución

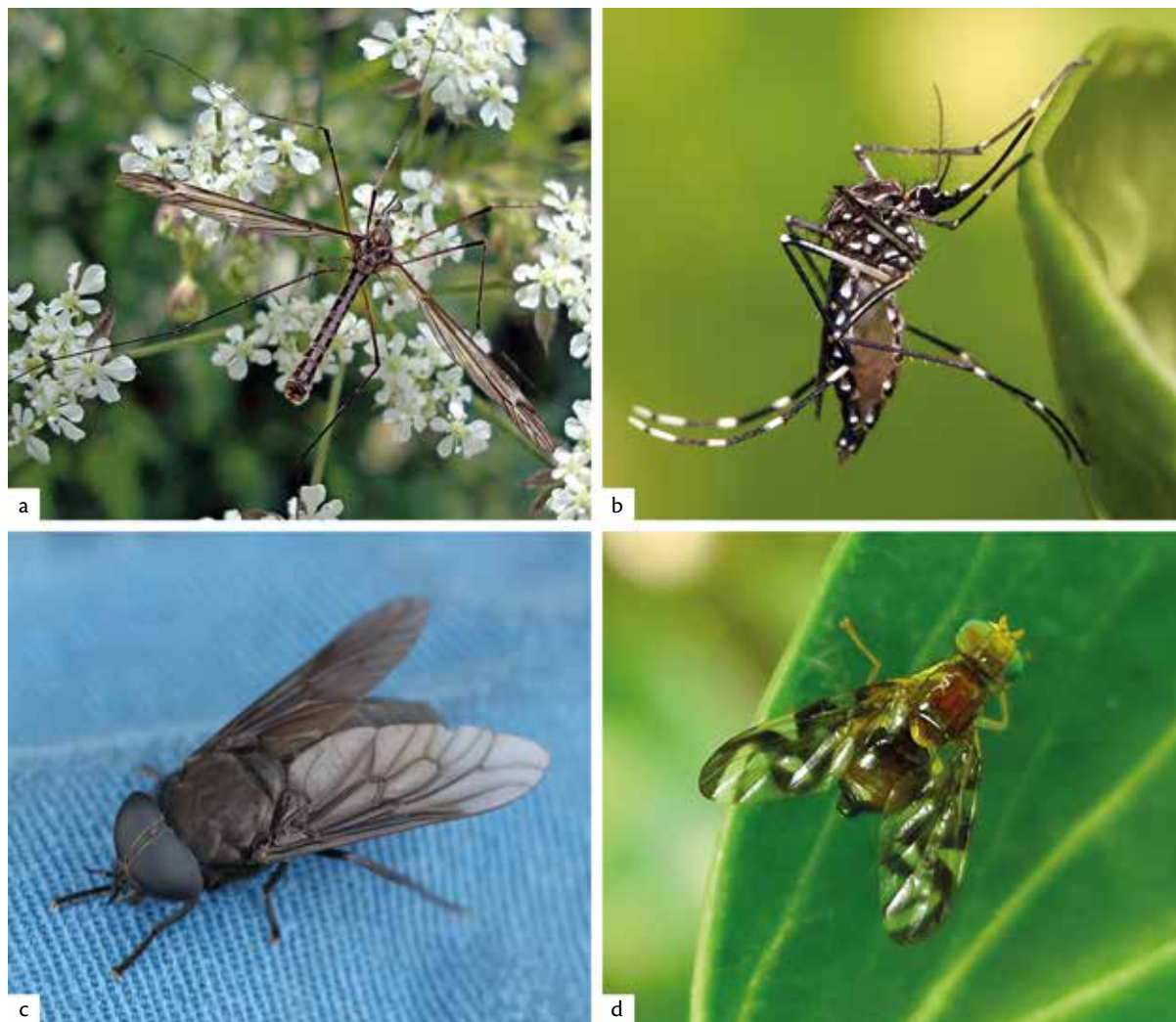
Las moscas son el cuarto orden de insectos más diverso con 155 500 especies descritas (Zhang 2011). Es por

esta diversidad y a que México es un país megadiverso (Llorente-Bousquets y Ocegueda 2008), que no se sabe con exactitud cuántas especies de moscas hay en el país. Pero si se toma a Bombyliidae como ejemplo, que es una de las familias mejor conocidas para Morelos, las 117 especies registradas en el estado representan aproximadamente 15% de las especies del país (Evenhuis y Greathead 1999, Ávalos-Hernández 2007, Ávalos-Hernández *et al.* 2014), lo que representa una riqueza muy alta con relación al área que ocupa el estado. Esto podría ocurrir con otras familias, pero no se han realizado los estudios necesarios.

En este capítulo se registran 560 especies de 39 familias de moscas para Morelos (apéndice 38). Esta lista es la más completa y actualizada de este orden para el estado y se elaboró con base en la literatura disponible (Stone *et al.* 1965, Hardy 1966, Foote 1967, Vulcano 1967, Papavero 1968, 1971, 1996, Steyskal 1968a, b, Lopes 1969, Alexander y Alexander 1970, Martin y Papavero 1970, Robinson 1970, Wenzel 1970, Wheeler 1970, Guimaraes 1971, Pont 1972, James 1973, Wirth 1974, Knutson 1976, Thompson *et al.* 1976, Sabrosky y Paganelli 1984, Ibáñez-Bernal *et al.* 1996, 2004, Evenhuis y Greathead 1999, Fitzgerald 2000, Ibáñez-Bernal 2000, Rohacek *et al.* 2001, Contreras-Ramos y Gelhaus 2002, Evenhuis 2002, Pollet *et al.* 2004, Godínez-Álvarez e Ibáñez-Bernal 2010, Gaimari y Mathis 2011, Webb *et al.* 2013, Siqueira-Oliveira y De Souza-Amorim 2014, Zetina *et al.* 2018), así como en los ejemplares depositados en la Colección Nacional de Insectos del Instituto de Biología-UNAM y el Museo de Zoología de la Facultad de Ciencias-UNAM.

Las familias más importantes en cuanto a su riqueza de especies son: Bombyliidae (115), Tachinidae (95), Syrphidae (57), Sarcophagidae (44), Simuliidae (28), Asilidae (26) y Tephritidae (20), que en conjunto

Ávalos-Hernández, O. y J.G. Piceno-Marez. 2020. Moscas y mosquitos (Diptera). En: *La biodiversidad en Morelos. Estudio de Estado 2*. Vol. II. CONABIO, México, pp. 185-192.



**Figura 1.** Especímenes del orden Diptera: a) ejemplar perteneciente a la familia Tipulidae, en el que se aprecia el segundo par de alas modificado en balancines; b) mosquito (*Aedes aegypti*, Culicidae), transmisor del dengue y la fiebre amarilla, en el que se aprecian las antenas largas con respecto al cuerpo característica del suborden Nematocera; c) tábano, perteneciente a la familia Tabanidae, miembro del suborden Brachycera, moscas con antenas cortas; y d) moscas de la fruta de la familia Tephritidae, que se alimentan de tejido vegetal y pueden llegar a ser plagas de cultivos. Fotos: Mick Talbot/licencia CC BY-NC 3.0 (a), Muhammad Mahdi Karim/GNU Free Documentation License (b), John Kemner (c), Gailhampshire/licencia CC BY 2.0 (d).

representan cerca de 70% de las especies registradas para la entidad. Se reconocen sólo dos especies endémicas del estado: una especie de jején (*Dasyhelea saltensis*: Ceratopogonidae) y una de mosca midas (*Mydas evansi*: Mydidae).

Los registros de moscas en la entidad son de recolectas aisladas y heterogéneas (figura 2). Los dos estudios faunísticos de Bombyliidae en Quilamula (Ávalos-Hernández 2007) y en Cañón de Lobos (Rodríguez-Ortuño 1989) comprenden 73% de los

registros localizados geográficamente. Cabe señalar que el tipo de vegetación en estas dos localidades es selva baja caducifolia.

Por otro lado, hay dos localidades con bosque de pino-encino (Huitzilac y Teleta del Volcán) relativamente bien muestreadas, comparadas con las localidades anteriores. Como patrón general, se observa que las recolectas se concentran al norte y en menor medida al sur del estado, mientras que la región central de la entidad está casi sin explorar (figura 2).

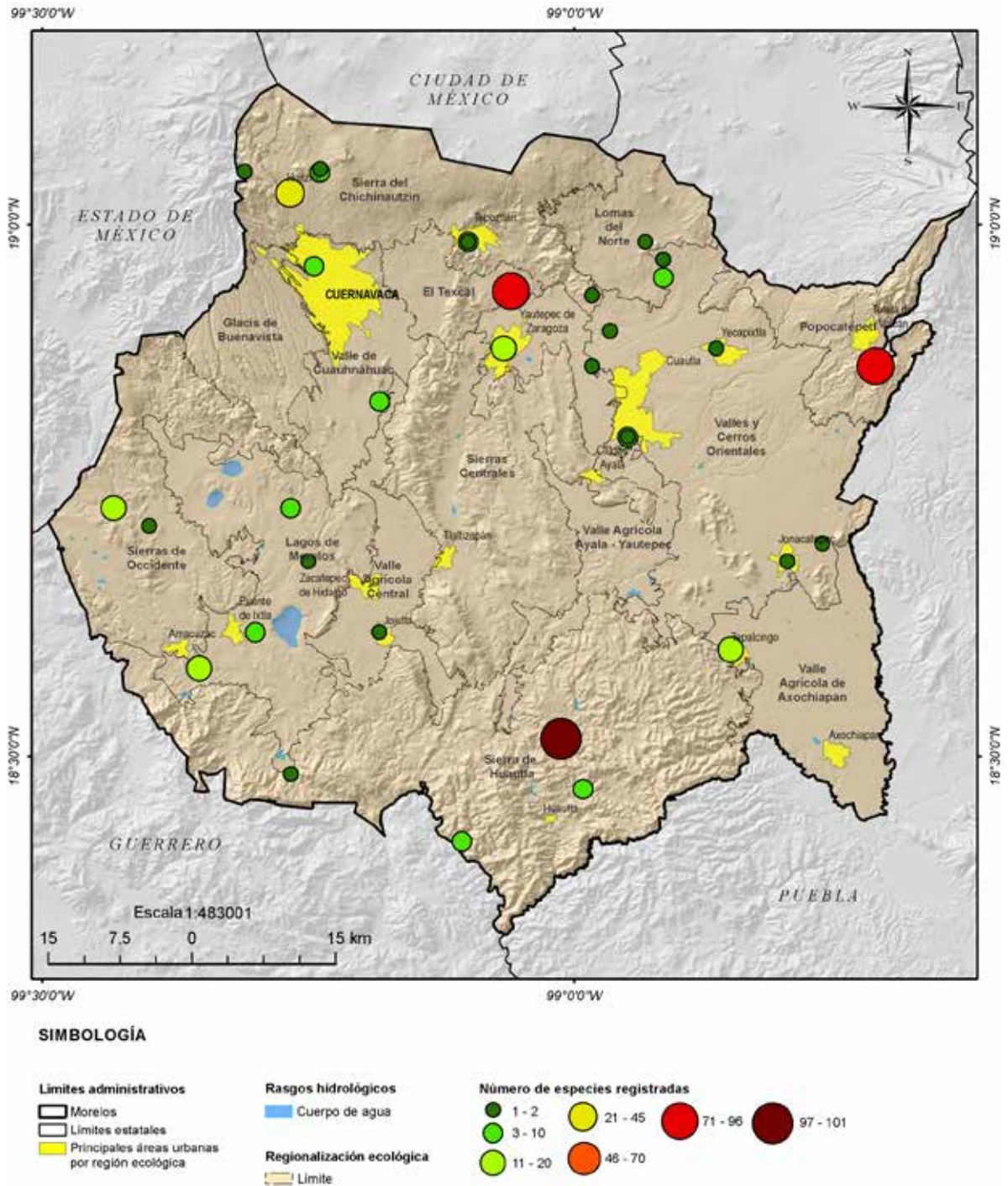


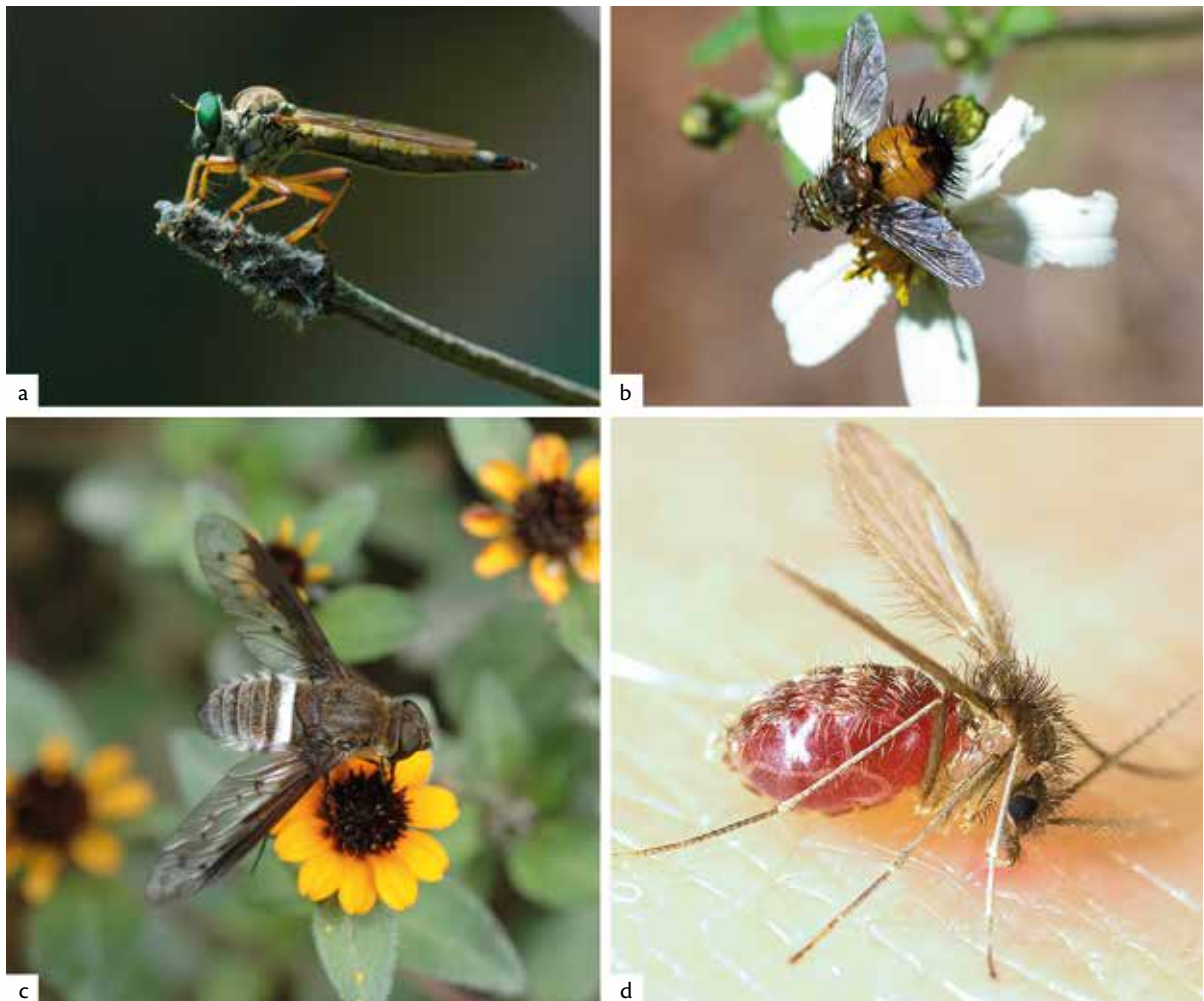
Figura 2. Localidades de recolecta de moscas en Morelos, donde el tamaño de los círculos representa el número de especies encontradas en cada localidad. Fuente: elaboración propia.

## Importancia

Una característica ecológica importante de las moscas es la variedad de fuentes de alimento de las distintas especies. Las larvas y los adultos de los diferentes grupos se alimentan de sangre, tejidos vegetales (hojas, frutos, raíces), otros insectos, tejido y desechos de vertebrados, polen y néctar, materia orgánica en descomposición (incluyendo cadáveres y excremento) y madera. Esta diversidad de hábitos alimenticios les confiere importancia en muchos ámbitos como: el médico, el agrícola, el forestal y el ganadero, campos en donde las moscas tienen impactos tanto positivos como negativos.

Las moscas y mosquitos son los insectos más relacionados con los seres humanos. Por un lado, especies de las familias Culicidae (figura 1b) y Simuliidae transmiten enfermedades (Rueda 2004); de Calliphoridae atacan al ganado (Rodríguez-Diego *et al.* 2016) y de Agromyzidae y Tephritidae a los cultivos (figura 1d; Aluja *et al.* 1997).

Por otro lado, ayudan a mantener el funcionamiento de los ecosistemas al controlar de forma natural la abundancia de otros insectos tal y como lo hacen las familias Asilidae (figura 3a) y Tachinidae (figura 3b), reciclar materia orgánica como los Sarcophagidae, Muscidae y Stratiomyidae, y participar en la polinización como los Bombyliidae (figura 3c) y Syrphidae (Ssymank *et al.* 2008).



**Figura 3.** Moscas y mosquitos pertenecientes a las familias: a) Asilidae, moscas depredadoras que atrapan sus presas al vuelo; b) Tachinidae, insectos parasitoides que controlan la abundancia de otros insectos; c) Bombyliidae o moscas abeja, se alimentan de néctar y polen, y participan en la polinización; y d) Psychodidae, mosquito hematofago (*Lutzomyia* sp.) transmisor de la leishmaniasis cutánea. Fotos: John Kemner (a, b, c), Ray Wilson/ licencia cc BY 2.5 (d).

En Morelos se registraron 595 casos de dengue en 2015, enfermedad transmitida por el mosquito *Aedes aegypti* (Culicidae, figura 1b; COESA 2016). Para el estado también se reportan los géneros de las moscas de la humedad o moscas palomilla *Clogmia* y *Lutzomyia* (Psychodidae, figura 3d), que actúan como vectores de la leishmaniasis cutánea (Godínez-Álvarez e Ibáñez-Bernal 2010). Esta enfermedad la causa un protozoo parásito que genera lesiones cutáneas ulcerosas, que dejan cicatrices y son causa de discapacidad grave (Llop *et al.* 2001). De estos vectores se tiene suficiente información, debido a que la prevención y erradicación de las enfermedades que transmiten es a través de la eliminación del mosquito.

La plaga de mosca negra (*Bradisya difformis*: Sciaridae), además de algunas especies de la familia Mycetophilidae atacan a la flor de nochebuena y generan efectos económicos negativos (Villanueva *et al.* 2013). Morelos es uno de los productores principales de nochebuenas, por lo que esta plaga ocasiona pérdidas económicas relevantes (García 2008).

El conocimiento de las especies benéficas, que podrían ayudar a combatir a las especies dañinas o aumentar la producción agrícola, aún es muy básico. Por ejemplo, para conocer las especies que participan en la polinización se requiere tener la lista de moscas y las redes de interacción con las plantas que visitan. En este sentido, para tener este beneficio es necesario realizar más investigaciones en la entidad.

## Situación y estado de conservación

En general, los insectos se consideran poco en las estrategias de conservación, en las que se da más peso a vertebrados y plantas (SEMARNAT 2010). Y dentro de los insectos, las moscas están en segundo plano respecto a grupos más visibles como mariposas o escarabajos.

Inclusive se buscan estrategias para el control o eliminación de las poblaciones de moscas por los efectos negativos de algunas especies (Tapia 2016). Esto se ve reflejado en que ninguna de las especies de dípteros de Morelos está en alguna categoría de riesgo (SEMARNAT 2010).

La lista de especies endémicas también es reducida (apéndice 38). Es probable que los endemismos sean más, pero la falta de conocimiento sobre el grupo impide reconocerlo. Si no se tienen muestreos suficientes,

no es posible conocer qué especies tiene el estado, si están presentes en otra entidad, así como el estado de las sus poblaciones. La gran mayoría de las especies y familias son benéficas para el ser humano y deben ser conservadas.

## Factores de presión

No hay presiones específicas reconocidas para las moscas en la entidad. Sin embargo, este grupo, así como muchos otros de insectos, se encuentra amenazado por la pérdida de hábitats naturales. La reducción o desaparición de moscas depredadoras y parasitoides, como las de las familias Asilidae, Tachinidae y Syrphidae, puede generar explosiones poblacionales de otros insectos herbívoros o parásitos (Schmitz *et al.* 2000).

La pérdida de diversidad vegetal, en particular de plantas con flores que dan paso a los cultivos, propicia la pérdida de moscas polinizadoras (Bombyliidae y Syrphidae). Esto puede ocurrir principalmente en monocultivos que no ofrecen néctar a los insectos, como es el caso de la caña de azúcar, uno de los principales del estado (FIRA 2016). La pérdida de estas moscas retroalimenta la pérdida de especies vegetales con flores, dado que éstas necesitan ser polinizadas (Kearns e Inouye 1997).

En general, se puede afirmar que los procesos que eliminan el hábitat natural son la amenaza principal de las moscas benéficas. Por el contrario, en los ambientes perturbados proliferan las moscas no deseables (transmisoras de enfermedades, plagas de cultivos, plagas agrícolas), en parte por la ausencia de competidores y depredadores.

## Conclusiones y recomendaciones

Las poblaciones de especies de moscas dañinas para los seres humanos, sus cultivos y su ganado pueden aumentar con el deterioro ambiental y el cambio climático (Caminade *et al.* 2014), por lo que su estudio y monitoreo es relevante. Sin embargo, estas moscas representan una mínima proporción de la gran diversidad de dípteros.

Las moscas benéficas, que son la mayoría, participan en muchos procesos ecológicos fundamentales para el mantenimiento de las sociedades humanas, por lo que su estudio es tan relevante como el de las especies dañinas. Una constante en la investigación de insectos es la falta de conocimiento básico. Al respecto, es necesario señalar

que, para llegar a una estrategia de conservación y manejo, es necesario primero realizar investigación básica.

En primer lugar, se requieren estudios faunísticos para reconocer y ubicar la diversidad presente en la entidad. En este capítulo se reconoció que el esfuerzo de muestreo debe dirigirse a la zona centro del estado, sin dejar a un lado otros tipos de vegetación distintos a la selva baja y el bosque de pino-encino, esto con el objetivo de completar el mapa de distribución de moscas en la entidad.

Posterior al inventario de especies, se requieren estudios ecológicos para conocer las interacciones de las moscas y cuantificar su papel en el ecosistema. Esto permitirá reconocer amenazas a grupos específicos y la consecuencia de la desaparición de especies benéficas. En el caso de especies dañinas, conocer la distribución, ciclos de vida y enemigos naturales de las plagas para poder combatir las.

Finalmente, se podrían aplicar planes de aprovechamiento, como pueden ser el control biológico con especies depredadoras o parasitoides, o la facilitación de la polinización por moscas. Estos planes no requieren de demasiada inversión económica, simplemente es necesario mantener las condiciones adecuadas para que de manera natural las poblaciones de moscas benéficas proliferen.

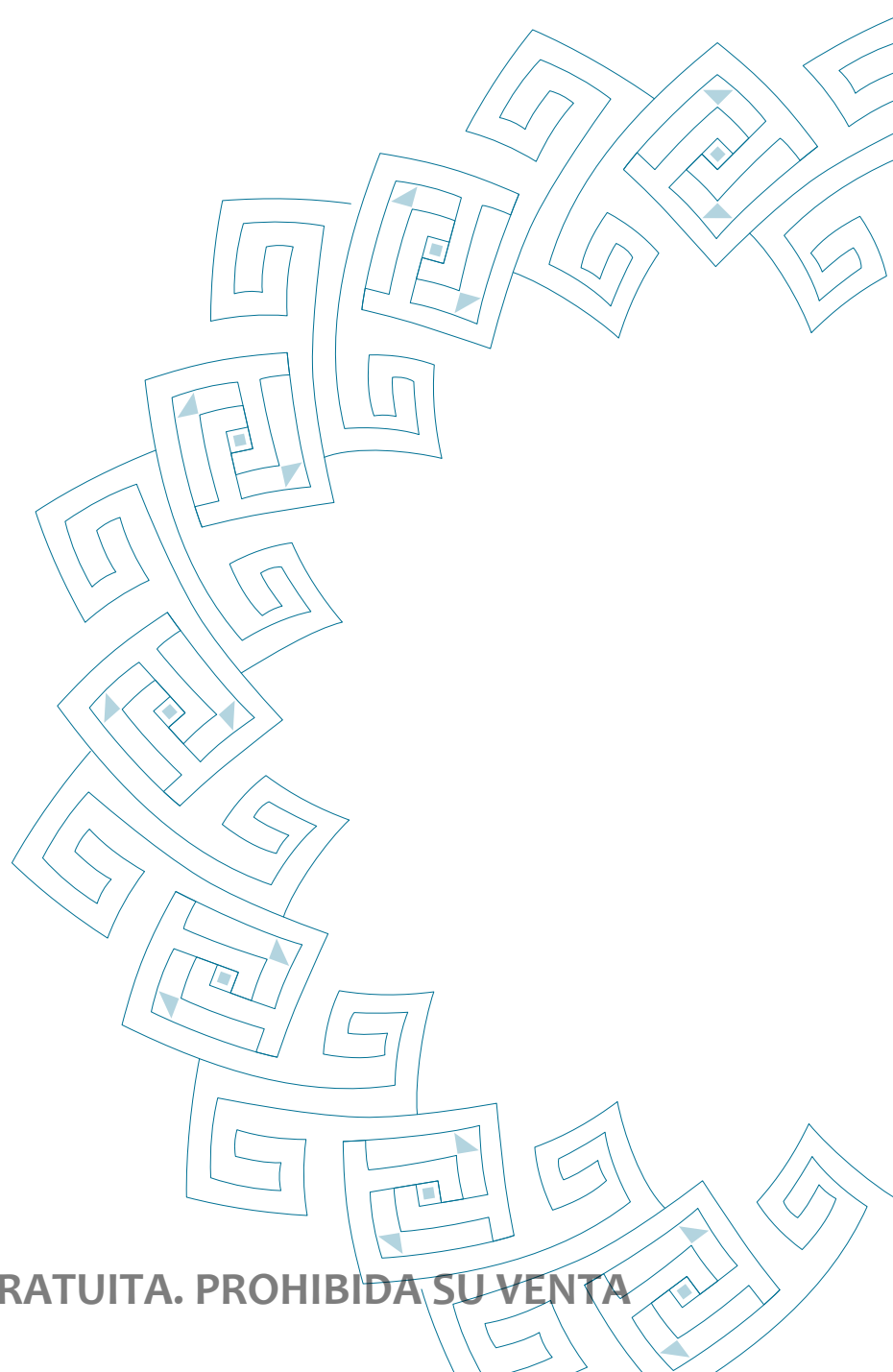
## Referencias

- Alexander, C.P. y M.M. Alexander. 1970. Family Tipulidae. En: *A catalogue of the Diptera of the Americas south of the United States*. P.E. Vanzolini y N. Papavero (eds.). Departamento de Zoología-Secretaría de Agricultura de Sao Paulo, Brasil, pp. 4.1-4.259.
- Aluja, M., A. Jiménez, J. Piñero et al. 1997. Daily activity patterns and within-field distribution of papaya fruit flies (Diptera: Tephritidae) in Morelos and Veracruz, Mexico. *Annals of the Entomological Society of America* 90:505-520.
- Ávalos-Hernández, O. 2007. Bombyliidae (Insecta: Diptera) de Quilamula en el área de reserva Sierra de Huautla, Morelos, México. *Acta Zoológica Mexicana* 23:139-169.
- Ávalos-Hernández, O., J. Kits, M. Trujano-Ortega et al. 2014. New records of bee flies (Diptera, Bombyliidae) from Cuatro Ciénegas, Coahuila, Mexico. *Zookeys* 422:49-85.
- Caminade, C., S. Kovats, J. Rocklov et al. 2014. Impact of climate change on global malaria distribution. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 111:3286-3291.
- COESA. Consejo Estatal de Salud. 2016. *Coordinación contra dengue, chikungunya y zika*. En: <<http://morelos.gob.mx/?q=prensa/nota/coordinacion-contra-dengue-chikungunya-y-zika>>, última consulta: 4 de agosto de 2017.
- Contreras-Ramos, A. y J.K. Gelhaus. 2002. Tipulidae. En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento*. Vol. III. J. Llorente-Bousquets y J. Morrone (eds.). Facultad de Ciencias-UNAM, México, pp. 583-595.
- Evenhuis, N.L. 2002. *Catalog of the Mythicomyiidae of the world (Insecta: Diptera)*. Bishop Museum Press, Honolulu.
- Evenhuis, N.L. y D.J. Greathead. 1999. *World catalog of bee flies (Diptera: Bombyliidae)*. Backhuys Publishers, Leiden.
- FIRA. Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura. 2016. *Panorama Agroalimentario, Azúcar 2015*. En: <<http://www.gob.mx/fira/documentos/panorama-agroalimentario>>, última consulta: 4 de agosto de 2017.
- Fitzgerald, S.J. 2000. Bibionidae (Diptera). En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento*. Vol. II. J. Llorente-Bousquets, E. González-Soriano y N. Papavero. Facultad de Ciencias-UNAM, México, pp. 627-634.
- Foote, R.H. 1967. Family Tephritidae. En: *A catalogue of the Diptera of the Americas south of the United States*. P.E. Vanzolini y N. Papavero (eds.). Departamento de Zoología-Secretaría de Agricultura de Sao Paulo, Brasil, pp. 57.1-57.91.
- Gaimari, S.D. y W.N. Mathis. 2011. World catalog and conspectus on the family Odiinidae (Diptera: Schizophora). *Contributions to the Systema Dipterorum (Insecta: Diptera)*. *Myia* 12:291-339.
- García, P.F. 2008. *Fungus gnat. Insecto plaga en ornamentales. Desplegable informativo No. 31*. SAGARPA/INIFAP/CIRPAS/Fundación Produce Morelos, Morelos.
- Godínez-Álvarez, A. y S. Ibáñez-Bernal. 2010. Catálogo de Psychodidae (Diptera) de la Colección de artrópodos con importancia médica del INDRE, Secretaría de Salud, México. *Acta Zoológica Mexicana* 26:99-121.
- Guimaraes, J.H. 1971. Family Tachinidae. En: *A catalogue of the Diptera of the Americas south of the United States*. P.E. Vanzolini y N. Papavero (eds.). Departamento de Zoología-Secretaría de Agricultura de Sao Paulo, Brasil, pp. 104.1-104.333.
- Hardy, D.E. 1966. Family Bibionidae. En: *A catalogue of the Diptera of the Americas south of the United States*. P.E. Vanzolini y N. Papavero (eds.). Departamento de Zoología-Secretaría de Agricultura de Sao Paulo, Brasil, pp. 18.1-18.20.
- Ibáñez-Bernal, S. 2000. Psychodidae (Diptera). En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento*. Vol. II. J. Llorente-Bousquets, E. González-Soriano y N. Papavero. Facultad de Ciencias-UNAM, México, pp. 607-626.

- Ibáñez-Bernal, S., V. Hernández-Ortiz y L. Miranda-Martín del Campo. 2004. Dolichopodidae (Diptera). En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento*. Vol. iv. Llorente-Bousquets, J. Morrone, O. Yáñez-Ordóñez e I. Vargas-Fernández (eds.). Facultad de Ciencias-UNAM, México, pp. 759-765.
- Ibáñez-Bernal, S., W.W. Wirth y H. Huerta-Jiménez. 1996. Ceratopogonidae (Diptera). En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento*. Vol. i. J. Llorente-Bousquets, A. García-Aldrete y E. González-Soriano (eds.). Instituto de Biología- UNAM, México, pp. 567-577.
- James, M.T. 1973. Family Stratiomyidae. En: *A catalogue of the Diptera of the Americas south of the United States*. P.E. Vanzolini y N. Papavero (eds.). Departamento de Zoología-Secretaría de Agricultura de Sao Paulo, Brasil, pp. 26.1-26.95.
- Kearns, C.A. y D.W. Inouye. 1997. Pollinators, flowering plants, and conservation biology. *BioScience* 47:297-307.
- Knutson, L. 1976. Family Sciomyzidae. En: *A catalogue of the Diptera of the Americas south of the United States*. P.E. Vanzolini y N. Papavero (eds.). Departamento de Zoología-Secretaría de Agricultura de Sao Paulo, Brasil, pp. 64.1-64.24.
- Llop, H.A., M. Valdés-Dapena y J.L. Zuazo. 2001. *Microbiología y parasitología médicas*. Tomo III. Editorial Ciencias Médicas, La Habana.
- Llorente-Bousquets, J. y S. Ocegueda. 2008. Estado del conocimiento de la biota. En: *Capital natural de México: conocimiento actual de la biodiversidad, vol. I*. CONABIO, México, pp. 283-322.
- Lopes, H.S. 1969. Family Sarcophagidae. En: *A catalogue of the Diptera of the Americas south of the United States*. P.E. Vanzolini y N. Papavero (eds.). Departamento de Zoología-Secretaría de Agricultura de Sao Paulo, Brasil, pp. 103.1-103.88.
- Martin, C.H. y N. Papavero. 1970. Family Asilidae. En: *A catalogue of the Diptera of the Americas south of the United States*. P.E. Vanzolini y N. Papavero (eds.). Departamento de Zoología-Secretaría de Agricultura de Sao Paulo, Brasil, pp. 35b.1-35b.139.
- Papavero, N. 1968. Family Mydidae. En: *A catalogue of the Diptera of the Americas south of the United States*. P.E. Vanzolini y N. Papavero (eds.). Departamento de Zoología-Secretaría de Agricultura de Sao Paulo, Brasil, pp. 34.1-34.20.
- . 1971. Family Conopidae. En: *A catalogue of the Diptera of the Americas south of the United States*. P.E. Vanzolini y N. Papavero (eds.). Departamento de Zoología-Secretaría de Agricultura de Sao Paulo, Brasil, pp. 47.1-47.28.
- . 1996. Mydidae (Diptera). En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento*. Vol. i. J. Llorente-Bousquets, A. García-Aldrete y E. González-Soriano (eds.). Instituto de Biología-UNAM, México, pp. 619-634.
- Pollet, M.A.A., S. Brooks y J.M. Cumming. 2004. Catalog of the Dolichopodidae (Diptera) of America North of Mexico. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 283:1-114.
- Pont, A.C. 1972. Family Muscidae. En: *A catalogue of the Diptera of the Americas south of the United States*. P.E. Vanzolini y N. Papavero (eds.). Departamento de Zoología-Secretaría de Agricultura de Sao Paulo, Brasil, pp. 97.1-97.111.
- Robinson, H. 1970. Family Dolichopodidae. En: *A catalogue of the Diptera of the Americas south of the United States*. P.E. Vanzolini y N. Papavero (eds.). Departamento de Zoología-Secretaría de Agricultura de Sao Paulo, Brasil, pp. 40.1-40.92.
- Rodríguez-Diego, J.G., J.L. Olivares-Orozco, Y. Sánchez-Castilleja y J. Arece-García. 2016. El gusano barrenador del ganado, *Cochliomyia hominivorax* (Diptera:Calliphoridae): un problema en la salud animal y humana. *Revista de Salud Animal* 38:120-130.
- Rodríguez-Ortuño, V. 1989. *Estudio faunístico de los Bombyliidae (Diptera) Cañón de Lobos, Morelos, México*. Tesis de licenciatura en biología. Facultad de Ciencias-UNAM, México.
- Rohacek, J., S.A. Marshall, A.L. Norrbom et al. 2001. *World catalog of Sphaeroceridae (Diptera)*. Slezske Zemske Muzeum, Opava.
- Rueda, L. 2004. Pictorial keys for the identification of mosquitoes (Diptera: Culicidae) associated with Dengue Virus Transmission. *Zootaxa* 589:1-60.
- Sabrosky, C.W. y C.H. Paganelli. 1984. Family Chloropidae. En: *A catalogue of the Diptera of the Americas south of the United States*. P.E. Vanzolini y N. Papavero (eds.). Departamento de Zoología-Secretaría de Agricultura de Sao Paulo, Brasil, pp. 81.1-81.63.
- Schmitz, O.J., P.A. Hamback y A.P. Beckerman. 2000. Trophic cascades in terrestrial systems: a review of the effects of carnivore removals on plants. *The American Naturalist* 155:141-153.
- SEMARNAT. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. *Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010*. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.
- Siqueira-Oliveira, S. y D. De Souza-Amorim. 2014. Catalogue of Neotropical Diptera. Mycetophilidae. *Neotropical Diptera* 25:1-87.
- Ssymank, A., C.A. Kerns, T. Pape y F.C. Thompson. 2008. Pollinating Flies (Diptera): A major contribution to plant diversity and agricultural production. *Biodiversity* 9:86-89.
- Steyskal, G.C. 1968a. Family Otitidae. En: *A catalogue of the Diptera of the Americas south of the United States*. P.E. Vanzolini y N. Papavero (eds.). Departamento de Zoología-Secretaría de Agricultura de Sao Paulo, Brasil, pp. 54.1-54.31.
- . 1968b. Family Richardidae. En: *A catalogue of the Diptera of the Americas south of the United States*. P.E. Vanzolini y N. Papavero (eds.). Departamento de Zoología-Secretaría de Agricultura de Sao Paulo, Brasil, pp. 53.1-53.26.

- Stone, A., C.W. Sabrosky, W.W. Wirth *et al.* 1965. *A catalog of the Diptera of America North of Mexico*. Agricultural Research Service-USDA, Washington.
- Tapia, G. 2016. *Refuerza Yautepec eliminación del mosquito*. Diario de Morelos 9 de junio. En: <<https://www.diariodemorelos.com/noticias/refuerza-yautepec-eliminaci%C3%B3n-del-mosco>>, última consulta: 18 de mayo de 2017.
- Thompson, F.C., J.R. Vockeroth y Y.S. Sedman. 1976. Family Syrphidae. En: *A catalogue of the Diptera of the Americas south of the United States*. P.E. Vanzolini y N. Papavero (eds.). Departamento de Zoología-Secretaría de Agricultura de Sao Paulo, Brasil, pp. 46.1-46.195.
- Triplehorn, C.A. y N.F. Johnson. 2004. *Borror and DeLong's Introduction to the Study of Insects*. Thomson Brooks/Cole, Belmont.
- Villanueva, E., S. Ibáñez-Bernal, J.R. Lomelí Flores *et al.* 2013. Identificación y caracterización de la mosca negra *Bradysia difformis* (Diptera: Sciaridae) en el cultivo de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima*) en el centro de México. *Acta Zoológica Mexicana* 29:363-375.
- Vulcano, M.A. 1967. Family Simuliidae. En: *A catalogue of the Diptera of the Americas south of the United States*. P.E. Vanzolini y N. Papavero (eds.). Departamento de Zoología-Secretaría de Agricultura de Sao Paulo, Brasil, pp. 16.1-16.44.
- Webb, D.W., S.D. Gaimari, M. Hauser *et al.* 2013. An annotated catalogue of the New World Therevidae. *Zootaxa* 3600:1-105.
- Wenzel, R.L. 1970. Family Streblidae. En: *A catalogue of the Diptera of the Americas south of the United States*. P.E. Vanzolini y N. Papavero (eds.). Departamento de Zoología-Secretaría de Agricultura de Sao Paulo, Brasil, pp. 100.1-100.25.
- Wheeler, M.R. 1970. Family Drosophilidae. En: *A catalogue of the Diptera of the Americas south of the United States*. P.E. Vanzolini y N. Papavero (eds.). Departamento de Zoología-Secretaría de Agricultura de Sao Paulo, Brasil, pp. 79.1-79.65.
- Wirth, W.W. 1974. Family Ceratopogonidae. En: *A catalogue of the Diptera of the Americas south of the United States*. P.E. Vanzolini y N. Papavero (eds.). Departamento de Zoología-Secretaría de Agricultura de Sao Paulo, Brasil, pp. 14.1-14.89.
- Zetina, D.H., J. Romero-Nápoles, A. Contreras-Ramos y J.L. Carrillo-Sánchez. 2018. Checklist of Tachinidae (Insecta, Diptera) in México. *Transactions of the American Entomological Society* 144:1-89.
- Zhang, Z.Q. 2011. Animal biodiversity: an outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness. *Zootaxa* 3148:1-237.





**DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA**

## Incidencia de los mosquitos en la salud humana

Alejandro Villegas Trejo, Miguel Moreno García, Cassandra González Acosta y Humberto Lanz Mendoza

México es una zona endémica de infecciones producidas por virus dengue (Ibáñez-Bernal y Gómez-Dantes 1995); a esto se ha agregado la introducción y la rápida diseminación de los virus Chikungunya y Zika que se propagaron desde América del sur (Rivera-Ávila 2014, Guerbois *et al.* 2016). Estas tres enfermedades virales son transmitidas por mosquitos *Aedes* spp. y tienen síntomas clínicos muy parecidos.

A nivel mundial, la enfermedad vírica del dengue es el principal padecimiento transmitido por el mosquito (Halstead 2008). Respecto a México, desde el 2000 la incidencia de la enfermedad ha mantenido una tendencia ascendente, y los programas de control de las poblaciones del mosquito no han logrado su objetivo, debido a que la mayoría de los recursos se invierten al control químico y no a la prevención (ss 2014).

En Morelos los primeros casos por fiebre a causa del dengue se registraron en 1983, pero fue hasta 1998 que se produjo su primer brote. Para 2006 se presentó un segundo brote, con 2 784 casos confirmados (Servicios de Salud de Morelos 2006), y en 2008 se documentaron alrededor de 8 118 casos confirmados, lo que representó el brote de mayor magnitud registrado en la entidad. En dicho brote 82% de los casos se localizaron en el norte del estado, en donde afectó, entre otros, al municipio de Temixco (Servicios de Salud de Morelos 2008).

Posteriormente, en 2012 se registró un brote de menor magnitud con 5 018 casos (Servicios de Salud de Morelos 2012). En 2015 y 2016, la tendencia de casos confirmados de dengue disminuyó considerablemente a nivel estatal con 575 y 752 casos respectivamente (ss 2015, 2016).

Aunque es evidente la disminución en los casos confirmados de dengue, las acciones erradicación del mosquito en el programa de control han permanecido,

e incluso se han reforzado por la reciente incidencia de nuevos arbovirus (virus que se multiplican en artrópodos hematófagos y posteriormente son transmitidos por su picadura a un vertebrado) en la entidad conocido como Chikungunya en 2015, y Zika en 2016 (ss 2015, 2016).

La expansión del rango geográfico de los mosquitos subraya la necesidad de investigar las dinámicas de transmisión en más detalle. Hasta 2018, no existe ninguna vacuna ni tratamiento antiviral específico para la infección con estos virus. Las medidas de control de la enfermedad que han resultado más efectivas se centran en eliminar las fases acuáticas del insecto, así como evitar el piquete del mosquito (Gubler y Clark 1996).

El seguimiento de las poblaciones de mosquitos podría proporcionar mejores resultados en la evaluación de los riesgos para la transmisión de esta enfermedad a los humanos, así como mejores rendimientos en los análisis de costo beneficio de las intervenciones.

El primer listado de especies de mosquitos de Morelos fue realizado por Martini (1935). La última revisión y actualización se realizó en 2009 (Villegas-Trejo *et al.* 2010), en la cual se reporta para el estado 46 especies pertenecientes a 17 subgéneros y nueve géneros (apéndice 39). Las principales especies transmisoras de virus dengue son *Aedes aegypti* y *A. albopictus*.

A pesar de que al mosquito *A. aegypti* (figura 1) se le implica como el principal transmisor de la enfermedad a nivel mundial, se considera que otras especies como *A. albopictus* podrían tener un papel importante en la diseminación de patógenos en los escenarios silvestres y urbanos (Kyle y Harris 2008).

También se observa la presencia de *Culex quinquefasciatus*, el cual es transmisor del virus del oeste del Nilo. Sin embargo, dicha enfermedad no tiene

Villegas-Trejo, A., M. Moreno García, C. González Acosta y H. Lanz Mendoza. 2020. Incidencia de los mosquitos en la salud humana. En: *La biodiversidad en Morelos. Estudio de Estado 2. Vol. II*. CONABIO, México, pp. 194-197.



**Figura 1.** Ejemplar de mosquito (*Aedes aegypti*) colectado en Morelos. Foto: Centro Regional de Control de Vectores, Morelos.



**Figura 2.** Ejemplar de mosquito de la especie *Aedes epactius* colectado en Morelos. Foto: Centro Regional de Control de Vectores, Morelos.

impacto sobre la población morelense. Por su parte *A. epactius* (figura 2) es una especie que coexiste con *A. aegypti* y *A. albopictus*, por lo que podría tener un efecto de interferencia debido a competencia por recursos (Juliano y Lounibos 2005).

En un escenario de competencia, es probable que una de las especies pueda declinar en densidad poblacional e inclusive ser eliminada por completo cuando entra en competencia con otra especie competitivamente superior (Juliano 1998). La competencia por recursos indirectamente influye en las características de los mosquitos adultos, y repercute en la capacidad de transmisión de arbovirus (Wootton 1994). Tal situación podría ser una posible opción para el control de las poblaciones de mosquitos transmisores de enfermedades. Desafortunadamente, la información biológica y ecológica de las especies de mosquito en el estado es muy limitada, y su capacidad para transmitir enfermedades hasta este momento no ha sido evaluada (con excepción de *A. aegypti*).

Por lo anterior, es fundamental incrementar el conocimiento taxonómico y establecer las relaciones ecológicas entre especies. Adicionalmente, la perturbación ecológica, debida a la destrucción de hábitats naturales o cambio de uso del suelo, así como el cambio climático, pueden alterar la relación natural entre hospederos y patógenos, y repercutir específicamente sobre la incidencia de las enfermedades transmitidas por mosquitos (Kraemer *et al.* 2015).

Todos los factores antes mencionados plantean un desafío para el establecimiento de políticas y estrategias que permitan incrementar el conocimiento taxonómico de este grupo de dípteros, e instaurar el monitoreo de especies invasoras, el desplazamiento de especies endémicas y el movimiento de especies rurales hacia ambientes urbanos (o viceversa).

Morelos cuenta con ambientes urbanos, semi-urbanos y rurales; y los dos primeros son los más afectados por enfermedades transmitidas por mosquito. Aún se desconoce la totalidad de especies de mosquitos en ambientes selváticos o no perturbados. Por ello, es necesario seguir realizando inventarios en sitios donde el esfuerzo de colecta no ha sido suficiente o inexistente (principalmente rurales o selváticos), y cubrir así distintas zonas para no sólo conocer patrones de riqueza, sino también estimar posibles riesgos para la población, porque es posible que dichas especies comiencen a tener contacto

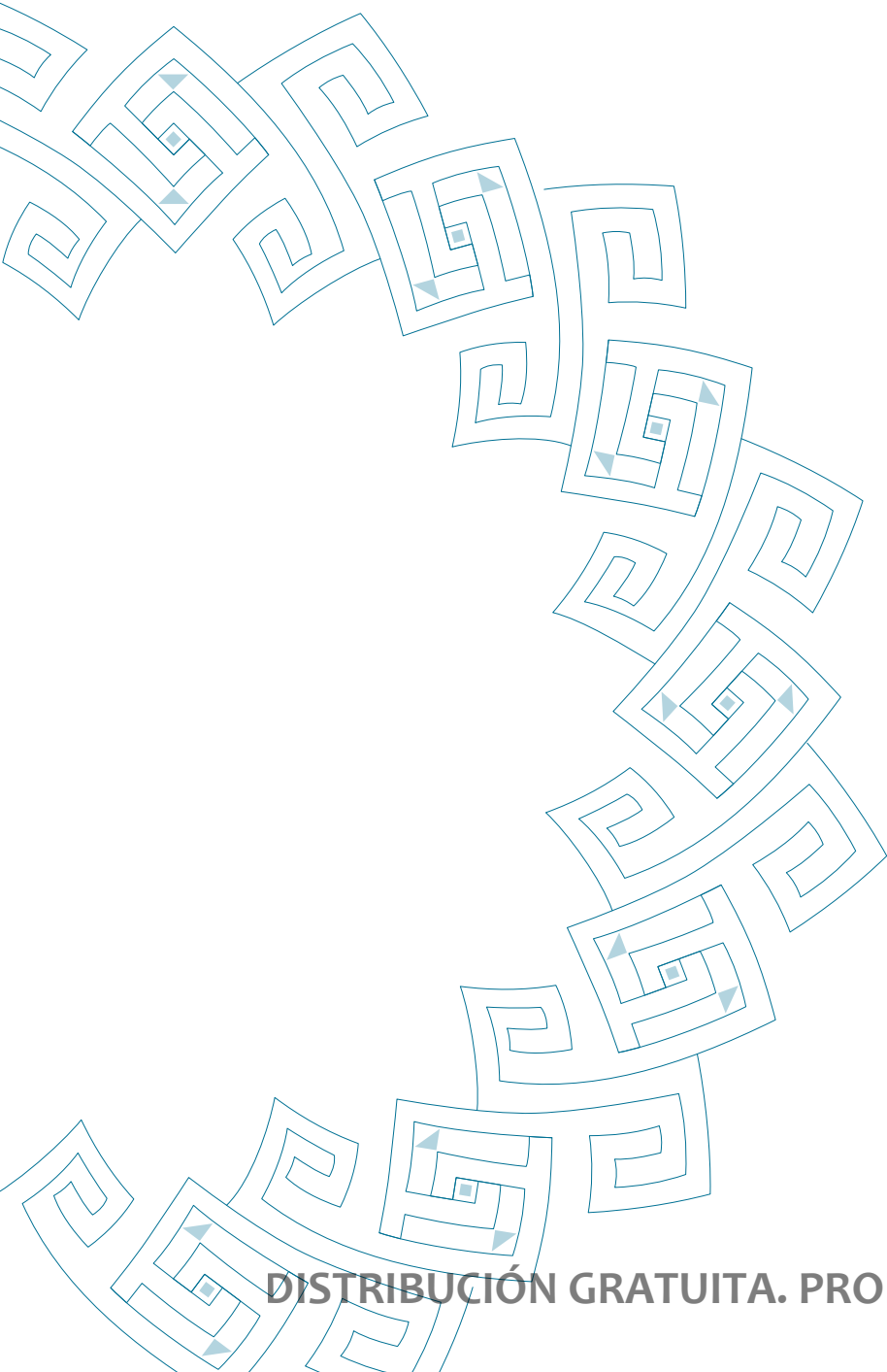
con las poblaciones humanas debido al crecimiento de la mancha urbana.

El control de las enfermedades transmitidas por insectos requiere del conocimiento integral de la fauna de mosquitos. Es necesario tener claras las nociones del tipo de hábitat, rango de distribución y un mapeo de ésta, para cada vez generar más herramientas para contener enfermedades y hacer un manejo racional de mosquitos.

## Referencias

- Díaz-Nájera, A. y L. Vargas 1973. Mosquitos mexicanos. Distribución geográfica actualizada. *Revista de investigación en salud pública* 33:111-125.
- Galindo, P. y H. Trapido. 1956. Description of two new subspecies of *Hemagogus mesodentatus* Komp & Kumm 1938, from middle America. *Proceedings of the Entomological Society of Washington* 58:228-231.
- Gubler, D.J. y G.G. Clark. 1996. Community involvement in the control of *Aedes aegypti*. *Acta Tropica* 61:169-179.
- Guerbois, M., I. Fernández-Salas, S.R. Azar *et al.* 2016. Outbreak of Zika virus infection, Chiapas State, Mexico, 2015, and first confirmed transmission by *Aedes aegypti* mosquitoes in the Americas. *The Journal of Infectious Diseases* 214:1349-1356.
- Halstead, S.B. 2008. Dengue virus-mosquito interactions. *Annual Review of Entomology* 53:273-291.
- Heinemann, S.J. y J.N. Belkin. 1977. Collection records of the project "Mosquitoes of Middle America". *Mosquito Systematics* 9:483-535.
- Ibañez-Bernal, S y H. Gómez-Dantes. 1995. Los vectores del dengue en México: una revisión crítica. *Salud Publica de México* 37:53-63.
- Juliano, S.A. 1998. Species introduction and replacement among mosquitoes: interspecific resource competition or apparent competition? *Ecology* 79:255-268.
- Juliano, S.A. y L.P. Lounibos. 2005. Ecology of invasive mosquitoes: effects on resident species and on human health. *Ecology Letters* 8:558-574.
- Kraemer, M.U.G., M.E. Sinka, K. Duda *et al.* 2015. The global distribution of the arbovirus vectors *Aedes aegypti* and *Ae. albopictus*. *eLife* 4:e08347.
- Kyle, J.L. y E. Harris. 2008. Global spread and persistence of dengue. *Annual Review of Microbiology* 62:71-92.
- Martínez-Palacios, A. 1952. Nota sobre la distribución de los mosquitos *Culex* en México (Diptera, Culicidae). *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*. 13:75-87.
- Martini, E. 1935. *Los mosquitos de México*. Boletín Técnico (A) I. Departamento de Salubridad Pública, México.

- Rivera-Ávila, R.C. 2014. Chikungunya fever in Mexico: confirmed case and notes on the epidemiologic response. *Salud Publica de México* 56:402-404.
- Schick, R.X. 1970. Mosquito studies (Diptera: Culicidae). xx. The Terrens group of *Aedes* (Finlaya). *Contributions of the American Entomological Institute* 3(5):1-158.
- ss. Secretaría de Salud. 2014. *Programa de Acción Específico, Prevención y Control del Dengue 2013-2018*. ss, México.
- . 2015. *Boletín Epidemiológico Sem 52*. Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica/Sistema Único de Información/Dirección General de Epidemiología, México.
- . 2016. *Boletín Epidemiológico Sem 52*. Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica/Sistema Único de Información/Dirección General de Epidemiología, México.
- Servicios de Salud de Morelos. 2006. *Boletín Dengue Sem 52*. Servicios de Salud de Morelos, México.
- . 2008. *Boletín Dengue Sem 52*. Servicios de Salud de Morelos, México.
- . 2012. *Boletín Dengue Sem 52*. Servicios de Salud de Morelos, México.
- Villegas-Trejo, A., P. Manrique-Saide, A. Che-Mendoza *et al.* 2010. First report of *Aedes albopictus* and other mosquito species in Morelos, México. *Journal of the American Mosquito Control Association* 26:321-323.
- Wootton, J.T. 1994. The nature and consequences of indirect effects in ecological communities. *Annual Review of Ecology and Systematics* 25:443-466.



**DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA**

## Tricópteros (Trichoptera)

María Razo González

### Introducción

Los tricópteros constituyen un orden de insectos acuáticos relativamente pequeños, con una longitud de 3 a 30 mm, que se asemejan a las palomillas (figura 1). Se caracterizan por presentar pelillos en las alas y algunas partes del cuerpo (Ross 1944). Son insectos con larvas y pupas acuáticas, y adultos terrestres voladores, cuya vida se prolonga generalmente 30 días (Ward 1992).

A diferencia de los adultos que no se ven comúnmente, las larvas de los tricópteros son elementos abundantes en los ecosistemas acuáticos (Bueno-Soria 1996). Asimismo, construyen refugios fijados al sustrato o cubiertas portátiles de una variedad de formas y materiales (figura 2; Springer 2010).

Su importancia ecológica radica en la variedad de funciones que desempeñan en el flujo de materia y energía, en los ecosistemas acuáticos y por la sensibilidad que tienen a la perturbación de su ambiente. Esta última característica es la que ha hecho que los utilicen



Figura 1. Vista lateral de *Hydropsyche auricolor*. Foto: Joaquín Bueno-Soria.

ampliamente como indicadores biológicos de la calidad ambiental (Bueno-Soria 2010). Sin embargo, es por esta sensibilidad que son un grupo amenazado, primordialmente por la contaminación del agua (Bueno-Soria 1996).

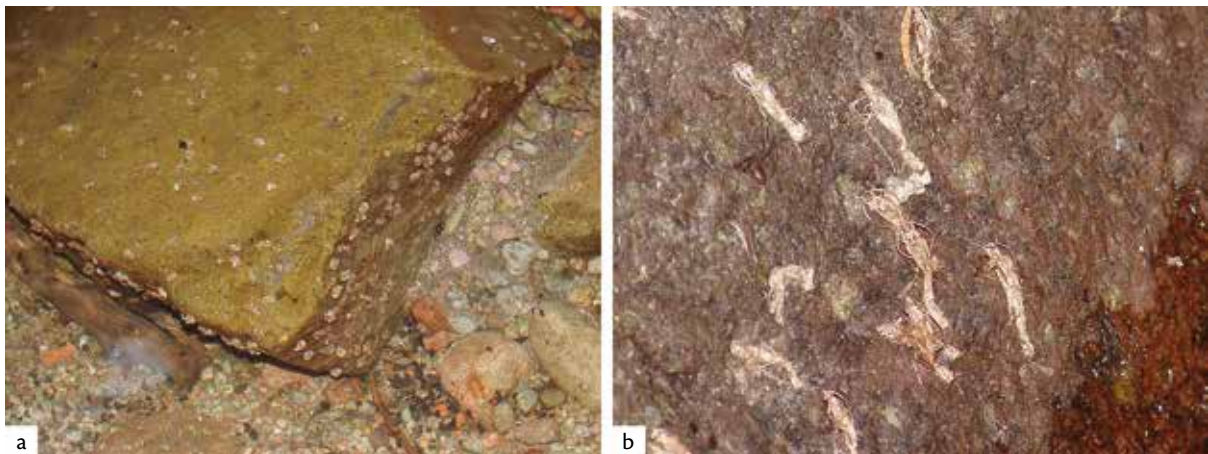


Figura 2. a) Larvas de *Glossosoma ventrale* y b) cubiertas pupales de *Hesperophylax mexico*. Fotos: Rodrigo Juárez-Pérez.

Razo-González, M. 2020. Tricópteros (Trichoptera). En: *La biodiversidad en Morelos. Estudio de Estado 2*. Vol. II. CONABIO, México, pp. 199-202.

## Diversidad y distribución

Las especies del orden se distribuyen ampliamente en el mundo, excepto en la Antártida. Se les puede encontrar en gran variedad de ambientes dulceacuícolas (Bueno-Soria 2010), son especialmente diversos en ríos y arroyos, y alcanzan su mayor diversidad en los ríos de montaña (Ward 1992, Flint *et al.* 1999).

A nivel mundial se conocen 14 548 especies (Morse 2016), de las cuales 482 se distribuyen en México (Bueno-Soria 2010). Morelos ocupa el sexto lugar de riqueza después de Chiapas, Veracruz, Oaxaca, Guerrero y Tabasco (Bueno-Soria 2010). Las 75 especies registradas hasta ahora en el estado (figura 3), representan 0.5% de la riqueza mundial y 15.6% de la riqueza nacional (apéndice 40).

De las 17 familias reportadas para México, 12 están presentes en la entidad. Entre ellas, las más diversas son la familia Hydroptilidae con 19 especies y la familia Hydropsychidae con 14 (figura 4).

Hasta el momento, se cuenta con registros únicos de seis especies para el estado; sin embargo, es necesario realizar más trabajo de campo para poder determinar si estas especies son endémicas, debido a que la mayor parte de los registros provienen de colectas puntuales que se concentran en unas cuantas localidades (cuadro 1). La excepción es el trabajo de Bueno-Soria *et al.* (1981), que realizaron un muestro periódico en las inmediaciones de Zempoala y registraron 10 especies.

## Importancia

En términos culturales y económicos la importancia de los tricópteros es menor. En el extranjero, algunos artistas han aprovechado el hábito que estos organismos tienen de construir refugios, y utilizan a las larvas de varias especies para producir piezas de joyería. Las larvas se crían en peceras donde el sustrato está conformado por partículas de materiales preciosos; una vez que las larvas desocupan los refugios, éstos se utilizan para la elaboración de aretes, collares y brazaletes (Springer 2010).

Además, son un modelo ampliamente utilizado para el diseño de cebos, para la caza con mosca en varios países.

Ecológicamente, tanto los adultos como las larvas de los tricópteros son importantes fuentes de alimento para otros artrópodos y para vertebrados como los murciélagos, aves, peces y anfibios (Springer 2010). En particular, las larvas son un enlace para mover la energía y los nutrientes en el ambiente acuático, desde la materia orgánica hacia diversos niveles de la red trófica acuática. Esto se debe a que explotan una amplia variedad de microhábitats y de recursos disponibles en el medio (Ward 1992, Bueno-Soria 2010). Los tricópteros son uno de los grupos de insectos más abundantes en los cuerpos de agua, son elementos fundamentales en el control de la productividad primaria de los ecosistemas acuáticos, ya que constituyen la base de las redes alimenticias en los ecosistemas acuáticos

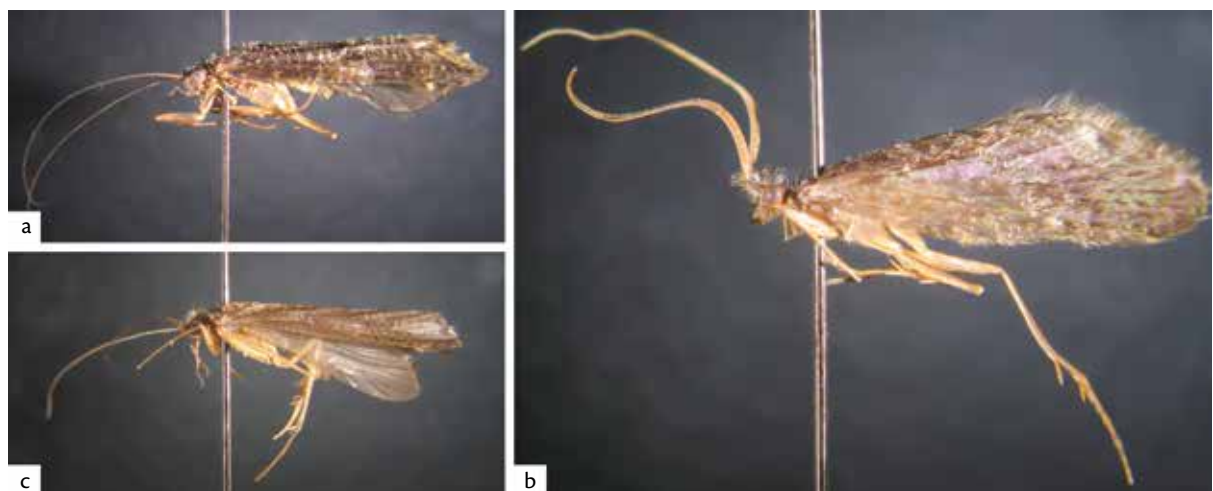


Figura 3. Adultos de: a) *Atopsyche hidalgoi*; b) *Lepidostoma aztecum*; y c) *Diplectrona chiapensis*. Fotos: María Razo-González.



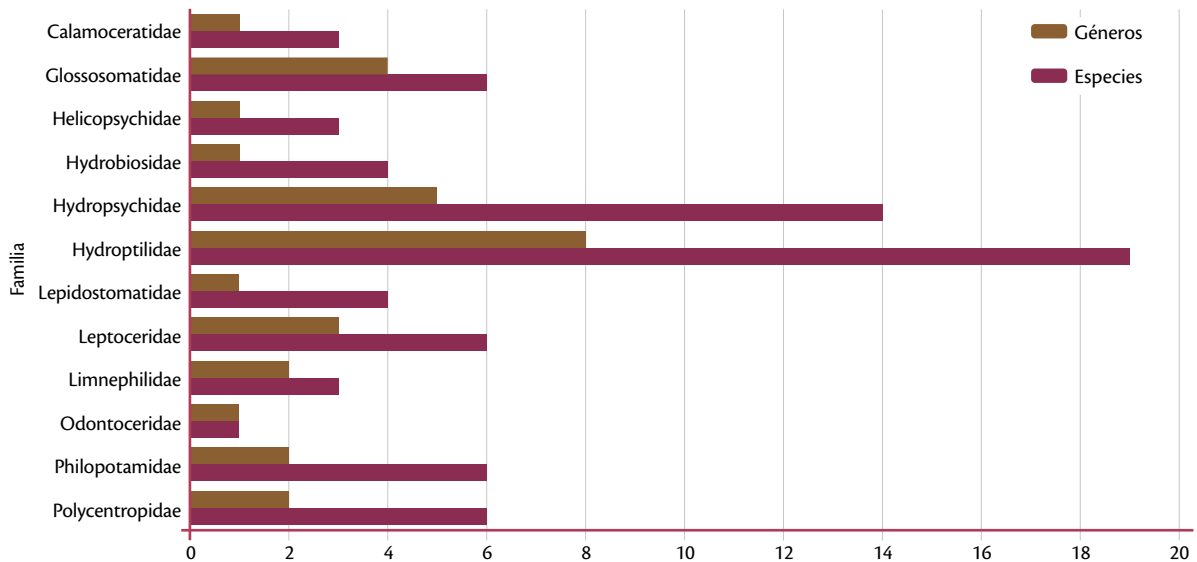


Figura 4. Géneros y especies de las 12 familias de tricópteros presentes en Morelos. Fuente: elaboración propia.

Cuadro 1. Tricópteros con registros únicos en Morelos.

Especie	Localidad
<i>Protoptila ticumanensis</i> <sup>c</sup>	Tlaltizapán, Ticumán
<i>Macronema chalybeoides</i> <sup>b</sup>	Cuernavaca
<i>Metrichia crenula</i> <sup>d</sup>	Tlalquitenango, Huautla
<i>Ochrotrichia angularis</i> <sup>f</sup>	Tlalquitenango, Huautla
<i>O. bractea</i> <sup>e</sup>	Tlalquitenango, Huautla
<i>Marilia mexicana</i> <sup>a</sup>	Cuernavaca

Fuente: elaboración propia con datos de <sup>a</sup>Banks 1901, <sup>b</sup>Flint y Bueno-Soria 1979, <sup>c</sup>Bueno-Soria 1984, <sup>d</sup>2002, <sup>e</sup>2009, <sup>f</sup>Bueno-Soria y Holzenthal 2004.

(Cummins *et al.* 2008). Se alimentan de algas, estimulan el crecimiento de éstas y hacen accesibles ciertos nutrientes para otros organismos.

De la misma manera, los tricópteros fragmentadores movilizan partículas más pequeñas que pueden ser aprovechadas por animales filtradores, que a su vez remueven dichas partículas de la columna de agua y las precipitan, de manera que todas las partículas alimenticias pueden ser aprovechadas (Hanson *et al.* 2010).

Otro aspecto importante de la biología de los tricópteros es que responden de manera diferencial a la contaminación. Gran parte de las especies son intolerantes a ella, por lo que son una herramienta muy útil en la evaluación de la calidad del agua (Ward 1992, Flint *et al.* 1999).

## Situación y estado de conservación

En lo que respecta a la protección de los tricópteros de Morelos, no hay nada escrito. Su protección se ve favorecida de manera colateral, por las normas que protegen la integridad de los sistemas acuáticos, como son la NOM-001-SEMARNAT-1996 (SEMARNAT 1997), la NOM-002-SEMARNAT-1996 (SEMARNAT 1998a) y la NOM-003-SEMARNAT-1997 (SEMARNAT 1998b). Sin embargo, estas normas operan a nivel general y tienen una orientación más antropocéntrica que de protección al medio ambiente.

Morelos cuenta con un estudio que versa sobre la diversidad biológica del estado (Contreras-MacBeath *et al.* 2006), desafortunadamente en él, no se hace ninguna mención relacionada al marco jurídico referente a los insectos.

## Factores de presión

Los ambientes acuáticos de México, y en particular en el estado, están sujetos a la constante amenaza de la degradación, por la falta de comprensión de su importancia ecológica (Alonso-Eguía Lis 2007).

Los tricópteros están amenazados por las actividades antrópicas, entre las cuales sobresalen la deforestación, asociada al cambio de uso del suelo y la contaminación del agua por un manejo inadecuado de los residuos,

tanto industriales como de uso doméstico (Bueno-Soria 1996, Contreras-MacBeath *et al.* 2006).

## Conclusiones y recomendaciones

Es preciso promover la investigación sobre los tricópteros, en todos los niveles. Ello, tomando en consideración la importancia que dichos insectos tienen en los ecosistemas acuáticos por la diversidad de funciones que desempeñan en sus ambientes; además por su utilidad como herramienta en el diagnóstico y monitoreo de la calidad de los cuerpos de agua. Esto permitirá tener argumentos biológicos para generar un marco jurídico en favor de la protección de los tricópteros, así como para la conservación de los ambientes acuáticos que habitan. El marco jurídico debe considerar las condiciones físico-geográficas del estado y la naturaleza compleja de los ecosistemas acuáticos en relación con los ecosistemas terrestres asociados.

## Referencias

- Alonso-Eguía Lis, P.E. 2007. Importancia del estudio de la entomofauna acuática para la conservación y manejo sustentable de sistemas dulceacuicolas de México. En: *Simposio Internacional Entomología Acuática Mexicana: Estado Actual de Conocimiento y Aplicación*. R. Novelo-Gutiérrez y P.E. Alonso-Eguía Lis (eds.). IMTA/SME, México, pp. 51-62.
- Banks, N. 1901. A list of neuropteroid insects from Mexico. *Transactions of the American Entomological Society* 27:361-372.
- Bueno-Soria, J. 1984. Tree new species of the genus *Protoptila* from Mexico and Costa Rica (Trichoptera: Glossosomatidae). *Proceedings of the Biological Society of Washington* 97:392-394.
- . 1996. Trichoptera. En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento*. Vol. I. J. Llorente-Bousquets, A. García-Aldrete y E. González-Soriano (eds.). Instituto de Biología-UNAM, México, pp. 501-511.
- . 2002. The genus *Metrichia* Ross (Trichoptera: Hydroptilidae) from México. *Transactions of the American Entomological Society* 128:223-243.
- . 2009. A review of the genus *Ochrotrichia* Mosely (Trichoptera: Hydroptilidae) from Mexico and Central America. *Transactions of the Entomological Society* 135:59-160.
- . 2010. *Guía de identificación ilustrada de los géneros de larvas de insectos del orden Trichoptera de México*. UNAM, México.
- Bueno-Soria, J. y R.W. Holzenthal. 2004. New species of the genus *Ochrotrichia* Mosely (Trichoptera: Hydroptilidae) from Mexico and Panama. *Transactions of the American Entomological Society* 130:245-269.
- Bueno-Soria, J., J. Padilla y M. Rivera. 1981. Observations on the longitudinal distribution of Trichoptera larvae in a stream at Zempoala, México, México. En: *Proceedings of the 3th International Symposium on Trichoptera*. G.P. Moretti (ed.). Springer, Países Bajos, pp.33-37.
- Contreras-MacBeath, T., J.C. Boyás y F. Jaramillo. 2006. *La diversidad biológica en Morelos: estudio del estado*. CONABIO/UAEM, México.
- Cummins, K.W., R.W. Merritt y M.B. Berg. 2008. Ecology and distribution of aquatic insects. En: *An introduction to the aquatic insects of North America*. R.W. Merritt, K.W. Cummins y M.B. Berg (eds.). Kendall/Hunt Publishing Company, Dubuque, pp. 105-122.
- Flint, O.S.Jr. y J. Bueno-Soria. 1979. Studies of Neotropical caddisflies xxiv: the genus *Macronema* in Mesoamerica (Trichoptera: Hydropsychidae). *Proceedings of the Entomological Society of Washington* 81:522-535.
- Flint, O.S.Jr., R.W. Holzenthal y S.C. Harris. 1999. *Catalog of the Neotropical caddisflies (Insecta: Trichoptera)*. Ohio Biological Survey, Columbus.
- Hanson, P., M. Springer y A. Ramírez. 2010. Introducción a los grupos de macroinvertebrados acuáticos. *Revista de Biología Tropical* 58(Supl.4):3-37.
- Morse, J.C. 2016. Trichoptera world checklist. En: <<http://entweb.clemson.edu/database/trichopt/index.htm>>, última consulta: 30 de septiembre de 2016.
- Ross, H.H. 1944. The caddis flies, or Trichoptera, of Illinois. *Bulletin Natural History Survey* 23:1-326.
- SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 1997. *Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996*. Publicada el 6 de enero de 1997 en el Diario Oficial de la Federación. Última reforma publicada el 5 de enero de 2018.
- . 1998a. *Norma Oficial Mexicana NOM-002-SEMARNAT-1996*. Publicada el 3 de junio de 1998 en el Diario Oficial de la Federación. Texto Vigente.
- . 1998b. *Norma Oficial Mexicana NOM-003-SEMARNAT-1997*. Publicada el 21 de septiembre de 1998 en el Diario Oficial de la Federación. Texto Vigente.
- Springer, M. 2010. Trichoptera. *Revista de Biología Tropical* 58(Supl.4):151-198.
- Ward, J.V. 1992. *Aquatic insect ecology, part 1: biology and habitat*. John Wiley and Sons, Estados Unidos de América.

# Mariposas diurnas (Lepidoptera)

María de las Mercedes Luna Reyes

## Introducción

Las mariposas forman parte del orden Lepidoptera, uno de los grupos mejor conocidos y más diversos del reino animal con aproximadamente 150 mil especies descritas (Martín-Piera *et al.* 2000, Llorente-Bousquets *et al.* 2014). Los miembros de este orden se distinguen de otros insectos por la presencia de dos pares de alas membranosas cubiertas por escamas diminutas, y por la proboscis o lengua enrollada en forma de espiral (espiritrompa) que utilizan los adultos para alimentarse.

El pigmento, la estructura física y la disposición de las escamas producen patrones alares generalmente muy atractivos, algunos brillantes e iridiscentes (tornasolados), que son característicos de cada especie. Estos diseños alares les permiten encontrar pareja, camuflarse o alejar a sus depredadores (García-Barros *et al.* 2015).

Presentan metamorfosis completa, es decir, tienen cuatro estados de desarrollo morfológicamente diferentes: huevo, larva (oruga), pupa y adulto. Dependiendo de la especie, la hembra deposita de manera individual o en grupo un número variable de huevos (entre 50 y 2 mil) en la planta de la que se alimentarán posteriormente.

Generalmente, durante 10 a 60 días la oruga se alimenta de las plantas con sus poderosas mandíbulas. La pupa o crisálida se fija a la vegetación, pero en ocasiones puede hacerlo a cualquier otro sustrato. Externamente, la pupa parece inactiva, pero dentro de ella ocurre la transformación al adulto o imago, esta fase puede durar algunas semanas o varios meses. Los imagos se alimentan primordialmente del néctar de las flores o de frutos en descomposición utilizando su larga espiritrompa (Clench 1975, Scott 1986, De la Maza 1987).

Casi todos los lepidópteros tienen hábitos nocturnos, sólo una pequeña proporción (19 238 especies,

equivalente al 13% de la riqueza mundial) es activa durante el día, y comprende la superfamilia Papilionoidea (Llorente-Bousquets *et al.* 2014), conocida también como ropalóceras, mariposas diurnas, verdaderas mariposas o simplemente como mariposas. Los papilionoideos tienen antenas con puntas en forma de gancho, cuerpo robusto y colores predominantemente oscuros (figura 1), o tienen antenas con puntas en forma de maza, cuerpo delgado y colores brillantes (figura 2).

## Diversidad y distribución

En México está presente 10% de las 19 238 especies de mariposas conocidas en el mundo, por lo que se considera como uno de los países más diversos. De acuerdo con Llorente-Bousquets *et al.* (2014), el inventario de especies que habitan el territorio nacional comprende 1 929 papilionoideos (cuadro 1).

Morelos tiene uno de los catálogos de papilionoideos más antiguos y probablemente más completos del país. Dicho catálogo incluye datos que se remontan al siglo XVI obtenidos de la literatura y de distintas colecciones nacionales y extranjeras (Luna-Reyes *et al.* 2012). Actualmente, éste consta de más de 47 mil registros de 151 localidades distribuidas por todo el estado.

En la entidad se conocen 450 especies y subespecies (apéndice 41), distribuidas en 214 géneros. Los hesperioideos presentan 109 especies agrupadas en 59 géneros, y los papilionoideos tienen 341 especies distribuidas en 155 géneros de las cinco familias que conforman dicha superfamilia (cuadro 1).

Estos valores indican que Morelos es una de las entidades con mayor diversidad de mariposas, lo cual resulta extraordinario cuando se toma en cuenta su pequeña extensión territorial. Por ejemplo, ocupa el 12° lugar

Luna-Reyes, M.M. 2020. Mariposas diurnas (Lepidoptera). En: *La biodiversidad en Morelos. Estudio de Estado 2*. Vol. II. CONABIO, México, pp. 203-209.



Figura 1. Ejemplar de la mariposa orange-rimmed skipper (*Chalypye chalybea* subsp. *chloris*; Hesperiiidae). Foto: Arcelia Díaz Jaramillo.



Figura 2. Mariposa azul de alas largas (*Rhetus arcus beutelspacheri*; Riodinidae). Foto: Arcelia Díaz Jaramillo.

**Cuadro 1.** Diversidad de mariposas diurnas (Papilionoidea) en México y Morelos.

Familia	México			Morelos		
	Géneros <sup>ab</sup>	Especies <sup>c</sup>	Endémicas <sup>c</sup>	Géneros <sup>de,fh</sup>	Especies <sup>de,fh</sup>	Endémicas <sup>g</sup>
Papilionidae	10	76	32	8	25	12
Hesperiidae	221	764	155	59	109	10
Pieridae	35	105	37	22	35	5
Lycaenidae	81	252	10	45	90	3
Riodinidae	54	205	44	15	44	9
Nymphalidae	130	527	159	65	147	42
<b>Total</b>	<b>531</b>	<b>1 929</b>	<b>437</b>	<b>214</b>	<b>450</b>	<b>81</b>

Fuente: elaboración propia con datos de <sup>a</sup>Luis-Martínez *et al.* 2003, <sup>a</sup>Llorente-Bousquets *et al.* 2006, <sup>c</sup>2014, <sup>b</sup>CONABIO 2010, <sup>d</sup>Luna-Reyes *et al.* 2012, <sup>e</sup>Brigido y Velasco 2016, <sup>f</sup>FESZ-UNAM 2016, <sup>h</sup>Rosas-Echeverría *et al.* 2019.

a nivel nacional en cuanto a la riqueza específica de Papilionoidea (*sensu stricto*). Al parecer es el mismo caso para los hespéridos, como puede verse a partir de los escasos datos disponibles que hay para esta familia en las distintas entidades (cuadro 2).

Las familias Hesperiidae, Lycaenidae y Nymphalidae contienen en conjunto casi todos los géneros (79%) y especies que se encuentran en Morelos (76.9%; cuadro 1); los géneros más diversos con más de cinco especies son: *Cyllopsis* (15), *Strymon* (13), *Chlosyne* (10), *Urbanus* (11), *Anthanassa* (9), *Emesis* (9), *Adelpha* (8), *Heraclides* (8), *Theope* (7), *Calephelis* (7), *Cissia* (6), *Erora* (6) y *Hamadryas* (6).

Aunada a esta gran diversidad, en el estado está presente un género (*Baronia*) y 81 especies endémicas (aquellas que se distribuyen exclusivamente en México); lo cual significa que en la entidad está presente 18.5% del total de 437 especies endémicas a México (Llorente-Bousquets *et al.* 2014). Lo anterior está por encima del valor promedio estimado para el endemismo de mariposas por estado de todo el país, que es del 11.7% (Luna-Reyes *et al.* 2012).

Papilionidae es la familia que tiene la mayor proporción de endemismos, pues 12 de sus 25 especies presentes en el estado son endémicas al país (figura 3, cuadro 1). Entre ellas, destaca la mariposa mexicana (*Baronia brevicornis* subsp. *brevicornis*, figura 4), que además de ser endémica, es el papilionoideo viviente más antiguo del mundo.

La mayoría de las mariposas tienen amplia distribución, es decir, se encuentran en un extenso gradiente altitudinal y en distintos tipos de vegetación, como pueden ser las áreas boscosas templadas y húmedas más

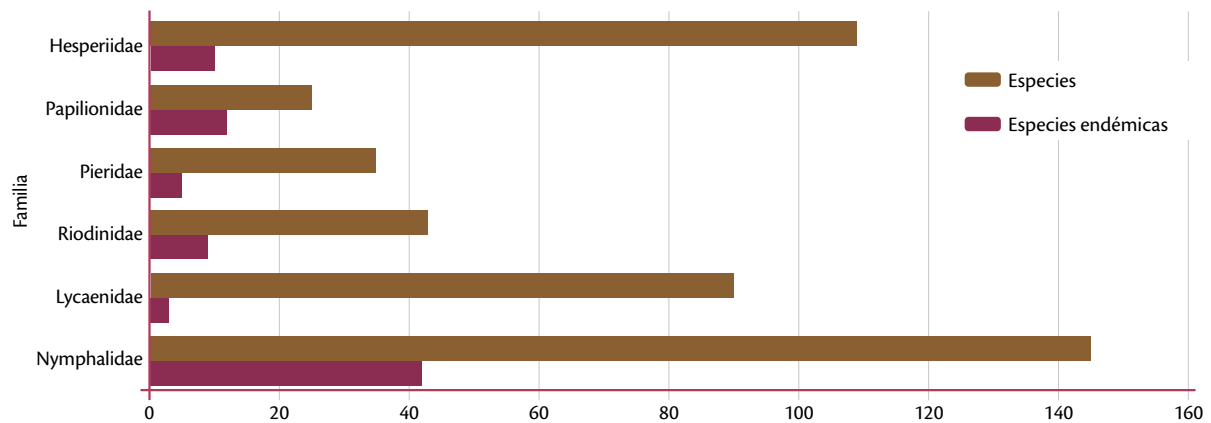
**Cuadro 2.** Estados más diversos en cuanto a especies de mariposas.

Estado	Diversidad		Superficie (km <sup>2</sup> )
	Papilionoidea ( <i>sensu stricto</i> )	Hesperiidae	
Chiapas	832	ND	73 311
Oaxaca	793	516 <sup>b</sup>	93 757
Veracruz	737	437 <sup>c</sup>	71 826
Guerrero	501	73 <sup>e</sup>	63 596
Puebla	494	ND	34 306
San Luis Potosí	424	ND	61 137
Michoacán	421	262 <sup>b</sup>	58 599
Jalisco	389	25 <sup>a</sup>	78 588
Tamaulipas	367	ND	80 249
Tabasco	366	ND	24 731
Hidalgo	349	ND	20 813
Morelos	341 <sup>fd</sup>	109 <sup>ei</sup>	4 879

ND: datos faltantes por la ausencia de estudios al respecto. Fuente: elaboración propia con datos de <sup>a</sup>Salinas-Gutiérrez *et al.* 2005, <sup>b</sup>2015, <sup>c</sup>Luis *et al.* 2011, <sup>d</sup>Luna-Reyes *et al.* 2012, <sup>e</sup>Figuroa-Fernández *et al.* 2014, <sup>f</sup>Brigido y Velasco 2016, <sup>g</sup>FESZ-UNAM 2016, <sup>h</sup>Luis-Martínez *et al.* 2016 <sup>i</sup>Rosas-Echeverría *et al.* 2019.

elevadas ubicadas en la franja norte del estado, o bien en la extensa zona más seca y cálida de selva baja caducifolia que cubre la mayor parte de Morelos.

Del total de las 450 especies presentes en el estado, 24 (5.3%) se distribuyen exclusivamente en los bosques de encino, pino-encino o mesófilo de montaña. Sin embargo, la selva baja caducifolia tiene 114 especies exclusivas (25.3%), a este último grupo pertenece *B. brevicornis* subsp. *brevicornis*, que tiene distribución discontinua y restringida únicamente a ciertas áreas que ocupa dicha vegetación.



**Figura 3.** Diversidad y proporción de especies endémicas de las mariposas diurnas de Morelos. Fuente: elaboración propia con datos de Brigido, Velasco 2016, Luna-Reyes *et al.* 2012, Rosas-Echeverría *et al.* 2019.



**Figura 4.** Ejemplar de mariposa mexicana (*Baronia brevicornis* subsp. *brevicornis*). Foto: Arcelia Díaz Jaramillo.

La mayor diversidad de mariposas se concentra en la porción occidental de Morelos, principalmente en las áreas con vegetación de selva baja caducifolia de la zona, en la que también existe un gran número de endemismos (Brigido y Velasco 2016). En cuanto a su distribución a lo largo del año en el estado, las mariposas tienen una estacionalidad muy marcada con más especies y ejemplares durante los meses más húmedos (junio a noviembre);

la mayor parte de la comunidad de mariposas está constituida por adultos muy activos con poblaciones numerosas. Cabe mencionar que Morelos comparte muchas especies de papilionoideos con el Estado de México, Puebla y Guerrero, pero la mayor similitud (90%) es con la fauna de mariposas de Guerrero (Luna-Reyes *et al.* 2012).

## Importancia

Las mariposas tienen un papel importante en la red trófica pues constituyen el alimento para arañas y algunos otros insectos como libélulas, mantis religiosas (mántidos), chinches (Reduviidae), avispas y escarabajos, así como para depredadores más grandes como lagartijas, aves, roedores y murciélagos. Además, los adultos de muchas especies se alimentan principalmente del néctar de las flores, por lo que transportan el polen a numerosas plantas y participan de manera activa en su polinización.

En muchos casos las mariposas se emplean como indicadores para evaluar la riqueza y el grado de perturbación de los hábitats, debido a la relación estrecha que mantienen con la vegetación tanto en su etapa larval como en la del adulto, y por su sensibilidad a los cambios ambientales. Por ello, en las últimas décadas las mariposas han sido muy útiles para estudiar la biodiversidad del planeta (Beccaloni y Gaston 1995, Cleary 2004, Balam-Bellote y León-Cortés 2010, Bonebrake *et al.* 2010, González-Valdivia *et al.* 2011).

## Situación y estado de conservación

Del total de las mariposas que habitan en Morelos, la mariposa monarca (*Danaus plexippus* subsp. *plexippus*, figura 5) es la única que se menciona en la lista de especies en riesgo publicada en la NOM-059 (SEMARNAT 2010), en la categoría sujeta a protección especial (Pr), que se refiere a las especies que podrían estar amenazadas por factores que reducen su viabilidad (SEMARNAT 2010). De acuerdo con la información del *Plan de América del Norte para la conservación de la mariposa monarca*, en la entidad existen poblaciones locales que se alimentan de la planta conocida localmente como algodoncillo (*Asclepias curassavica*) y se reproducen durante todo el año (CCA 2008).

## Factores de presión

La principal amenaza para las mariposas es la deforestación provocada por la fragmentación y la destrucción de su hábitat. Sin embargo, el cambio climático, el uso de herbicidas o insecticidas, la depredación y el parasitismo



Figura 5. Mariposa monarca (*Danaus plexippus* subsp. *plexippus*). Foto: Arcelia Díaz Jaramillo.

pueden afectar el tamaño de las poblaciones o su permanencia en determinadas áreas (Bonebrake *et al.* 2010, Vargas-Fernández *et al.* 2016). Estos cambios en la disponibilidad de plantas son muy significativos especialmente cuando se trata de la selva baja caducifolia en Morelos pues, como ocurre en el resto del país, existe una severa reducción de las áreas de esta vegetación en buen estado de conservación (Flores-Villela y Gerez 1994, Trejo y Hernández 1996).

Únicamente 7% de la superficie estatal presenta vegetación natural de selva baja caducifolia y bosques templados, mientras que la mayor parte (62%) tiene distintos grados de perturbación (Flores-Villela y Gerez 1994, Trejo y Hernández 1996), debido principalmente a la urbanización y al desarrollo de actividades agrícolas y ganaderas. En 1980, se documentó un caso que se refiere al impacto negativo en la composición de especies de mariposas y sus poblaciones debido a la construcción de la carretera Cuernavaca-Cuatla, en la que se eliminó una parte importante de la vegetación del Cañón de Lobos en Yautepéc. En ésta se afectaron casi cinco hectáreas de selva baja caducifolia a todo lo largo y en la parte más profunda del cañón (Luna-Reyes *et al.* 2010).

## Acciones de conservación

Las áreas naturales protegidas (ANP) incluyen una parte importante de la superficie de Morelos (26%), y casi la totalidad (85%) de la extensión cubierta por vegetación original de bosques y selva baja caducifolia (Contreras-MacBeath *et al.* 2006). En estas áreas se concentra gran parte de la extraordinaria diversidad de mariposas, así como una cantidad considerable de las especies que han evolucionado en el país.

Sin embargo, no todas las especies de mariposas están protegidas en las ANP, como ocurre con aquellas que recientemente se registraron en la región occidental del estado, como: *Electrostrymon joya*, *Parrhasius polibetes*, *Anthanassa drymaea* o *Lycorea halia atergatis* (Brigido y Velasco 2016). En este sentido, es recomendable efectuar un monitoreo permanente en estas áreas para evaluar los cambios en la riqueza de papilionoideos y el tamaño de sus poblaciones, así como en su distribución geográfica y temporal.

## Conclusiones y recomendaciones

Todas las mariposas son vulnerables a la transformación de su hábitat, pero la mariposa mexicana (*B. brevicornis* subsp. *brevicornis*) probablemente es la que tiene mayor riesgo. La existencia de ésta en la naturaleza depende de la conservación de la selva baja caducifolia, debido a que en ella crece la cubata (*Acacia cochliacantha*), que es la planta de la que se alimentan sus larvas.

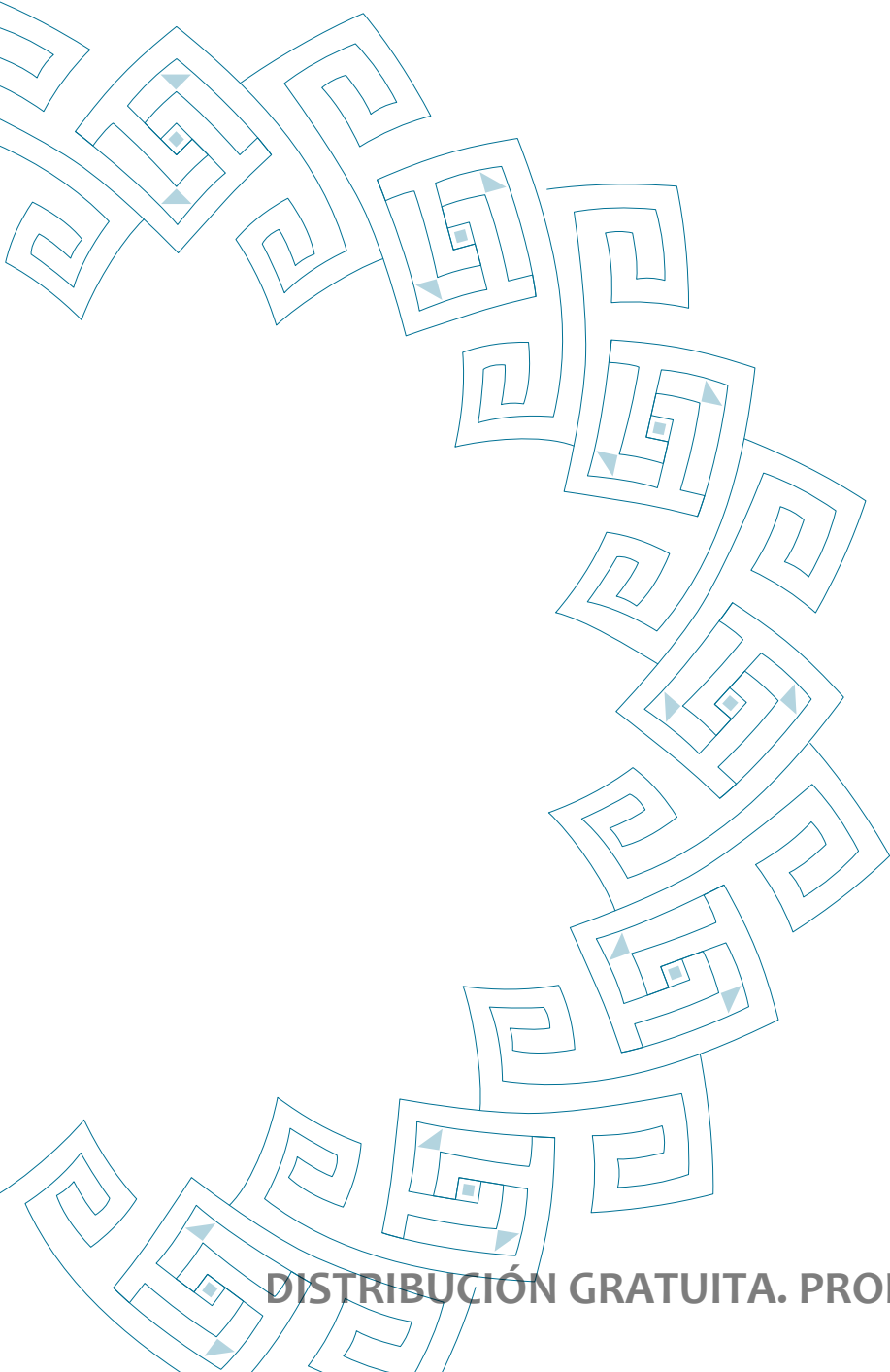
En Morelos la selva baja caducifolia es uno de los ambientes más amenazados, con menos de 15% de la superficie cubierta por vegetación bien conservada (Trejo y Hernández 1996). Por ello, es necesario detener su fragmentación y destrucción, así como propiciar la regeneración de la vegetación y mantener su integridad, para evitar a corto plazo su desaparición total.

## Referencias

- Balam-Bellote, Y. y J. León-Cortés. 2010. Forest management biodiversity: a study of an indicator insect group in southern Mexico. *Interciencia* 35(7):526-533.
- Beccaloni, G. y K. Gaston 1995. Predicting the species richness of neotropical forest butterflies: Ithomiinae (Lepidoptera: Nymphalidae) as indicators. *Biological Conservation* 71:77-86.
- Bonebrake, T., L. Ponisio, C. Boggs y P. Ehrlich. 2010. More than just indicators: A review of tropical butterfly ecology and conservation. *Biological Conservation* 143:1831-1841.
- Brigido, F.E. y M. Velasco. 2016. *Composición faunística y fenología de lepidópteros (Papilionoidea: Rhopalocera) en tres localidades de la parte occidental del estado de Morelos, México*. Tesis de licenciatura en biología. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza-UNAM, México.
- CCA. Comisión para la Cooperación Ambiental. 2008. *Plan de América del Norte para la conservación de la mariposa monarca*. Secretariado de la Comisión para la Cooperación Ambiental, Canadá.
- Cleary, D. 2004. Assessing the use of butterflies as indicators of logging in Borneo at three taxonomic levels. *Journal of Economic Entomology* 97(2):429-435.
- Clench, H. 1975. Introduction. En: *The Butterflies of North America*. W. Howe (ed.). Doubleday & Company, Nueva York, pp. 1-72.
- CONABIO. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2010. *Catálogo de autoridades taxonómicas de los lepidópteros (Lepidoptera: Insecta) de México*. Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad-CONABIO, México.



- Contreras-MacBeath, T., J.C. Boyás y F. Jaramillo. 2006. *La diversidad biológica en Morelos: estudio del estado*. CONABIO/UAEM, México.
- De la Maza, R. 1987. *Mariposas mexicanas: Guía para su colecta y determinación*. FCE, México.
- FESZ-UNAM. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza-UNAM. 2016. *Colección de Lepidoptera del Museo de Zoología*. Última consulta: diciembre de 2016.
- Figuroa-Fernández, A.L., A. Meléndez-Herrada, A. Luis-Martínez e I. Vargas-Fernández. 2014. Diversity of diurnal butterflies (Lepidoptera: Hesperioidea and Papilionoidea) of Laguna Potosí and surrounding area, Guerrero, México. *Southwestern Entomologists* 39:57-75.
- Flores-Villela, O. y P. Gerez. 1994. *Biodiversidad y conservación en México: vertebrados, vegetación y uso del suelo*. CONABIO/UNAM, México.
- García-Barros, E., H. Romo, V. Sarto et al. 2015. Orden Lepidoptera. *Revista IDE@-SEA* 65:1-21.
- González-Valdivia, N., S. Ochoa-Gaona, C. Pozo et al. 2011. Indicadores ecológicos de hábitat y biodiversidad en un paisaje neotropical: perspectiva multitaxonómica. *Revista de Biología Tropical* 59(3):1433-1451.
- Llorente-Bousquets, J., A. Luis e I. Vargas. 2006. Apéndice general de Papilionoidea: Lista sistemática, distribución estatal y provincias biogeográficas. En: *Componentes bióticos principales de la entomofauna mexicana*. J.J. Morrone y J. Llorente-Bousquets (eds.). Las Prensas de Ciencias-UNAM, México, pp. 945-1009.
- Llorente-Bousquets, J., I. Vargas-Fernández, A. Luis-Martínez et al. 2014. Biodiversidad de Lepidoptera en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85(Supl.):S353-S371.
- Luis, M.A., J. Llorente-Bousquets, I. Vargas y F. Hernández. 2011. Mariposas diurnas Papilionoidea y Hesperioidea (Insecta: Lepidoptera). En: *La biodiversidad en Veracruz: Estudio de Estado*. Vol. II. CONABIO/Gobierno del Estado de Veracruz/UV/INECOL, México, pp. 339-354.
- Luis-Martínez, A., B. Hernández-Mejía, M. Trujano-Ortega y J. Llorente-Bousquets. 2016. Avances faunísticos en los Papilionoidea (Lepidoptera) *sensu lato* de Oaxaca, México. *Southwestern Entomologist* 41:171-224.
- Luis-Martínez, A., J. Llorente-Bousquets, I. Vargas-Fernández y A.D. Warren. 2003. Biodiversity and biogeography of Mexican butterflies (Lepidoptera: Papilionoidea y Hesperioidea). *Proceedings of the Entomological Society of Washington* 105(1):209-224.
- Luna-Reyes, M., J. Llorente-Bousquets, A. Luis e I. Vargas-Fernández. 2010. Composición faunística y fenología de las mariposas (Rhopalocera: Papilionoidea) de Cañón de Lobos, Yauatepec, Morelos, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 81:315-342.
- Luna-Reyes, M., A. Luis-Martínez, I. Vargas-Fernández y J. Llorente-Bousquets. 2012. Mariposas del estado de Morelos, México (Lepidoptera: Papilionoidea). *Revista Mexicana de Biodiversidad* 83:623-666.
- Martín-Piera, F., J. Morrone y A. Melic. 2000. *Monografías tercer milenio, vol. I: hacia un proyecto CYTED para el inventario y estimación de la diversidad entomológica en Iberoamérica: PRIBES 2000*. Sociedad Entomológica Aragonesa/Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, Zaragoza.
- Rosas-Echeverría, M., C. Coyote-Ávila, K. Aguilar-Dorantes y C. Martínez Peralta. 2019. Diversidad de mariposas de la Sierra de Huautla. *Annales of the Entomological Society of America* 112(4):409-417.
- Salinas-Gutiérrez, J.L., A.D. Warren y A. Luis-Martínez. 2005. Hesperioidea (Lepidoptera: Rhopalocera) del occidente de México. *Folia Entomológica Mexicana* 44:305-320.
- Salinas-Gutiérrez, J.L., A.D. Warren, A. Luis-Martínez y B. Hernández-Mejía. 2015. Diversity and distribution of Skippers (Lepidoptera: Hesperioidea: Hesperioidea) in Michoacán, Mexico. *Southwestern Entomologist* 40:789-816.
- Scott, J. 1986. *The Butterflies of North America. A Natural History and Field Guide*. Stanford University Press, Stanford.
- SEMARNAT. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. *Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010*. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.
- Trejo, I. y J. Hernández. 1996. Identificación de la selva baja caducifolia en el estado de Morelos, México, mediante imágenes de satélite. *Investigaciones Geográficas* Es5:11-18.
- Vargas-Fernández, I., A. Warren, A. Luis-Martínez y J. Llorente-Bousquets. 2016. Mariposas diurnas (Rhopalocera). En: *La biodiversidad en Colima: Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 366-375.



**DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA**

## Mariposas nocturnas (Lepidoptera)

Ariana Romero Mata, Zenón Cano Santana, Juan Pablo Camacho Ruedas y Paulina Corona Tejeda

### Introducción

Las mariposas nocturnas, polillas o palomillas son insectos del orden Lepidoptera. A veces lo ubican dentro del grupo Heterocera para distinguirlas del grupo Rhopalocera que es donde algunos autores clasifican a las mariposas diurnas (Heppner 2008).

Son insectos que en estado adulto se distinguen por sus vistosas alas escamosas, sus largas antenas y su aparato bucal reducido o con forma de espiral (la probóscide o espiritrompa), el cual les sirve para succionar líquidos, como néctar y jugos de frutas (Watson y Whalley 1975, McGavin 2002, Pozo *et al.* 2011).

Los lepidópteros experimentan una metamorfosis completa al pasar sucesivamente por las etapas de

huevo, larva, pupa y adulto. Durante su estado larvario (como orugas) se alimentan casi siempre de tejidos vegetales.

De este orden, las más conocidas son las mariposas diurnas debido a que usualmente presentan colores brillantes y actividad en el día, aunque representan a nivel mundial solamente 10.1% de las especies del orden (Heppner 2008, Llorente-Bousquets y Ocegueda 2008).

Las características que distinguen a las palomillas de las mariposas diurnas son: que las primeras tienen hábitos nocturnos, antenas de formas variadas que carecen de un engrosamiento en su punta (la maza antenal), cuerpos robustos y velludos, una coloración poco llamativa de sus alas (con colores grises, café o blancos) y una incapacidad para doblar sus alas hacia atrás (figura 1).



**Figura 1.** Palomilla de la especie *Copaxa lavendera* (Saturniidae), presente en el municipio de Huitzilac. Foto: Juan Carlos T. García Morales/Banco de imágenes CONABIO.

Romero-Mata, A., Z. Cano-Santana, J.P. Ruedas y P. Corona-Tejeda. 2020. Mariposas nocturnas (Lepidoptera). En: *La biodiversidad en Morelos. Estudio de Estado 2*. Vol. II. CONABIO, México, pp. 211-220.

No obstante, la gran variedad de formas de las palomillas provoca que haya excepciones a los rasgos antes descritos (Ibarra-González y Stanford-Camargo 2009, Prado *et al.* 2011, Romero-Mata y Cano-Santana 2016).

## Diversidad y distribución

En el mundo hay 135 700 especies de palomillas, lo que representa 89.1% de los lepidópteros (Heppner 2008, Llorente-Bousquets y Ocegueda 2008). En México se encuentran 4 201 especies y subespecies de palomillas (Prado *et al.* 2011), de las cuales 341 (equivalente a 8.3% del total nacional, e incluye 10 especies no determinadas) se encuentran en Morelos, representadas por 23 familias. Destacan por su riqueza Geometridae (97), Sphingidae (65), Erebidae (53), Crambidae (42) y Saturniidae (30; cuadro 1, apéndice 42).

De esas especies, 22 son endémicas de México (apéndice 42), y se desconocen endemismos para el estado. Por su riqueza de especies, Morelos se ubica en el sexto lugar nacional (figura 2), por debajo de Guerrero (807), Veracruz (732), Ciudad de México (667), Oaxaca (571) y Chiapas (552; Romero-Mata y Cano-Santana 2016, Romero Mata *et al.* 2017).

Aunque las palomillas seguramente se distribuyen por todo el estado, se registra su presencia solamente en 19 de sus 33 municipios (apéndice 42), y es Huitzilac el que registra el mayor número de especies y subespecies (133), aunque también destaca Cuernavaca (89; cuadro 2). No obstante, no se refleja con precisión la distribución de las especies en la entidad, pues es aún muy pobre el conocimiento que se tiene de ésta.

## Importancia

Las palomillas son importantes para el ser humano y los ecosistemas desde varios puntos de vista: alimenticio, cultural, económico, ecológico y médico. Las larvas de algunas de sus especies son comestibles, como es el caso de los gusanos rojos de maguey (*Comadia redtenbacheri*, figura 3), que son colectados y consumidos en el municipio de Tlalneplantla (Rubio-Bustos 2001, Hernández 2009).

Las palomillas forman parte de la cultura del estado. En la época Prehispánica los habitantes de la región adoraban a una deidad de origen chichimeca (Itzpapálotl), que era una mariposa nocturna de navajas de obsidiana.

**Cuadro 1.** Especies y subespecies por familia de palomillas (Lepidoptera: Heterocera) registradas en Morelos.

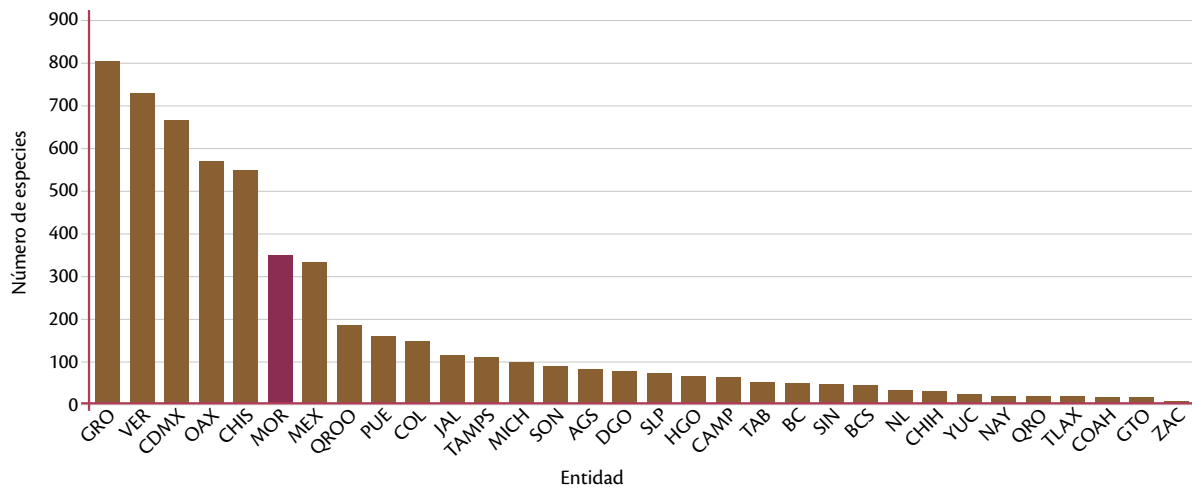
Familia	Número de especies y subespecies
Geometridae	97 (6)
Sphingidae	65
Erebidae	53 (1)
Crambidae	42
Saturniidae	30 (1)
Noctuidae	22 (2)
Pyralidae	4
Cossidae	4
Tortricidae	4
Psychidae	3
Tineidae	2
Castniidae	2
Depressariidae	2
Limacodidae	2
Buccolatricidae	1
Nolidae	1
Gelechiidae	1
Gracillariidae	1
Hepialidae	1
Sematuridae	1
Uraniidae	1
Yponomeutidae	1
Zygaenidae	1
<b>Total</b>	<b>341 (10)</b>

Entre paréntesis se indica el número de especies no determinadas.  
Fuente: elaboración propia.

Este insecto representaba a la tierra y a la luna, la cual ha sido identificada como la palomilla cuatro espejos (*Rothschildia orizaba*; Beutelspacher 1989).

Desde tiempos remotos, en Mesoamérica las mariposas nocturnas han sido consideradas injustamente insectos que traen la mala suerte (Romero-Mata y Cano-Santana 2016). Una parte de los habitantes del estado cree erróneamente que si la mariposa negra de la muerte (*Ascalapha odorata*) se posa en las paredes de una casa durante la noche, ésta atraerá a la muerte a sus moradores (Menéndez-Acuña 2017), y que si cualquier palomilla negra o café se posa en un negocio o se introduce a una casa, las personas que allí trabajen o vivan se enfrentarán a un problema muy fuerte (González-Brito 2017).

El conocimiento que tienen los habitantes del estado acerca de las orugas de palomillas se refleja en la diversidad de nombres comunes que éstas tienen, entre los que se encuentran azotadores, borregos, cogoyeros, cuetlas (*Arsenura armida*) y gusanos medidores (familia Geometridae), entre otros (Reyes *et al.* 2015,



**Figura 2.** Especies de palomillas por entidad de México. Fuente: elaboración propia con datos de Beutelspacher 1986, Delfín-González y Beutelspacher 1986, López y Beutelspacher 1986, Balcázar-Lara y Beutelspacher 2000a, b, Ponce 2005, Hernández-Baz 2008, 2009, 2011, 2016, Rodríguez-Hernández 2009, León-Cortés 2013, Salas-Araiza *et al.* 2015, Balcázar-Lara 2016a, b. Los datos de la Ciudad de México y de Quintana Roo fueron obtenidos de Romero-Mata y Cano Santana 2016 y Prado *et al.* 2011, respectivamente.

**Cuadro 2.** Especies y subespecies por familia de palomillas en distintos municipios de Morelos.

Municipio	Familias																Total
	Cos	Cra	Ere	Geo	Gra	Hep	Lim	Noc	Nol	Pyr	Sat	Sem	Sph	Ura	Ypo	Zyg	
Atlatlahucan									1								1
Cuatla			4	1													5
Cuernavaca	3	12	14	26			2	8		3	18		2			1	89
Huitzilac		16	26	72					1	1	7	1	8	1			133
Jantetelco		1	2														3
Jiutepec			2	1													3
Jojutla			1												1		2
Miacatlán		1	1														2
Puente de Ixtla				1													1
Temixco			1														1
Tepoztlán			6														6
Tequesquitengo			1														1
Tlalnepantla	1					1											2
Tlayacapan			1														1
Tlaltzapán		1															1
Xochitepec		1	2														3
Yautepec		1	1					3									5
Yecapixtla		2			1												3
Zacatepec		8															8

Familias: Cossidae (Cos); Crambidae (Cra); Erebidae (Ere); Geometridae (Geo); Gracillariidae (Gra); Hepialidae (Hep); Limacodidae (Lim); Noctuidae (Noc); Nolidae (Nol); Pyralidae (Pyr); Saturniidae (Sat); Sematuridae (Sem); Sphingidae (Sph); Uraniidae (Ura); Yponomeutidae (Ypo) y Zygaenidae (Zyg). Fuente: elaboración propia.



**Figura 3.** Gusanos rojos de maguey (*Comadia redtenbacheri*; Cossidae) al momento de ser extraídos. Foto: René Cerritos/Banco de imágenes CONABIO.

Cervantes-Ramírez 2017, Menéndez-Acuña 2017). Una curiosa costumbre detectada en Morelos es que a los bebés que banean se les cuelga una oruga a su cuello con un hilo con la creencia que ésta se comerá su baba (Cervantes-Ramírez 2017).

Desde el punto de vista económico, en la época de la Colonia se utilizaba el cultivo de la morera para criar gusano de seda en la región (INEGI 1999). En contraste, las larvas de algunas especies de palomillas pueden considerarse plagas de cultivos de importancia económica, como el aguacate, la alfalfa, el algodón, el arroz, el cacahuate, la calabaza (figura 4), la caña de azúcar, la chirimoya, el higo, el jitomate, el maíz y el sorgo (cuadro 3; Bautista 2006, Castañeda-Vildózola 2008, Llanos-Romero 2012).

También constituyen plagas forestales al infestar conos, brotes y yemas de pinos y oyameles. Entre ellos, se incluyen los árboles de navidad, lo que ocasiona debilitamiento y reducción de sus cualidades estéticas (Cibrián-Tovar *et al.* 1995).



**Figura 4.** Palomilla *Diaphania hyalinata*, cuyas orugas atacan cultivos de calabaza. Foto: Juan Carlos T. García Morales/Banco de imágenes CONABIO.

Desde el punto de vista ecológico, las palomillas son relevantes (en la fase adulta) como polinizadores, tal es el caso de las palomillas esfinge (familia Sphingidae) que visitan las flores de yucas (McGavin 2002) y cactáceas (Barba-Montoya y Magallón 2012).

Asimismo, la presencia de orugas de lepidópteros constituye un buen indicador del estado de recuperación de sitios sujetos a restauración ecológica (Del Val *et al.* 2016). Las palomillas constituyen un eslabón intermedio entre las plantas y los depredadores y los parasitoides, por lo que mantienen las redes tróficas de los ecosistemas. En general, todos sus estados de desarrollo son fuente de alimento para una gran variedad de animales vertebrados e invertebrados (Romero-Mata y Cano-Santana 2016). En particular, en Cuernavaca son el alimento de las arañas saltadoras (familia Salticidae; Sosa-Romero *et al.* 2016), así como de los ácaros *Cheyletus eruditus* (Estébanes-González 1997).

En contraste, el daño que ocasionan las orugas de las palomillas a las plantas dominantes de los bosques

**Cuadro 3.** Especies de palomillas cuyas orugas son consideradas plagas de cultivos en Morelos.

Familia	Especie	Cultivo que ataca	Referencias
Crambidae	<i>Azochis gripusalis</i>	Higo	Bautista 2006
	<i>Diatraea considerata</i> , <i>D. grandiosella</i> y <i>D. saccharalis</i>	Caña de azúcar y maíz	Bautista 2006
	<i>Diaphania hyalinata</i>	Calabaza	Bautista 2006
	<i>Rupela albina</i>	Arroz	Bautista 2006
Depressariidae	<i>Cerconota anonella</i>	Chirimoya	Domínguez y Castañeda 2002
Elachistidae	<i>Stenoma catenifer</i>	Aguacate	Castañeda-Vildózola 2008
Erebidae	<i>Estigmene acrea</i>	Higuerilla	López-Guillén <i>et al.</i> 2015
Gelechiidae	<i>Keiferia lycopersicella</i>	Jitomate	Bautista 2006
Noctuidae	<i>Agrotis segetum</i> y <i>Helicoverpa zea</i>	Maíz	Bautista 2006, Ruíz <i>et al.</i> 2013
	<i>Feltia</i> sp. y <i>Heliothis subflexa</i>	Tomate	Güemes <i>et al.</i> 2001
	<i>Spodoptera frugiperda</i>	Alfalfa, algodón, arroz, cacahuete, maíz y sorgo	Llanos-Romero 2012
Pyralidae	<i>Diorcytria erythropasa</i>	Oyamel y pino	Cibrián-Tovar <i>et al.</i> 1995
Saturniidae	<i>Copaxa multifenestrata</i>	Aguacate	Lázaro-Castellanos 2011
Tortricidae	<i>Apolychrosis synchysis</i>	Oyamel y pino	Cibrián-Tovar <i>et al.</i> 1995
	<i>Argyrotaenia franciscana</i>	Aguacate y cítricos	Ruíz <i>et al.</i> 2013
	<i>Eucosma sonomana</i>	Pino	Cibrián-Tovar <i>et al.</i> 1995
	<i>Retinia edemoidana</i>	Pino (árboles de navidad)	Cibrián-Tovar <i>et al.</i> 1995

Fuente: elaboración propia.

permite la coexistencia de un mayor número de especies vegetales. Esto promueve el incremento de la diversidad de árboles en los ecosistemas forestales (Schowalter 2006).

Por último, la importancia médica de las palomillas radica en que algunas de sus orugas (los azotadores) pueden presentar pelos urticantes, espinas, veneno o toxinas que pueden causar reacciones negativas en personas sensibles, quienes pueden manifestar alergias, dermatitis, problemas respiratorios y cuadros febriles (Hossler 2009).

## Situación y estado de conservación

Ninguna de las especies registradas en este capítulo se encuentra en peligro de extinción o sujeta a protección especial de acuerdo con la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES 2011), ni por la NOM-059 (SEMARNAT 2010). Sin embargo, esto no necesariamente significa que algunas especies de palomillas estén libres de amenazas, debido a que no se conoce con certeza el inventario completo ni el estado de sus poblaciones.

Hernández-Baz *et al.* (2014) sugieren que se debe incluir a la polilla avispa (*Cyanopepla griseldis*; Erebididae), que es endémica de las montañas centrales del país, en la

NOM-059-SEMARNAT-2010 bajo la categoría de amenaza debido a que, según sus datos, se encuentra en serio riesgo.

## Factores de presión

Las palomillas mantienen una asociación estrecha con las plantas de las que se alimentan sus orugas (New 1997). Por lo anterior, la principal amenaza para éstas es el cambio de uso del suelo forestal a agropecuario, debido a la desaparición de los bosques donde se refugian y alimentan (Cibrián-Tovar *et al.* 1986, Sánchez-Arellano 2013). Al quitar árboles para introducir ganado o cultivos se reduce el tamaño del hábitat y la disponibilidad de alimento, lo que provoca una disminución en la riqueza y abundancia de las palomillas silvestres (New 1997, Del Val *et al.* 2016).

Un ejemplo de tal situación es la ciudad de Cuernavaca, en donde los bosques de pino-encino, de pino y tropical caducifolio fueron sustituidos por cultivos de café, guaje y ciruelo (Alvarado y Di Castro 2013). Esta acción, muy probablemente cambia la composición de especies y reduce la riqueza de mariposas nocturnas.

Estos insectos también se ven afectados por el cambio de uso del suelo de agropecuario a urbano. Como ejemplo, se puede mencionar lo que ocurre en

Tlayacapan (Montoya 2011), que durante este proceso la cubierta vegetal desaparece drásticamente.

Un problema adicional que acarrea la urbanización es la contaminación lumínica. Esto se debe a que la luz artificial tiene efectos negativos muy profundos sobre la persistencia de las palomillas en un lugar. Estos insectos son atraídos desde sitios distantes por las luminarias, lo cual distrae sus actividades de apareamiento y alimentación. Además, se incrementan los riesgos de depredación y de daño físico por estar concentradas en un solo lugar y sometidas al calor de algunos tipos de lámparas. Todo ello reduce su desempeño, fecundidad y supervivencia (Romero-Mata y Cano-Santana 2016).

Otras amenazas para las palomillas son el uso de pesticidas y la contaminación atmosférica (New 1997) producto de las actividades agrícolas e industriales y los vehículos automotores, procesos que están bien documentados en el estado (Aguilar 1999, Anzures-Vázquez *et al.* 2006, Contreras-MacBeath *et al.* 2006a, Sánchez-Reséndiz 2010). Finalmente, el temor infundado hacia las palomillas (motefobia), tan arraigado en los habitantes del centro del país, ha provocado que estos insectos sean maltratados y aniquilados sin justificación (Romero-Mata y Cano-Santana 2016).

## Acciones de conservación

En el estado sólo se ha registrado una acción directa encaminada al conocimiento y protección de las palomillas del estado: el proyecto Mariposas y palomillas en Morelos, creado en 2013 por la asociación Reconcilia Eco Social A.C. en la plataforma Naturalista-CONABIO (2013). Esta iniciativa permite a los aficionados y a la sociedad en general explorar y generar conocimientos sobre los lepidópteros morelenses, lo cual coadyuva a su protección, pues es más difícil conservar y valorar lo que no se conoce.

Adicionalmente, hay esfuerzos gubernamentales tangibles, que indirectamente favorecen la persistencia de estos insectos en la naturaleza a través de la instauración de áreas naturales protegidas (ANP), unidades de manejo para la conservación de la vida silvestre (UMA) y el pago por servicios ambientales (PSA; Guerrero *et al.* 2015).

Morelos es una entidad que se distingue por la protección de los ecosistemas naturales, pues 24.13% de su territorio se encuentra protegido en 14 ANP que incluyen todos los tipos de vegetación que esta entidad alberga

(Contreras-MacBeath *et al.* 2006b, Guerrero *et al.* 2015, véase *Áreas naturales protegidas* en esta obra). Esta acción es importante, ya que en la Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla por sí sola se registran 325 especies de lepidópteros (Dorado *et al.* 2006).

Adicionalmente, entre 2007 y 2012 se gestionaron en el estado 42 UMA. Éstas son herramientas que las comunidades del país tienen para gestionar el aprovechamiento racional de los bienes y recursos tangibles e intangibles que proveen los ecosistemas naturales de los cuales son propietarios (Gallina-Tessaro *et al.* 2009, Guerrero *et al.* 2015).

Respecto al PSA, éste es solicitado por varias comunidades, incluyendo las de Coajomulco y Huitzilac (Ayala 2012). Sin embargo, Guerrero *et al.* (2015) encontraron que esta estrategia es poco aceptada y utilizada por los pobladores del estado. El PSA es la retribución financiera que deben recibir los propietarios de los ecosistemas naturales que protegen la biodiversidad, capturan carbono o permiten el aprovisionamiento de agua (Wunder 2006), y en México éste se lleva a cabo a través de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR; CONANP 2010).

Otra actividad importante en términos de conservación, es el diseño del programa de ordenamiento ecológico y territorial (POET) para el municipio de Cuernavaca por parte de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM), que, entre otras acciones: 1) declara a todos los ríos, barrancas y bosques remanentes como áreas de protección, restauración ecológica y conservación; 2) establece criterios para su aprovechamiento sustentable; y 3) protege a las áreas verdes y jardines públicos urbanos de invasiones (García-Barrios 2013).

Asimismo, se han realizado talleres para que los habitantes conozcan la flora, la fauna y la importancia de las ANP (Gobierno del Estado de Morelos 2016), además de implementar programas que reducen las actividades agropecuarias en las zonas forestales a través de la incorporación de criterios de sustentabilidad (Contreras-MacBeath *et al.* 2006b).

Por otro lado, se han realizado acciones de restauración ecológica en ciertas zonas, como es el caso de la barranca del río Tembembe, donde se está recuperando la cobertura vegetal mediante la utilización de especies, como la jatrofa (*Jatropha curcas*), que es una planta que evita la erosión, mejora las condiciones del suelo y es hospedera de las palomillas del género *Rotschildia*



(Barrales-Alcalá 2013, Salomón-Montijo y Márquez-Salazar 2015).

## Conclusiones y recomendaciones

Las mariposas nocturnas forman parte de la vida cotidiana y la cultura de los morelenses. La protección de estos insectos redundará en el aprovisionamiento de alimentos para el ser humano y otros animales, en la oferta del servicio de polinización y en el beneficio que acarrea el que sean reguladores del tamaño poblacional de ciertas plantas, lo que incrementa la diversidad vegetal. A cambio, los humanos someten injustamente a las palomillas a numerosos factores de presión que atentan contra su diversidad y abundancia.

Aunque hay esfuerzos notables para proteger la biodiversidad del estado, lo cual indirectamente genera un beneficio de las poblaciones de mariposas nocturnas, se requieren acciones adicionales. Para proteger a estos insectos es importante regular y reducir el cambio de uso del suelo. Como este proceso se debe frecuentemente a la falta de empleo de los habitantes, sería deseable fomentar el ecoturismo como una forma sustentable de uso de la naturaleza, tal como ya se realiza en algunas zonas (Dorado *et al.* 2006).

Asimismo, sería deseable seguir apoyando programas de restauración ecológica (Del Val *et al.* 2016), así como garantizar la protección de barrancas, jardines y áreas verdes que son el hábitat para las plantas hospederas de las palomillas. La protección de las áreas verdes aledañas a las zonas urbanas conlleva beneficios adicionales para los habitantes de las ciudades, como: la mitigación de los efectos negativos de las altas temperaturas y de los vientos, el mantenimiento de la humedad del aire, la reducción de partículas suspendidas y el control del ruido en el entorno urbano (Alvarado y Di Castro 2013).

Por otra parte, se sugiere incrementar el número y superficie las ANP del estado, y que éstas sean sujetas a vigilancia para evitar invasiones y saqueo ilegal de sus productos naturales (Ayuntamiento de Cuernavaca 2013). Para revertir la motefobia cultural y la declinación poblacional de palomillas, Romero-Mata y Cano-Santana (2016) hacen una serie de recomendaciones adicionales, entre las que se encuentran: 1) la reeducación de la población a través del acercamiento a la vida de las palomillas, mediante radio, internet y pláticas; 2) la instauración de un palomillario; 3) la adopción de orugas

para su cría en casa; y 4) el uso racional de la iluminación artificial, entre otras acciones.

Por último, se deben realizar colectas en los municipios no estudiados (cuadro 2) y apoyar a las instituciones estatales de investigación para formar expertos taxónomos en biodiversidad de diversos grupos, entre ellos, las palomillas. Es importante proteger a las palomillas y sus hábitats, reducir las fuentes de contaminación y fomentar un cambio cultural que permita eliminar la motefobia. Se deben encaminar esfuerzos para que los morelenses sepan apreciar de manera integral el alto valor que tienen estos organismos para la naturaleza y para los humanos.

## Agradecimientos

Agradecemos a Mariana Sarahí de Almonte Maldonado, Wendy González-Brito, Tatiana Cervantes-Ramírez y Miguel Menéndez-Acuña por la información sobre el papel de las palomillas y sus orugas en la cultura popular del estado. A Iván Castellanos-Vargas y Marco A. Romero Romero les agradecemos el apoyo técnico y la revisión del manuscrito, y a Laura Cárdenas y al Banco de imágenes CONABIO el permiso para usar sus fotos.

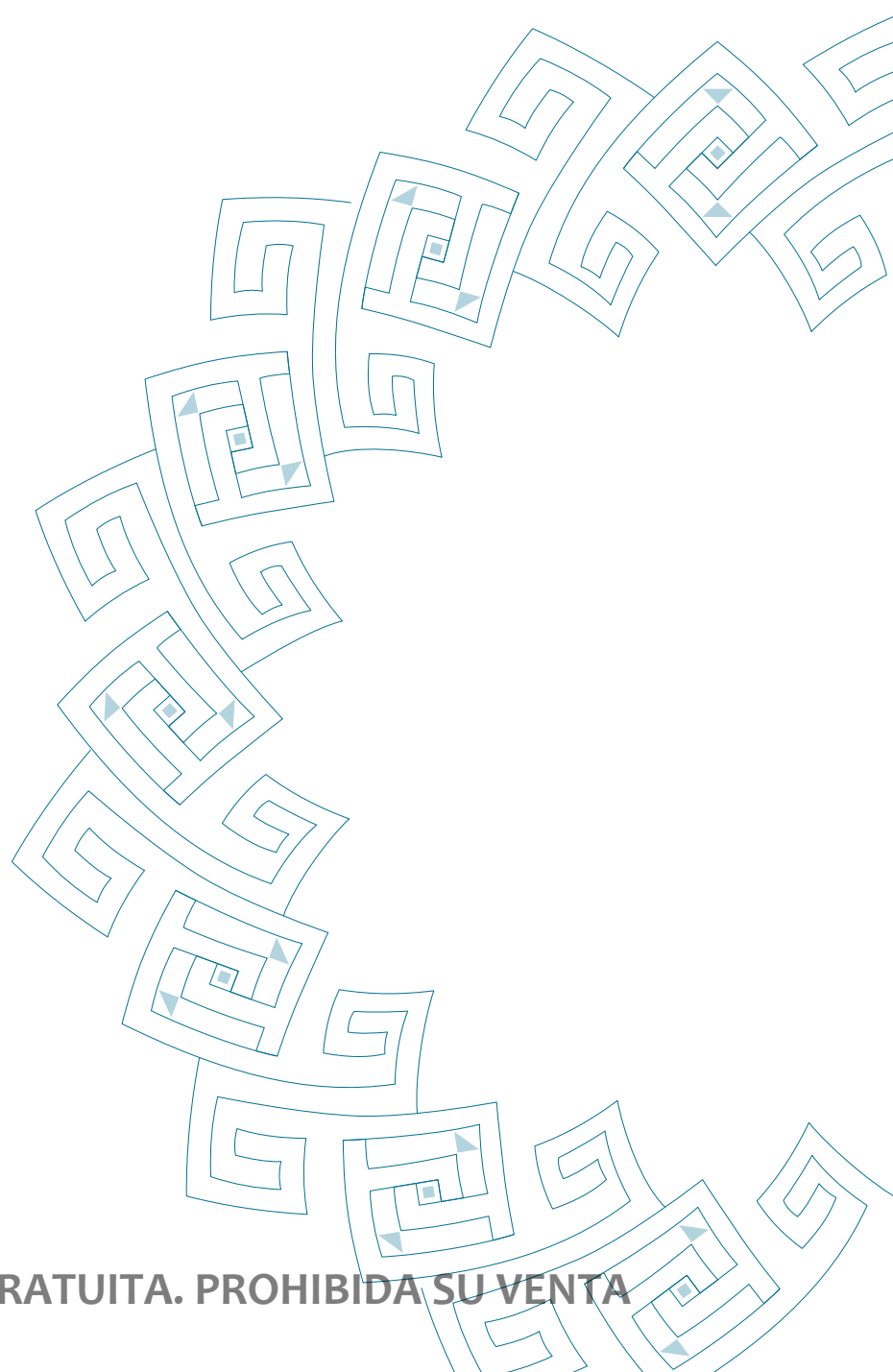
## Referencias

- Aguilar, S. 1999. *Ecología del estado de Morelos*. Editorial Praxis, México.
- Alvarado, C. y M.R. Di Castro. 2013. *Cuernavaca, ciudad fragmentada: sus barrancas y urbanizaciones cerradas*. Juan Pablos Editor/UAEM, México.
- Anzures-Vázquez, E., J.C. Boyás, J.I. Martínez Thomas *et al.* 2006. Uso de la biodiversidad. En: *La diversidad biológica en Morelos: Estudio del Estado*. T. Contreras-MacBeath, J.C. Boyás y F. Jaramillo (eds.). CONABIO/UAEM, México, pp. 59-78.
- Ayala, M.P. 2012. *Estimación del impacto de la deforestación sobre la recarga potencial del manto freático en cuenca alta de Apatlaco en el periodo 1973-2007*. Tesis de licenciatura en ciencias biológicas. Facultad de Ciencias Biológicas-UAEM, Cuernavaca.
- Ayuntamiento de Cuernavaca. 2013. *Programa de Manejo y educación ambiental del área bajo conservación denominada "Barrancas urbanas de Cuernavaca"*. En: <[http://www.cuernavaca.gob.mx/wp-content/uploads/2013/09/Barrancas\\_Urbanas.pdf](http://www.cuernavaca.gob.mx/wp-content/uploads/2013/09/Barrancas_Urbanas.pdf)>, última consulta: 30 de marzo de 2017.
- Balcázar-Lara, M. 2016a. Polillas esfinge (Sphingidae). En: *La biodiversidad en Colima: Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 376-381.

- . 2016b. Polillas de seda (Saturniidae). En: *La biodiversidad en Colima: Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 382-388.
- Balcázar-Lara, M. y C.R. Beutelspacher. 2000a. Saturniidae (Lepidoptera). En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento*. Vol. II. J. Llorente-Bousquets, E. González-Soriano y N. Papavero (eds.). Facultad de Ciencias-UNAM, México, pp. 501-513.
- . 2000b. Arctiidae: Lithossinae, Arctiinae, Pericopinae (Lepidoptera). En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento*. Vol. II. J. Llorente-Bousquets, E. González-Soriano y N. Papavero (eds.). Facultad de Ciencias-UNAM, México, pp. 514-525.
- Barba-Montoya, J.A. y S. Magallón. 2012. ¿Por qué tantos cactus columnares? El papel de los murciélagos nectarívoros en su diversificación. *Oikos* 6:17-19.
- Barrales-Alcalá, B.A. 2013. *Evaluación de la utilidad de *Jatropha curcas* para la restauración ecológica de sitios perturbados en Morelos*. Tesis de maestría en ciencias biológicas. UNAM, México.
- Bautista, N. 2006. *Insectos plaga. Una guía ilustrada para su identificación*. COLPOS, Montecillo.
- Beutelspacher, C.R. 1986. Mariposas del suborden Heterocera (Lepidoptera) de una localidad en Huitzilac, Morelos, México I. Familias Sphingidae, Saturniidae, Ctenuchiidae, Arctiidae y Nolidae. *Anales del Instituto de Biología-UNAM. Serie Zoología* 57:161-178.
- . 1989. *Las mariposas entre los antiguos mexicanos*. FCE, México.
- Castañeda-Vildózola, A. 2008. *Bioecología del barrenador grande de la semilla del aguacate *Heilipus lauri* Boheman (Coleoptera: Curculionidae) en la región central de México*. Tesis de doctorado en fitosanidad, entomología y acarología. COLPOS, Montecillo.
- Cervantes-Ramírez, L.T. 2017. Estudiante de doctorado en ciencias biológicas de la UAEM. Comunicación personal, abril.
- Cibrián-Tovar, D., B.H. Ebel, H.O. Yates III y J.T. Méndez-Montiel. 1986. *Insectos de conos y semillas de las coníferas de México*. UACH/SARH/Forest Service-USDA, México.
- Cibrián-Tovar, D., J.T. Méndez-Montiel, R. Campos y J. Flores. 1995. *Insectos forestales de México*. UACH, Chapingo.
- CITES. Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. 2011. *Apéndices I, II y III*. En: <<http://www.cites.org/esp/app/appendices.php>>, última consulta: 7 de enero de 2016.
- CONANP. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 2010. *Pago por servicios ambientales en áreas naturales protegidas*. En: <<https://www.gob.mx/conanp/documentos/pago-por-servicios-ambientales-en-areas-naturales-protegidas>>, última consulta: 4 de junio de 2018.
- Contreras-MacBeath, T., E. Anzures, J.I. Martínez et al. 2006a. Amenazas a la biodiversidad. En: *La diversidad biológica en Morelos: Estudio del Estado*. T. Contreras-MacBeath, J.C. Boyás y F. Jaramillo (eds.). CONABIO/UAEM, México, pp. 79-88.
- Contreras-MacBeath, T., E. Anzures, F. Solares et al. 2006b. Conservación. En: *La diversidad biológica en Morelos: Estudio del Estado*. T. Contreras-MacBeath, J.C. Boyás y F. Jaramillo (eds.). CONABIO/UAEM, México, pp. 89-109.
- Del Val, E., K. Boege, C. Martínez-Garza y L. Solís-Gabriel. 2016. Restauración de poblaciones de invertebrados e interacciones bióticas en selvas estacionales de Jalisco y Morelos. En: *Experiencias mexicanas en la restauración de los ecosistemas*. E. Cecon y C. Martínez-Garza (coords.). Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias-UNAM/UAEM/CONABIO, Cuernavaca, pp. 369-384.
- Delfín-González, H. y C.R. Beutelspacher. 1986. Mariposas del suborden Heterocera (Lepidoptera) de una localidad en Huitzilac, Morelos, México II. Familias Geometridae, Uraniidae y Epiplemidae. *Anales del Instituto de Biología-UNAM. Serie Zoología* 57:179-186.
- Domínguez, J. y A. Castañeda. 2002. *Guía técnica para la producción de chirimoya*. ICAMEX/CONACYT, México.
- Dorado, O., D.M. Arias, B. Maldonado y E. Leyva. 2006. Estrategia integral de conservación de la Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla, Morelos. En: *Manejo, conservación y restauración de recursos naturales en México*. K. Oyama y A. Castillo (coords.). UNAM/Siglo XXI Editores, México, pp. 227-247.
- Estébanes-González, M.L. 1997. Acarofauna en nidos de aves silvestres en México. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)* 71:1-15.
- Gallina-Tessaro, S.A., A. Hernández-Huerta, C.A. Delfín-Alfonso y A. González-Gallina. 2009. Unidades para la conservación, manejo y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre en México (UMA). Retos para su correcto funcionamiento. *Investigación Ambiental* 1:143-154.
- García-Barrios, R. 2013. La disputa por el territorio y su ordenamiento en Cuernavaca (segunda parte). *Cultura y Representaciones Sociales* 7:67-99.
- Gobierno del Estado de Morelos. 2016. *Concientizan a estudiantes sobre el cuidado de las áreas naturales protegidas*. En: <<http://morelos.gob.mx/?q=printpdf/prensa/nota/concientizan-estudiantes-sobre-el-cuidado-de-las-areas-naturales-protegidas>>, última consulta: 29 de mayo de 2018.
- González-Brito, W. 2017. Profesionalista egresada de la UAEM. Comunicación personal, abril.
- Güemes, M.J., F. García, K. Inoue et al. 2001. *Guía para cultivar tomate de cáscara en el estado de Morelos*. Folleto para productores No. 29. SAGARPA/INIFAP, Zacatepec.

- Guerrero, J.A., R. Cerros-Tlatilpa, E. Urzúa y A. Rizo-Aguilar. 2015. Indicadores de biodiversidad en el estado de Morelos: situación actual. En: *Los indicadores ambientales como herramienta para la sustentabilidad. Estudio de caso en Morelos*. M.L. Ortiz-Hernández, E. Sánchez-Salinas, M.L. Castrejón-Godínez y M. Romero-Aguilar (comps.). UAEM, Cuernavaca, pp. 55-90.
- Heppner, J.B. 2008. Moths (Lepidoptera: Heterocera). En: *Encyclopedia of entomology*. J.L. Capinera (ed.). Springer, Dordrecht, pp. 2491-2494.
- Hernández, D.A. 2009. *Parasitoides del gusano rojo del maguey Comadia redtenbacheri Hamm*. Tesis de maestría en ciencias. COLPOS, Montecillo.
- Hernández-Baz, F. 2008. Mariposas de la familia Arctiidae, de Aguascalientes México: estudio de caso. En: *La biodiversidad en Aguascalientes: Estudio de Estado*. CONABIO/IMAE/UA, México, pp. 130-131.
- . 2009. Mariposas Arctiidae. En: *La diversidad biológica del Estado de México*. G. Ceballos, R. List, G. Garduño et al. (coords.). Gobierno del Estado de México/CONABIO, Toluca, pp. 109-112.
- . 2011. Palomillas tigre (Insecta: Lepidoptera: Arctiidae). En: *La biodiversidad en Veracruz: Estudio de Estado*. Vol. II. CONABIO/Gobierno del Estado de Veracruz/UV/INCOL, México, pp. 355-360.
- . 2016. Mariposas nocturnas (Arctiidae). En: *La biodiversidad en Colima: Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 389-395.
- Hernández-Baz, F. J.M. González y J.B. Heppner. 2014. Geographic distribution and conservation of *Cyanopepla griseldis* (Lepidoptera: Erebiidae: Arctiinae: Ctenuchina) an endemic wasp moth of Mexico. *Florida Entomologist* 97:886-891.
- Hossler, E.W. 2009. Caterpillars and moths. Part I. Dermatologic manifestations of encounters with Lepidoptera. *Journal of the American Academy of Dermatology* 62:1-9.
- Ibarra-González, M.P. y S.G. Stanford-Camargo. 2009. Lepidópteros. En: *La diversidad biológica del Estado de México*. G. Ceballos, R. List, G. Garduño et al. (coords.). Gobierno del Estado de México/CONABIO, Toluca, pp. 103-107.
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 1999. *Estado de Morelos*. INEGI, México.
- Lázaro-Castellanos, C. 2011. *Enemigos naturales asociados a escamas armadas (Hemiptera: Diaspididae) del aguacate Has en Michoacán, México*. Tesis de maestría en fitosanidad, entomología y acarología. COLPOS, Montecillo.
- León-Cortés, J.L. 2013. Mariposas nocturnas (palomillas). En: *La biodiversidad en Chiapas: Estudio de Estado*. Vol II. CONABIO/Gobierno del Estado de Chiapas, México, pp. 219-226.
- Llanos-Romero, R.E. 2012. *Actividad antialimentaria y modo de acción de Haplopythos sp. y Tephrosia sp. sobre un insecto generalista, Spodoptera frugiperda J.E. Smith (Lepidoptera: Noctuidae)*. Tesis de maestría en ciencias. Facultad de Ciencias-UNAM, México.
- Llorente-Bousquets, J. y S. Ocegueda. 2008. Estado del conocimiento de la biota. En: *Capital natural de México: conocimiento actual de la biodiversidad, vol. I*. CONABIO, México, pp. 283-322.
- López, M.G. y C.R. Beutelspacher. 1986. Mariposas del suborden Heterocera (Lepidoptera) de una localidad en Huitzilac, Morelos, México III. Familia Pyralidae. *Anales del Instituto de Biología-UNAM. Serie Zoología* 57:323-332.
- López-Guillén, G., J. Gómez-Ruiz, J.F. Barrera et al. 2015. *Plagas y enfermedades asociadas a la higuera (Ricinus communis L.) en el trópico mexicano. Folleto técnico*. SAGARPA/INIFAP, Chiapas.
- McGavin, G.C. 2002. *Entomología esencial*. Ariel, Barcelona.
- Menéndez-Acuña, M. 2017. Profesionista egresado de la UAEM. Comunicación personal, abril.
- Montoya, A. 2011. *Los huertos tradicionales de Tlayacapan, Morelos. Productores de bienes y servicios ambientales con significado cultural*. Tesis de licenciatura en ciencias biológicas. Facultad de Ciencias Biológicas-UAEM, Cuernavaca.
- Naturalista-CONABIO. 2013. Mariposas y polillas de Morelos, México. En: <<http://www.naturalista.mx/projects/mariposas-y-polillas-de-morelos-mexico>>, última consulta: 26 de febrero de 2018.
- New, T.R. 1997. *Butterfly conservation*. Oxford University Press, Melbourne.
- Ponce, J. 2005. Insectos y arácnidos. En: *La biodiversidad en Michoacán: Estudio de Estado*. L.E. Villaseñor (ed.). CONABIO/Secretaría de Urbanismo y Medio Ambiente-Gobierno del Estado de Michoacán/UMSNH, pp. 90-94.
- Pozo, C., N. Salas y A. Maya. 2011. Mariposas. En: *Riqueza biológica de Quintana Roo. Un análisis para su conservación*. Tomo II. C. Pozo, N. Armijo Canto y S. Calmés (eds.). ECOSUR/CONABIO/Gobierno del Estado de Quintana Roo/PPD, México, pp. 186-191.
- Prado, B.R., E. Domínguez y C. Pozo. 2011. Palomillas. En: *Riqueza biológica de Quintana Roo. Un análisis para su conservación*. C. Pozo, N. Armijo Canto y S. Calmés (eds.). ECOSUR/CONABIO/Gobierno del Estado de Quintana Roo/PPD, México, pp. 192-196.
- Reyes, H., J.M. Pino-Moreno y A. García. 2015. Estudio etnoentomológico de la "cuetla" (*Arsenura armida* c. 1779) (Lepidoptera: Saturniidae), en la región oriente del estado de Morelos. *Entomología Mexicana* 2:749-755.
- Rodríguez-Hernández, V. 2009. *Notas sobre la distribución geográfica de Ctenuchinae (Insecta: Lepidoptera: Arctiidae) para México*. Tesis de licenciatura en biología. Facultad de Biología-UV, Xalapa.
- Romero-Mata, A., J.P. Camacho-Ruedas y Z. Cano-Santana. 2017. Diversidad y conservación de palomillas en el estado de Morelos. En: *Memorias del VI Congreso Mexicano de Ecología*. Guanajuato.

- Romero-Mata, A. y Z. Cano-Santana. 2016. Palomillas o mariposas nocturnas (Lepidoptera). En: *La biodiversidad en la Ciudad de México*. Vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp. 343-352.
- Rubio-Bustos, J.M. 2001. *Insectos comestibles, alimento sustentable para las comunidades de Morelos*. Informe final de servicio social de la licenciatura en nutrición. UAM-X, México.
- Ruiz, C.J.A., E. Bravo-Mosqueda, G. Ramírez-Ojeda et al. 2013. *Plagas de importancia económica en México: Aspectos de su biología y ecología*. SAGARPA/INIFAP/CIRPAC, Tepatlán de Morelos.
- Salas-Araiza, M.D., R. Guzmán-Mendoza, O.A. Martínez-Jaime et al. 2015. Species richness of noctuid moths (Lepidoptera: Noctuidae) from the state of Guanajuato, Mexico. *Florida Entomologist* 98:1262-1265.
- Salomón-Montijo, B. y G. Márquez-Salazar. 2015. Método de evaluación del riesgo de la palomilla cuatro espejos (*Rothschildia cincta cincta*) (Tepper, 1883) (Lepidoptera: Saturniidae) en México. *Revista Científica Juyyaania* 3:25-39.
- Sánchez-Arellano, G.I. 2013. *Efecto de la hibridación del complejo Quercus crassipes × Q. crassifolia sobre la comunidad de insectos asociados a las bellotas*. Tesis de licenciatura en ciencias biológicas. Facultad de Ciencias Biológicas-UAEM, Cuernavaca.
- Sánchez-Reséndiz, V.H. 2010. *Jiutepec el ser y el hacer de un pueblo que fue agrícola y se urbanizó*. Tesis de maestría en desarrollo rural. UAM-X, México.
- Schowalter, T.D. 2006. *Insect ecology. An ecosystem approach*. Elsevier Academic Press, Amsterdam.
- SEMARNAT. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. *Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010*. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.
- Sosa-Romero, M., M. Menéndez-Acuña y A. Burgos-Solorio. 2016. Fenología y estacionalidad del género *Mexigonus* Edwards, 2002 (Araneae: Salticidae) en un bosque templado al norte de Cuernavaca, Morelos, México. *Entomología Mexicana* 3:919-923.
- Watson, A. y P.E.S. Whalley. 1975. *The dictionary of butterflies and moths in color*. McGraw-Hill, Nueva York.
- Wunder, S. 2006. *Pagos por servicios ambientales. Principios básicos*. Occasional paper No. 42(s). CIFOR, Indonesia.



**DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA**

# Insectos plaga de cultivos agrícolas

Humberto Reyes Prado

## Introducción

Los servicios ambientales que posee un ecosistema como el reciclaje de nutrientes y la polinización, proporcionados por la diversidad biológica, proveerán de beneficios a los seres humanos siempre y cuando no se altere el equilibrio y funcionamiento de ese ecosistema (Myers 1996).

La aplicación de prácticas de manejo sostenible en un ecosistema agrícola garantiza su tolerancia ante la presión impuesta por la producción de alimentos. Sin embargo, el aumento desmedido de la intensidad productiva implica el uso excesivo de insecticidas y fertilizantes, con sus consiguientes efectos perjudiciales. Entre dichos efectos destacan la pérdida de insectos polinizadores y de especies benéficas para el control de las poblaciones de herbívoros (Tellería 2013, FAO 2017).

Los insectos herbívoros presentes en un ecosistema agrícola y que forman parte de la biodiversidad, incrementan su población aceleradamente a causa del desequilibrio y alteración de ese ecosistema, en parte debido a las prácticas agrícolas intensivas convencionales e insostenibles.

De esta forma, los sistemas de monocultivo proporcionan a los herbívoros abundante alimento y los niveles de nutrientes que necesitan para incrementar su abundancia, causando daño en el cultivo y pérdidas económicas (Altieri *et al.* 1984).

Además, las condiciones bióticas y abióticas en el ecosistema agrícola pueden favorecer el crecimiento poblacional de los insectos herbívoros que se convierten en plaga (Savopoulou-Soultani *et al.* 2012).

## Efecto de los insectos plaga en el estado

Entre la diversidad de insectos plaga que causan importantes daños a la agricultura en México destacan los lepidópteros (especialmente polillas o palomillas), coleópteros (picudos, minadores), dípteros (moscas de las frutas, mosquitas blancas), hemípteros (chicharritas, pulgones), entre otros (Ruiz *et al.* 2013).

Morelos cuenta con una superficie aproximada de 183 897 ha dedicada a la actividad agrícola y forestal (Secretaría de Desarrollo Agropecuario de Morelos 2013). De esta superficie, hay una mayor incidencia en la región centro-sur de las especies de insectos plaga, debido a que ahí se encuentra una variedad de cultivos como tomate verde, tomate rojo, sorgo, cítricos, maíz, frijol, cebolla, caña de azúcar y arroz (apéndice 43, cuadro 1; Ramírez *et al.* 2001, Campos y Lugo-Alonso 2012).

Existen insectos plaga como la gallina ciega (figura 1) que ha llegado a causar la pérdida de hasta 70% del cultivo de maíz. Cabe mencionar que en cultivos de extensa superficie sembrada como sorgo (42 541 ha), maíz (34 927 ha), caña de azúcar (20 082 ha) y nopal (3 582 ha) y con elevado volumen de producción (sorgo 187 566 t, maíz 84 152 t para grano y 97 901 t para elote, caña de azúcar 2 027 620 t y nopal 328 750 t), se han realizado prácticas agrícolas convencionales como los sistemas de monocultivo y la aplicación excesiva de agroquímicos, sin importar el costo ambiental que esto conlleva (Núñez *et al.* 2004, Secretaría de Desarrollo Agropecuario de Morelos 2014).

Cuadro 1. Principales insectos que son plaga en Morelos.

Nombre común	Nombre científico	Familia	Cultivo al que afecta	Referencias
Barrenador del tallo de caña de azúcar	<i>Diatraea magnifactella</i>	Crambidae	Caña de azúcar	Campos y Lugo-Alonso 2012, Campos <i>et al.</i> 2012
Barrenador del tallo de caña de azúcar	<i>Eoreuma loftini</i>	Crambidae	Caña de azúcar	Campos y Lugo-Alonso 2012, Campos <i>et al.</i> 2012
Gusano soldado	<i>Spodoptera exigua</i>	Noctuidae	Frijol, jitomate cebolla y maíz	Bautista 1992, Ruiz <i>et al.</i> 2013
Gusano cogollero del maíz	<i>S. frugiperda</i>	Noctuidae	Cebolla, maíz y sorgo	Bautista 1992, Ruiz <i>et al.</i> 2013
Gusano elotero	<i>Helicoverpa zea</i>	Noctuidae	Maíz y cebolla	Bautista 1992, Ruiz <i>et al.</i> 2013
Gusano del fruto del tomate	<i>Heliothis subflexa</i>	Noctuidae	Tomate de cascará	Bautista 1992, Ruiz <i>et al.</i> 2013
Picudo de la caña de azúcar	<i>Sphenophorus incurrens</i>	Dryophthoridae	Caña de azúcar	Campos y Lugo-Alonso 2012, Campos <i>et al.</i> 2012
Mosca pinta o salivazo	<i>Aeneolamia</i> spp.	Cercopidae	Caña de azúcar	Campos y Lugo-Alonso 2012, Campos <i>et al.</i> 2012
Picudo del nopal	<i>Metamasius spinolae</i>	Dryophthoridae	Nopal	Cerón-González <i>et al.</i> 2012
Picudo del agave	<i>Scyphophorus acupunctatus</i>	Dryophthoridae	Nardo	Camino <i>et al.</i> 2002
Gallina ciega	<i>Phyllophaga</i> sp.	Scarabaeidae	Maíz, sorgo y caña	Núñez <i>et al.</i> 2004
Psílido asiático de los cítricos	<i>Diaphorina citri</i>	Psyllidae	Cítricos	Comité Estatal de Sanidad Vegetal del Estado de Morelos 2017
Pulgón amarillo	<i>Melanaphis sacchari</i>	Aphididae	Sorgo	Provisor-Bermúdez y López-Martínez 2016
Mosca blanca	<i>Bemisia tabaci</i> y <i>Trialeurodes vaporariorum</i>	Aleyrodidae	Frijol, tomate rojo y verde	Ortega 1992, Pacheco 1998, Ramírez <i>et al.</i> 2001

Fuente: elaboración propia.

Cabe señalar que la aplicación desmedida de insecticidas para combatir a los insectos plaga con mayor incidencia en estos cultivos, como las palomillas, ha llevado a la pérdida de la diversidad de especies benéficas en los ecosistemas agrícolas mencionados (Ruiz *et al.* 2013).

## Conclusiones y recomendaciones

En un ecosistema agrícola, en donde se utiliza una gran cantidad de agroquímicos, es necesario promover el mantenimiento de la biodiversidad para mantener un adecuado equilibrio y funcionamiento del ecosistema. Es indispensable entender que la biodiversidad y los servicios ecosistémicos pueden favorecer la producción agrícola y mantener funciones clave como la polinización y poblaciones de insectos en equilibrio.

Además, en los ecosistemas agrícolas deben implementarse prácticas como los sistemas de policultivo, rotación de cultivos, control biológico, control cultural, entre otras, con el fin de aprovechar la producción agrícola de manera sostenible.



Figura 1. Larva de escarabajo *Phyllophaga* sp., mejor conocida como gallina ciega. Foto: Víctor Hugo Luna/Banco de imágenes CONABIO.

## Referencias

- Altieri, M.A., D.K. Letourneau y S.J. Risch. 1984. Vegetation diversity and insect pest outbreaks. *Critical Reviews in Plant Sciences* 2:131-169.
- Bautista, M.N. 1992. Principales especies nocivas del orden Lepidoptera. En: *Manejo fitosanitario de las hortalizas en México*. R.S. Anaya, M.N. Bautista y D.B. Rodríguez (eds.). Centro de Entomología y Acarología-SARH, Estado de México, pp. 124-125.
- Camino, L.M., G.V. Castrejón, B.R. Figueroa et al. 2002. *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal, (Coleoptera: Curculionidae) Attacking *Polianthes tuberosa* (Liliales: Agavaceae) in Morelos, México. *Florida Entomologist* 85(2):392-393.
- Campos, H.A. y A. Lugo-Alonso. 2012. *Manual de plagas y enfermedades en caña de azúcar para el estado de Morelos*. INIFAP, Zacatepec.
- Campos, H.A., E. Cruz-Cruz y J. Canul-Ku. 2012. *Tecnología para el manejo y control de plagas y enfermedades en caña de azúcar en el estado de Morelos*. INIFAP, Zacatepec.
- Cerón-González, C., E. Rodríguez-Leyva, J.R. Lomeli-Flores et al. 2012. Evaluación de insecticidas sintéticos sobre adultos de *Metamasius spinolae* (Coleoptera: Curculionidae) procedentes de Tlalnepantla, Morelos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 3(2):217-229.
- Comité Estatal de Sanidad Vegetal del Estado de Morelos. 2017. *Campaña contra huanglongbing de los cítricos*. Informe mensual No. 1, Enero 2017. Comité Estatal de Sanidad Vegetal del Estado de Morelos, Morelos.
- FAO. Food and Agriculture Organization. 2017. *Plant production and protection division*. En: <<http://www.fao.org/ag/AGP>>, última consulta: 17 de mayo de 2019.
- Myers, N. 1996. Environmental services of biodiversity. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 93:2764-2769.
- Núñez, M.E., M.V. López, L. Aldana et al. 2004. El manejo integrado de plagas: una herramienta útil para el desarrollo sostenible en Morelos. *Investigación Agropecuaria* 1:67-71.
- Ortega, A. L.D. 1992. Mosquitas blancas (Homoptera: Aleyrodidae) vectores de virus en hortalizas. En: *Manejo fitosanitario de las hortalizas en México*. R.S. Anaya, M.N. Bautista y D.B. Rodríguez (eds.). Centro de Entomología y Acarología-SARH, Chapingo, pp. 20-40.
- Pacheco, M.F. 1998. Generalidades del género *Bemisia*. En: *Temas selectos para el manejo integrado de la mosquita blanca*. F. Pacheco y J. Pacheco (eds.). INIFAP/CIRNO/CEVY, Ciudad Obregón, pp. 31-38.
- Provisor-Bermúdez, Y. y V. López-Martínez. 2016. Primer registro de *Hippodamia convergens* y *Cycloneda sanguinea* (Coleoptera: Coccinellidae), como depredadores de *Melanaphis sacchari* (Hemiptera: Aphididae), en sorgo, en Morelos, México. *Acta Agrícola y Pecuaria* 2:51-53.
- Ramírez, R.S., A. Salazar-Pedrosa y T. Nakagome. 2001. *Manual de plagas y enfermedades del jitomate, tomate de cáscara y cebolla en el estado de Morelos*. INIFAP, Zacatepec.
- Ruiz, C.J.A., E. Bravo-Mosqueda, G. Ramírez-Ojeda et al. 2013. *Plagas de importancia económica en México: aspectos de su biología y ecología*. CIRPAC/INIFAP, Tepatitlán de Morelos.
- Savopoulou-Soultani, M., N.T. Papadopoulos, P. Milonas y P. Moyal. 2012. Abiotic factors and insect abundance. *Psyche* 2012:1-2.
- Secretaría de Desarrollo Agropecuario de Morelos. 2013. *Programa Sectorial de Desarrollo Agropecuario y Acuicola de Morelos 2013-2018 (PSDAAMOR)*. Secretaría de Desarrollo Agropecuario, Morelos.
- . 2014. *Anuario estadístico y geográfico de Morelos 2015. Agricultura. Volumen y valor de la producción agrícola por tipo de cultivo, principales cultivos y municipios según disponibilidad de agua*. Secretaría de Desarrollo Agropecuario, Morelos.
- Tellería, J.L. 2013. Pérdida de biodiversidad. Causas y consecuencias de la desaparición de las especies. En: *Memorias de la Real Sociedad Española de Historia Natural (2ª ep.)* 10:13-25.



# Abejas y avispas (Hymenoptera)

Concepción Martínez Peralta, Fernando Varela Hernández y María Ventura Rosas Echeverría

## Introducción

Las avispas, las abejas y las hormigas conforman el orden Hymenoptera, que es uno de los grupos de insectos más diversos en el mundo (Hanson y Gauld 2006). Los himenópteros se caracterizan por la presencia de dos pares de alas membranosas, donde el par posterior es más corto que el anterior (figura 1), así como por la determinación del sexo haplo-diploide (las hembras son dipliodes porque reciben dos juegos de cromosomas, mientras que los machos sólo un juego y se les llama haploides; Nieves-Aldrey y Fontal-Cazalla 1999).

De acuerdo con Aguiar *et al.* (2013), se reconocen dos subórdenes de himenópteros (Apocrita y Symphyta), con 27 superfamilias y 132 familias que contienen 8 423 géneros y 153 088 especies. Las hormigas se agrupan en la familia Formicidae y las abejas en la superfamilia Apoidea. El resto de los himenópteros constituyen lo que se conoce comúnmente como avispas, por lo que éstas son el grupo más diverso, y están agrupadas en numerosas familias.

En este capítulo se tratarán a las avispas, haciendo mención de su diversidad por familia, así como a las abejas, agrupadas bajo la superfamilia Apoidea. Por su parte, las hormigas (familia Formicidae) se tratan en otro capítulo de este volumen.

## Diversidad y distribución

De acuerdo con Llorente-Bousquets y Ocegueda (2008), el número de especies de himenópteros (hormigas, avispas y abejas) registradas para México es de 6 313. Sin embargo, este número podría incrementarse notablemente al tener un estudio más detallado de la entomofauna del país.



Figura 1. Vista dorsal de la avispa *Polistes* sp. (Vespidae) o guachichila, en ella se observan dos pares de alas membranosas que caracterizan a los himenópteros, en donde el ala posterior (a) es más corta que la anterior (b). Foto: Benjamín Hernández Bahena.

Específicamente, Contreras-MacBeath *et al.* (2006) mencionan que para Morelos se tienen registradas 363 especies de himenópteros, mientras que Llorente-Bousquets y Ocegueda (2008) mencionan 549 especies.

Para las avispas en particular, algunos trabajos con diferentes enfoques y objetivos han aportado al conocimiento de grupos específicos para el estado (cuadro 1).

Martínez-Peralta, C., F. Varela-Hernández y M.V. Rosas-Echeverría. 2020. Abejas y avispas (Hymenoptera). En: *La biodiversidad en Morelos. Estudio de Estado 2*. Vol. II. CONABIO, México, pp. 225-230.

**Cuadro 1.** Especies, familias y subfamilias de avispas presentes en Morelos, determinados en estudios con diferentes enfoques y objetivos.

Número de especies	Superfamilia	Familia	Subfamilia	Referencias
29	Chalcidoidea	Aphelinidae		González-Hernández 1998, Myartseva <i>et al.</i> 2003, Myartseva <i>et al.</i> 2012
51		Chalcididae		González-Hernández 1998
40		Encyrtidae		González-Hernández 1998, Myartseva <i>et al.</i> 2003, Trjapitzin y Ruíz-Cancino 2003, Rodríguez-Vélez y Woolley 2005
25		Eulophidae		Pérez 1985, Hansson 1997, González-Hernández 1998
12		Eupelmidae		Pérez 1985, Myartseva <i>et al.</i> 2003
3		Eurytomidae		Pérez 1985, Castañeda-Vildózola <i>et al.</i> 2010
1		Mymaridae		González-Hernández 1998
8		Pteromalidae		Orozco-Hidalgo 1984, González-Hernández 1998, Myartseva <i>et al.</i> 2003
100	Ichneumonoidea	Braconidae		Pérez 1985, González-Hernández 1998, Sánchez-García y López-Martínez 2000, Delfín-González 2002, López-Martínez <i>et al.</i> 2009, Saavedra-Aguilar 2009, Coronado-Blanco 2011, Coronado-Blanco <i>et al.</i> 2011, Belokobylskij <i>et al.</i> 2014, Mejía-Ramírez <i>et al.</i> 2015
76		Ichneumonidae		González-Hernández 1998, Ruíz-Cancino <i>et al.</i> 2011, Ruíz-Cancino <i>et al.</i> 2014, Khalaim <i>et al.</i> 2015
2	Platygastroidea	Platygastridae		González-Hernández 1998
2		Scelionidae		González-Hernández 1998
1	Siricoidea	Siricidae		Sánchez-Martínez 2016
21	Tenthredinoidea	Argidae		Smith 1992
1	Vespoidea	Vespidae	Polistinae	Boyás-Delgado y Cervantes-Sánchez 2001
8		Vespidae	Polistinae	Rodríguez-Palafox 1989
11		Vespidae	Eumeninae	Manley y Pitts 2007

Fuente: elaboración propia.

En este sentido, la diversidad estimada para la entidad es de 391 especies de avispas. Cabe mencionar que la clasificación taxonómica ha cambiado, en particular a nivel de género y especie (cuadro 1). Por lo tanto, es conveniente realizar una revisión y actualización taxonómica de los registros para ofrecer un listado actualizado de las avispas existentes en el estado.

En el caso de las abejas, éstas son el grupo mejor estudiado debido a su importancia como polinizador (Michener 2007). Pertenecen a la superfamilia Apoidea, la cual contiene siete familias, de las cuales seis se distribuyen en el territorio nacional: Andrenidae, Apidae, Colletidae, Halictidae, Melittidae y Megachilidae (figura 2). En México se registran 1 831 especies (Ascher y Pickering 2016), número que alcanzaría las 2 mil especies si se incrementa el número de sitios de muestreo y de estudios taxonómicos (Ayala *et al.* 1996).

Si se toma en cuenta dicho estimado, México representaría 10% de las especies de abejas del mundo. Para Morelos se tienen registradas cinco de las seis familias de abejas presentes en el país (no se cuentan con registros de Melittidae; Ayala *et al.* 1993, Hinojosa-Díaz 2003).

Con base en las colectas y revisión bibliográfica, Ayala *et al.* (1996) reportan para la entidad 209 especies de abejas (11% del estimado nacional), mientras que Hinojosa-Díaz (2003) reporta 197 (10%) y al menos 138 morfoespecies (apéndice 44), sólo para la porción sur del derrame de lava del volcán Chichinutzin, ubicado al noroeste del estado.

Hinojosa-Díaz (2003) es el que reporta más especies y morfoespecies para un sitio en México, lo cual puede deberse a la heterogeneidad ambiental de la zona estudiada. Esto es, incluye tres tipos climáticos, cuatro tipos de vegetación y una variación altitudinal de 1 300 a 2 450 msnm.

En conjunto, los estudios de Ayala *et al.* (1996), Hinojosa-Díaz (2003) y reportes de la UICN indican que en Morelos se encuentran 304 especies de abejas (302 identificadas;apéndice 44), que equivale a 16% del total a nivel nacional. De las especies reportadas, la abeja mielera (*Apis mellifera*) es la única que se ha identificado como introducida.

Es imposible establecer patrones de distribución dentro de la entidad, debido a los escasos estudios de diversidad de avispas y abejas para el estado con un enfoque geográfico. De acuerdo con Ayala *et al.* (1996),



**Figura 2.** Vista lateral de la abeja cortadora de hojas (*Dianthidium discophorum*, Megachilidae). Las alas membranosas (a y b) de las abejas son compartidas con las avispas. Las abejas presentan, además, zonas de pelos especializadas para la colecta de polen llamadas escopas; en la familia Megachilidae se presentan en la parte ventral del abdomen (c). Foto: Leonardo Hernández Bautista.

Morelos es uno de los estados con mayor número de sitios de colecta en el país (0.28 sitios/km<sup>2</sup>). No obstante, el estudio de Hinojosa-Díaz (2003) indica que la riqueza específica podría aumentar aún más con la colecta sistemática de localidades específicas, debido a la alta heterogeneidad ambiental de la entidad, así como a las revisiones taxonómicas de las colectas ya realizadas.

## Importancia

Las avispas incluyen algunas que son polinizadoras, depredadoras y parásitas o carroñeras de otros insectos, por lo que sirven como control de plagas (Gullan y Cranston 2010). No obstante, su papel más destacado es como parasitoides, que son insectos que en su estado de larva crecen dentro o sobre otro invertebrado, al cual terminan matando. Las avispas en su etapa larval parasitode matan más insectos fitófagos (que se alimentan de plantas o partes de ellas) que cualquier depredador o patógeno, de ahí su importancia para controlar plagas en cultivos (Delfín-González y Burgos-Ruiz 2000).

Por su parte, las abejas silvestres son los polinizadores más frecuentes y eficientes en la mayoría de las regiones geográficas, tanto de plantas silvestres como cultivadas (Potts *et al.* 2010, Dicks *et al.* 2013, Rosas-Echeverría 2015, IPBES 2016).

A nivel global, el valor económico de la polinización por insectos en los cultivos se estima en 153 mil millones de euros al año, lo que significa 9.5% del valor total de la producción anual (Gallai *et al.* 2009). Los polinizadores animales, entre ellos las abejas, afectan 35% de la producción mundial de cultivos, aumentando el rendimiento de 87 de los cultivos alimenticios más importantes a nivel mundial, o 75% de todos los cultivos (FAO 2017).

## Situación y estado de conservación

Estudios en regiones específicas del hemisferio norte, indican una disminución en las últimas décadas de la abundancia de especies polinizadoras como abejorros y abejas mieleras, fenómeno conocido como colapso de colonia o colapso de colmena (Potts *et al.* 2010, Vanbergen e IPI 2013).

Para la gran mayoría de las avispas y abejas (en particular las silvestres) se desconocen datos sobre su distribución, fenología y atributos básicos de historia de vida, así como tendencias poblacionales en regiones tropicales (incluido Morelos; Vanbergen e IPI 2013).

Lo anterior se debe a que no existen programas de monitoreo estandarizados que brinden información detallada sobre la abundancia de estos insectos (Potts *et al.* 2010). No obstante, se reconoce que las amenazas para

los insectos en regiones tropicales son genuinas y deben atenderse de manera urgente (Vanbergen e IPI 2013).

La normatividad mexicana (NOM-059; SEMARNAT 2010) y la CITES (UNEP y WCMC 2017) no incluyen a ninguna especie de abeja o avispa en sus listados. La Lista Roja de la UICN incluye una sola especie de avispa y 483 especies de abejas de todo el mundo (2.4% del total de especies; UICN 2017). De las especies de abejas en esta Lista Roja, siete se distribuyen en Morelos, todas pertenecientes al género *Bombus* (UICN 2017; apéndice 44).

## Factores de presión

Las principales amenazas que enfrentan las avispas y las abejas se relaciona con la pérdida de la cobertura vegetal (cambio de uso del suelo), el uso de agroquímicos destinados a la agricultura intensiva, la incidencia de patógenos, el desplazamiento por especies invasoras, y el cambio climático (Vanbergen e IPI 2013, UICN 2017).

En el estado, dos de las principales actividades económicas en zonas rurales son la ganadería y la agricultura, ambas favorecen el cambio de uso del suelo y la transformación de la vegetación, y requieren del uso de agroquímicos (Delgadillo-Macías 2014). Estas prácticas generan efectos negativos para la diversidad vegetal y sus hospederos himenópteros.

## Acciones de conservación

Las acciones de conservación en la entidad se centran en las áreas naturales protegidas (ANP), y los estudios que incluyen listados y monitoreos se enfocan en animales vertebrados y plantas angiospermas y gimnospermas (Contreras-MacBeath *et al.* 2006).

Si bien estas acciones no están dirigidas a la conservación de avispas y abejas específicamente, sí pueden protegerlos de manera colateral al fomentar el mantenimiento de sus hábitats naturales. No obstante, la falta de datos sobre la distribución y ecología de las avispas y las abejas no permite ofrecer actualmente una evaluación de la eficacia del establecimiento de estas ANP en el estado para estos grupos de insectos.

Por otro lado, numerosos estudios coinciden en que la conservación de las abejas y las avispas requiere la existencia de hábitats con recursos florales, sitios de anidación y refugio. Entre las acciones recomendadas están las siguientes: 1) conservar y restaurar hábitats

naturales; 2) crear parches de vegetación con recursos florales en los bordes de cultivos y caminos, incluso en áreas urbanas; 3) incrementar la conectividad del paisaje; 4) fomentar los cultivos heterogéneos y orgánicos; y 5) limitar el uso de insecticidas neonicotinoides y otros pesticidas, en particular mientras las plantas están en flor (Hatfield *et al.* 2015, IPBES 2016).

## Conclusiones y recomendaciones

Este trabajo presenta algunas cifras sobre la diversidad de las abejas y las avispas en Morelos. Sin embargo, se considera que el conocimiento de la diversidad de estos grupos es fragmentado, debido a: 1) la falta de inventarios biológicos locales para el país (Aguiar *et al.* 2013); 2) la descripción continua de especies (p.e. Aguiar *et al.* 2013, Martínez y Zaldívar-Riverón 2013); y 3) el alto grado de endemismos en México, derivado de la elevada variación regional de especies (Arita y Rodríguez 2003).

Por lo tanto, se considera como prioritaria la elaboración de inventarios biológicos locales que refuercen el estado del conocimiento de estos grupos, la realización de monitoreos sistemáticos para detectar tendencias poblacionales a mediano y largo plazo, así como el desarrollo de estudios ecológicos específicos sobre especies con importancia económica (p.e. plagas, parasitoides, polinizadores silvestres y manejados).

## Referencias

- Aguiar, A.P., A.R. Deans, M.S. Engel *et al.* 2013. Order Hymenoptera. *Zootaxa* 3703(1):051-062.
- Arita, H. y P. Rodríguez. 2003. Ecología geográfica y macroecología. En: *Introducción a la biogeografía latinoamericana: teorías, conceptos, métodos y aplicaciones*. J. Llorente-Bousquets y J. Morrone (eds.). Facultad de Ciencias-UNAM, México, pp. 63-80.
- Ascher, J.S. y J. Pickering. 2016. *Discover Life: bee species guide and world checklist (Hymenoptera: Apoidea: Anthophila)*. En: <[http://www.discoverlife.org/mp/20q?guide=Apoidea\\_species](http://www.discoverlife.org/mp/20q?guide=Apoidea_species)>, última consulta: 21 de noviembre de 2017.
- Ayala, R., T.L. Griswold y S.H. Bullock. 1993. The native bees of Mexico. En: *Biological diversity of Mexico: origins and distribution*. T.P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa (eds.). Oxford University Press, Nueva York, pp. 179-227.
- Ayala, R., T.L. Griswold y D. Yanega. 1996. Apoidea (Hymenoptera). En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento*. Vol. I. J. Llorente-Bousquets,

- A. García-Aldrete y E. González-Soriano (eds.). Instituto de Biología-UNAM, México, pp. 423-464.
- Belokobylskij, S.A., A. Zaldívar-Riverón y J.M. Coronado-Blanco. 2014. A new subgenus of the genus *Callihormius* Ashmead, 1900 (Hymenoptera: Braconidae: Doryctinae) from Mexico. *Proceedings of the Russian Entomological Society* 85(1):151-156.
- Boyás-Delgado, J.C., M.A. Cervantes-Sánchez, J.M. Javelly-Gurria et al. 2001. *Diagnóstico forestal del estado de Morelos*. SAGARPA/INIFAP/ Fundación Produce Morelos, A.C., Morelos.
- Castañeda-Vildózola, A., C. Nava-Díaz, J. Valdez-Carrasco et al. 2010. Distribution and host range of *Bephratelloides cubensis* Ashmead (Hymenoptera: Eurytomidae) in Mexico. *Neotropical Entomology* 39(6):1053-1055.
- Contreras-MacBeath, T., J.C. Boyás y F. Jaramillo. 2006. *La diversidad biológica en Morelos: estudio del estado*. CONABIO/UAEM, México.
- Coronado-Blanco, J.M. 2011. *Braconidae (Hymenoptera) de Tamaulipas, México*. Editorial Planea, Tamaulipas.
- Coronado-Blanco, J.M., A.M. Corona-López, V.H. Toledo-Hernández y E. Ruiz-Cancino. 2011. Braconinae (Hymenoptera: Braconidae) colectados en trampas de luz en Tlaquiltenango, Morelos, México. En: *Memorias del xv Simposio Nacional de Parasitología Forestal 2009*. Oaxaca.
- Delfín-González, H. y D. Burgos-Ruiz. 2000. Los braconidos (Hymenoptera: Braconidae) como grupo parámetro de biodiversidad en las selvas deciduas del trópico: una discusión acerca de su posible uso. *Acta Zoológica Mexicana* 79:43-56.
- Delgadillo-Macias, J. 2014. *Informe del diagnóstico rural del estado de Morelos*. Gobierno del Estado de Morelos/SAGARPA, México.
- Dicks, L.V., A. Abrahams, J. Atkinson et al. 2013. Identifying key knowledge needs for evidence-based conservation of wild insect pollinators: a collaborative cross-sectoral exercise. *Insect Conservation and Diversity* 6:435-446.
- FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2017. *Midiendo los déficits de polinización*. En: <[http://www.fao.org/agriculture/crops/noticias-eventos-boletines/detail/es/item/211886/icode/?no\\_cache=1](http://www.fao.org/agriculture/crops/noticias-eventos-boletines/detail/es/item/211886/icode/?no_cache=1)>, última consulta: 31 de agosto de 2017
- Gallai, N., J.M. Salles, J. Settele y B.E. Vaissière. 2009. Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Ecological Economics* 68:810-821.
- González-Hernández, A. 1998. *Inventario de Hymenoptera: Parasítica en México*. Informe final SNIB-CONABIO. Proyecto No. P021. Facultad de Ciencias Biológicas-UANL, México.
- Gullan, P.J. y P.S. Cranston. 2010. *The Insects: An outline of entomology*. Wiley-Blackwell, Oxford.
- Hansson, C. 1997. Survey of *Chrysocharis* Förster and *Neochrysocharis* Kurdjumov (Hymenoptera: Eulopidae) from Mexico, including eight new species. *Miscellanea Zoologica* 20(1):81-95.
- Hanson, P.E. y I.D. Gauld. 2006. (eds.). *Hymenoptera de la región Neotropical*. American Entomological Institute, Estados Unidos de América.
- Hatfield, R., S. Jepsen, R. Thorp et al. 2015. *Bombus crotchii*. The IUCN Red List of Threatened Species 2015: e.T44937582A46440211. En: <<http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2015-2.RLTS.T44937582A46440211>>, última consulta: 25 de octubre de 2017.
- Hinojosa-Díaz, I.A. 2003. Abejas silvestres (Hymenoptera: Apoidea) del declive sur de la Sierra del Chichinautzin, Morelos, México. *Folia Entomológica Mexicana* 42(1):1-20.
- IPBES. Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. 2016. *Summary for policymakers of the assessment report of the intergovernmental science-policy platform on biodiversity and ecosystem services (IPBES) on pollinators, pollination and food production*. Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, Bonn.
- López-Martínez, V., M. Saavedra-Aguilar, H. Delfín-González et al. 2009. New Neotropical records of braconid wasps (Hymenoptera: Braconidae). *Neotropical Entomology* 38(2):213-218.
- Llorente-Bousquets, J. y S. Ocegueda. 2008. Estado del conocimiento de la biota. En: *Capital natural de México: conocimiento actual de la biodiversidad, vol. I*. CONABIO, México, pp. 283-322.
- Manley, D.G. y J. Pitts. 2007. Tropical and subtropical velvet ants of the genus *Dasymutilla* Ashmead (Hymenoptera: Mutillidae) with descriptions of 45 new species. *Zootaxa* 1487:1-128.
- Martínez, J.J. y A. Zaldívar-Riverón. 2013. Seven new species of *Allorhogas* (Hymenoptera: Braconidae: Doryctinae) from Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 84:117-139.
- Mejía-Ramírez, A., J.A. Sánchez-García, R. Jarquín-López y L. Martínez-Martínez. 2015. Nuevos registros y distribución del género *Blacus* Nees (Hymenoptera: Braconidae: Blacinae) en México. *Entomología Mexicana* 2:804-809.
- Michener, C.D. 2007. *Bees of the world*. The Johns Hopkins University Press, Baltimore.
- Myartseva, S.N., E. Ruiz-Cancino y J.M. Coronado-Blanco. 2003. Parasitoids (Hymenoptera: Chalcidoidea) of *Saissetia* spp. (Homoptera: Coccidae) in Mexico. *Fruits* 59:141-150.
- Myartseva, S.N., E. Ruiz-Cancino, J.M. Coronado-Blanco y A. Flores. 2012. Aphelinidae (Hymenoptera) del Estado de Morelos, México. *Entomología Mexicana* 11:1029-1034.
- Nieves-Aldrey, J.L. y F.M. Fontal-Cazalla. 1999. Filogenia y evolución del orden Hymenoptera. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa* 26:459-474.

- Orozco-Hidalgo, I. 1984. *Parasitismo por Muscidifurax raptor (Hymenoptera: Pteromalidae) sobre pupas de dípteros en la cuenca lechera de Joncatepec, Morelos*. Tesis de licenciatura en biología. Facultad de ciencias-UNAM, México.
- Pérez, G. 1985. Himenópteros parasitoides de *Apion* spp. (Coleoptera: Curculionioidea: Apionidae) en Tepoztlán, Morelos. *Folia Entomológica Mexicana* 63:39-46.
- Potts, S.G., J.C. Biesmeijer, C. Kremen *et al.* 2010. Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends in Ecology and Evolution* 25:345-353.
- Rodríguez-Palafox, A. 1989. Las avispas sociales (Hymenoptera: Vespidae: Polistinae) de Chamela, Jalisco. *Folia Entomológica Mexicana* 77:495-516.
- Rodríguez-Vélez, B. y J.B. Woolley. 2005. La fauna de la familia Encyrtidae (Hymenoptera: Chalcidoidea). *Folia Entomológica Mexicana* 44:147-155.
- Rosas-Echeverría, M.V. 2015. El papel de los insectos en la conservación. En: *Retos y herramientas para el estudio de la biodiversidad*. V.H. Toledo-Hernández (coord.). UAEM, Cuernavaca, pp. 129-144.
- Ruíz-Cancino, E., V.H. Toledo-Hernández, A.M. Corona-López *et al.* 2011. Ichneumonidae (Hymenoptera) en selvas y bosques del estado de Morelos, México. En: *Memoria del xv Simposio Nacional de Parasitología Forestal 2009*. Oaxaca.
- Ruíz-Cancino, E., A.I. Khalaim, J.M. Coronado-Blanco *et al.* 2014. Registro de *Diradops bionica* Ugalde y Gauld, 2002 (Hymenoptera: Ichneumonidae: Banchinae) para México y de otras dos especies de Oaxaca. *Acta Zoológica Mexicana* 30(2):428-430.
- Saavedra-Aguilar, M. 2009. *Géneros y especies de avispas de la familia Braconidae (Hymenoptera: Ichneumonidea) del estado de Hidalgo*. Tesis de doctorado en ciencias. COLPOS, Montecillo.
- Sánchez-Martínez, G., O. Moreno-Rico y D.R. Smith. 2016. Primer registro y observaciones biológicas en la avispa de la madera *Sirex obesus* Bradley en Aguascalientes, México. *Agrociencia* 50:459-469.
- SEMARNAT. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. *Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010*. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.
- Smith, D.R. 1992. A synopsis of the sawflies (Hymenoptera: Symphyta) of America south of the United States: Argidae. *Memoirs of the American Entomological Society* 39:1-119.
- Trjapitzin, V.A. y E. Ruíz-Cancino. 2003. *Homalotylus mirabilis* (Brèthes) (Hymenoptera: Chalcidoidea: Encyrtidae) en el estado de Morelos, México. *BioTam nueva serie* 14(1):41-46.
- UICN. International Union of Conservation of Nature. 2017. *The IUCN Red List of threatened species. Version 2017-2*. Disponible en: <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>, última consulta: 23 de octubre de 2017.
- UNEP y WCMC. United Nations Environment Programme y World Conservation Monitoring Centre. 2017. *The checklist of CITES species website*. En: <<http://checklist.cites.org>>, última consulta: 23 de octubre de 2017.
- Vanbergen, A.J. e IPI. Insect Pollinators Initiative. 2013. Threats to an ecosystem service: pressures on pollinators. *Frontiers in Ecology and the Environment* 11(5):251-259.

## Hormigas (Hymenoptera: Formicidae)

Rosa Gabriela Castaño Meneses, Luis Nicéforo Quiroz Robledo y Jorge Ernesto Valenzuela González

### Introducción

Las hormigas pertenecen a la familia Formicidae, y junto con las abejas y avispas conforman el orden de los himenópteros. Se caracterizan por presentar antenas acodadas, con el primer segmento (escapo) alargado, cabeza prognata, obreras sin alas, una glándula meta-plaural en el tórax, y presentar un peciolo o postpeciolo, originados de la constricción entre el segundo y tercer segmento abdominales.

Es un grupo muy antiguo, pues ha estado presente desde el Cretácico, hace más de 100 millones de años (LaPolla *et al.* 2013). Son los insectos eusociales, es decir, presentan un comportamiento verdaderamente social, con división de trabajo, solapamiento de generaciones y castas reproductivas. (Hölldobler y Wilson 1990).

Son uno de los grupos de insectos sociales más abundantes (figura 1) y con mayor éxito adaptativo, puesto que se encuentran en prácticamente todos los biomas, excepto en las regiones polares extremas, y tienen un



Figura 1. Principales grupos de insectos sociales: a) abejas; b) avispas; c) hormigas; y d) termitas. Fotos: Gabriela Castaño-Meneses.

Castaño-Meneses, G., L.N. Quiroz-Robledo y J. Valenzuela-González. 2020. Hormigas (Hymenoptera: Formicidae). En: *La biodiversidad en Morelos. Estudio de Estado 2*. Vol. II. CONABIO, México, pp. 231-237.

enorme impacto ecológico, a grado tal que se les considera como ingenieras de ecosistemas (Folgarait 1998).

En promedio, llegan a constituir de 15 a 20% de la biomasa animal terrestre, y en los ecosistemas tropicales pueden sobrepasar hasta 25% (Schultz 2000).

## Diversidad y Distribución

Se conocen hasta el momento 14 097 especies de hormigas en el mundo, representadas en 21 subfamilias (Agosti y Johnson 2005, Rabeling *et al.* 2008). No obstante, las estimaciones más recientes, que consideran la tasa actual de descubrimiento y descripción de especies, sugieren que el número total podría sobrepasar las 25 mil (Ward 2010). Para México, se tienen registradas 927 (Vásquez-Bolaños 2015), y se estima que el número total podría ser de 2 mil (Rojas 1996).

Con base en registros de la literatura y colectas recientes realizadas en el estado, se tienen registradas 113 especies de hormigas (111 identificadas; apéndice 45; Wilson 2003, Quiroz-Robledo *et al.* 2004, Vásquez-Bolaños 2015), lo que ubica a Morelos en el 9° lugar de riqueza dentro de las 32 entidades federativas del país. Se tienen registradas siete de las 11 subfamilias que hay en México, la mejor representada es Myrmicinae (35 especies), seguida de Formicinae (21), Dorylinae y Pseudomyrmecinae (14 cada una), Ponerinae (13), Ectatomminae (6) y Dolichoderinae (10).

Los grupos que han recibido mayor atención son las dorylinas y las poneromorfas (Ectatomminae y Ponerinae), con los trabajos de Quiroz-Robledo y Valenzuela-González (2006, 2007), quienes mediante la utilización de trampas piftall en al menos dos sitios de los 33 municipios de Morelos, generaron un inventario de las hormigas legionarias y poneromorfas en el estado.

Para las hormigas legionarias se encontró un total de 15 especies (Quiroz-Robledo y Valenzuela-González 2006), pero dos de ellas *Neivamyrmex fallax* y *N. macropterus*, son sinónimos (la misma especie, pero con nombre diferente) de *N. swainsonii* y *N. fuscipennis*, respectivamente, de acuerdo con la actualización de la sistemática del grupo (Snelling y Snelling 2007). Sólo en el municipio de Ocuilco, no se registraron hormigas legionarias.

La especie *Labidus coecus* es la que presenta la distribución más amplia en el estado (22 de los 33 municipios), seguida de *Nomamyrmex esenbeckii* (13) y

*Neivamyrmex melanocephalus* (12). Los municipios con mayor número de especies de hormigas legionarias son Tepoztlán (11) y Cuernavaca (8).

En el caso de las poneromorfas se registraron 18 especies (Quiroz-Robledo y Valenzuela-González 2007). *Odontomachus clarus* resultó ser la especie más ampliamente distribuida, al estar presente en 29 de los municipios del estado, y ausente solamente en Huitzilac, Ocuilco, Zacatepec y Zacualpan.

Cabe mencionar que la riqueza de especies registrada para el estado es por mucho incompleta, ya que falta un muestreo más intensivo en los diferentes estratos (dosel de la vegetación, hojarasca, subterráneo). Para obtener inventarios más completos, es necesario utilizar una mayor variedad de métodos de muestreo (Quiroz-Robledo y Valenzuela-González 1995).

Especies como *Hypoponera foeda* y *Crematogaster ampla* se conocen en México, pero sólo se distribuyen en Morelos, aunque tienen registros en otros países. Por otro lado, *Cephalotes bimaculatus*, *C. wheeleri*, *Pheidole skwarrae* y *P. tolteca* fueron descritas originalmente de localidades del estado, pero se han registrado también en otras entidades del país. Las especies que hasta el momento sólo se conocen de las localidades tipo en Morelos (todas de Cuernavaca), son: *Pheidole morelosana*, de Miacatlán, *P. petrensis*, *P. spathicornis*, *Temnothorax annexus* y *T. skwarrae* (Wilson 2003).

La ubicación del estado dentro del área biogeográfica de transición mexicana, donde confluyen elementos de fauna neotropical y neártica (Halffter 1976), hacen del territorio morelense una región de gran interés y potencial en biodiversidad. En este sentido, diversos autores resaltan la importancia de esta área por su excepcional complejidad, riqueza y singularidad en cuanto a flora y fauna, como resultado de la gran variedad de ambientes y refugios disponibles en la zona por su historia geológica y biogeográfica (Corona *et al.* 2006).

## Importancia

Las hormigas proporcionan una gran variedad de servicios ecosistémicos, debido a la diversidad de hábitos alimenticios que tienen, y que les permite explotar múltiples recursos, así como la diversidad de interacciones que establecen con distintos grupos de organismos. Por ello, estos organismos resultan esenciales para que



muchos ecosistemas se mantengan y funcionen (Del Toro *et al.* 2012).

El papel de las hormigas como agentes dispersoras de semillas es ampliamente documentado (p.e. la hormiga granívora *Pogonomyrmex barbatus*, figura 2). En este sentido, Giladi (2006) indica que ellas se encargan de la dispersión de 40% de las plantas herbáceas en bosques templados, y que en zonas áridas y semiáridas sobrepasan incluso a roedores en esta función. De acuerdo con Orivel y Dejean (1999), muchas de las especies de plantas epífitas en bosques tropicales y subtropicales dependen de las hormigas para su dispersión y propagación.

Como depredadoras, las hormigas tienen papel relevante, como es el caso de la hormiga con mandíbulas de trampa (*Odontomachus laticeps*, figura 3), y tienen un efecto importante sobre las poblaciones de otros grupos de artrópodos, al grado de poder regular sus poblaciones (Gotwald 1995, Carlin y Gladstein 1989).

En Morelos, diversas especies de artrópodos, como escarabajos, ácaros y colémbolos, están asociados a nidos de hormigas (Deloya 1988, Márquez y Navarrete-Heredia 1994); ejemplo de ello es la hormiga arriera (*Atta mexicana*). Con este hecho, se realiza el papel de este grupo como ingenieras de ecosistemas y en la conservación de la biodiversidad global.

Las especies de hormigas que habitan en la entidad, tienen una gran importancia cultural, lo cual se refleja en las tradiciones culinarias y culturales en varias regiones. Por ejemplo, de las hormigas conocidas como hormigas de San Juan o chicatanas (*A. mexicana*, figura 4), las hembras se consumen en gran parte del territorio estatal, principalmente en los meses de mayo a julio (Reyes-Prado *et al.* 2016).

En el caso del municipio de Tepoztlán, las hormigas tienen un significado especial, principalmente en la cabecera municipal. Desde tiempos prehispánicos, los barrios tenían nombres de animales (figura 5). Posteriormente, en la época de la Colonia los nombres originales se cambiaron por los de algunos de los santos, y actualmente se conocen por los dos nombres.

Los pobladores continúan identificándolos así, de manera que es muy común que en el barrio de La Santísima (figura 6), se haga alusión a las hormigas o *tzicame* en náhuatl, ya que era el animal que daba nombre a dicho barrio. A manera de anécdota, se dice que las personas que viven en este barrio se caracterizan



Figura 2. Hormiga granívora (*Pogonomyrmex barbatus*), con una amplia distribución en México. Foto: Luis Quiroz.



Figura 3. Hormiga con mandíbulas de trampa (*Odontomachus laticeps*), una especie de hábitos depredadores. Foto: Luis Quiroz.



Figura 4. Hormigas chicatanas (*Atta mexicana*). Fotos: Gabriela Castaño-Meneses.

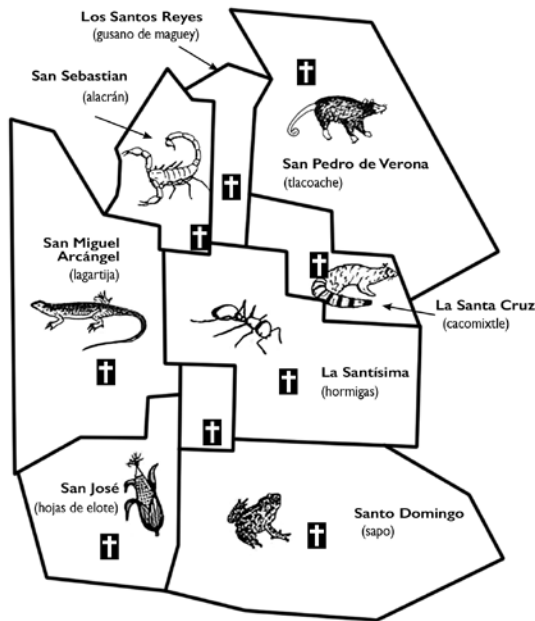


Figura 5. Fotografía del croquis de los barrios de Tepoztlán, que puede observarse en el Museo ExConvento del mismo poblado. Foto: Gabriela Castaño-Meneses.

por ser muchas, que siempre andan corriendo y se meten en toda clase de negocios, tal como las hormigas (Redfield 1982).

Una leyenda que tradicionalmente se transmite de forma oral en la cultura morelense, es la del Tepozteco. Ésta narra que cuando Tepoztécatl era aún un bebé, fue abandonado a su suerte en el monte, pero las hormigas lo protegieron y alimentaron, para que posteriormente realizara grandes hazañas (Taylor 2009).

### Situación y estado de conservación

Pese a ser un grupo de insectos ampliamente reconocido e integrado al conocimiento general de los pueblos, tiene poca difusión su importancia, debido a que generalmente se les asocia más a los efectos que pueden tener algunas especies como plagas en distintos cultivos. Es por ello, que en México no hay ninguna especie de hormiga considerada dentro de las listas de riesgo.



Figura 6. Imágenes de algunos detalles de casas y comercios del barrio de La Santísima, Tepoztlán, en donde se pueden apreciar representaciones de hormigas. Fotos: Gabriela Castaño-Meneses.

Desde 1983 a nivel mundial, se incluyeron 11 especies de hormigas en listas de especies en riesgo de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN). En los listados más recientes, ya se mencionan 149 especies (Mabelis 2007). La mayoría de las especies incluidas en dichos listados, son de zonas templadas en donde se conoce relativamente bien la fauna, pero para las regiones tropicales todavía hay una enorme carencia de información.

## Factores de presión

Se sabe que la pérdida y fragmentación del hábitat, así como la modificación de las interacciones que establecen, son las principales causas de riesgo para la diversidad de hormigas. De la mirmecofauna (diversidad de hormigas) mexicana, hay 13 especies que sólo se conocen para Morelos. De ellas, 10 (*C. bimaculatus*, *C. wheeleri*, *P. morelosana*, *P. optiva*, *P. petrensis*, *P. skwarrae*, *P. spathicornis*, *P. tolteca*, *T. annexus* y *T. skwarrae*) se describieron originalmente en localidades del estado (apéndice 45), principalmente en el municipio de Cuernavaca, por colectas realizadas por la Dra. Elisabeth Skwarra en 1929 (Wheeler 1934).

Por otra parte, es posible que muchas de las localidades tipo donde fueron realizadas las colectas de 1929, se hayan modificado a consecuencia del crecimiento urbano y el cambio de uso del suelo en muchos de los terrenos ejidales del área de Cuernavaca (Sánchez 2006). En este sentido, es posible que las hormigas registradas ahí estén en riesgo, debido a que no se han descrito en ninguna otra localidad hasta el momento.

En el caso de especies de hormigas con hábitats particulares, como las que hacen sus nidos en epífitas (plantas que viven sobre otras plantas; Huxley 1980, Gutiérrez Ochoa *et al.* 1993), son también vulnerables. Esto se debe a que las especies de plantas epífitas con las que se asocian son afectadas por la deforestación y explotación que se hace de ellas en la región (Monroy y Ayala 2003). Sucede lo mismo con aquellas especies de hormigas que viven en el dosel de los árboles, como es el caso de la hormiga arborícola (*Cephalotes multispinosus*, figura 7), o que tienen asociaciones con acacias, como las hormigas del género *Pseudomyrmex* (figura 8).

## Conclusiones y recomendaciones

A la fecha se tienen registradas 113 especies en el estado, y algunas de éstas sólo se han encontrado en las localidades tipo del estado. Actualmente, con la información disponible es difícil asegurar que se trate de endemismos, pues los inventarios de estos insectos son aún muy incompletos a nivel nacional. Por tal motivo, y ante la acelerada transformación de algunas regiones del estado se hace necesaria la realización de estudios faunísticos que ayuden a tener una información más completa de la mirmecofauna de la entidad.

La ubicación del estado en la zona de transición mexicana, entre las faunas neotropical y neártica (Halffter 1976) lo hace especialmente interesante por la presencia de grupos biológicos de diferente origen biogeográfico. Algunas especies, particularmente aquellas de hábitos más especializados, pueden ser más vulnerables ante la fragmentación del hábitat y los cambios del uso del suelo. En contraste, las especies generalistas podrían verse favorecidas por estas modificaciones.

Los trabajos sobre conservación de hormigas que se han realizado en otros lugares (Alonso 2010), sugieren que es mucho más fácil proteger a las especies, si se conservan los biotopos que habitan y se realiza un uso adecuado de ellos. Asimismo, se deben hacer esfuerzos para conocer la distribución de las especies y prestar especial atención a aquellas que tienen asociaciones con otros organismos y que son importantes para el mantenimiento de la biodiversidad (Mabelis 2007).

Además de su gran importancia ecológica por su función como ingenieras del ecosistema, resalta la importancia cultural y gastronómica de estos insectos en varias regiones del estado, donde son parte esencial de la economía por el uso alimenticio y turístico. Algunas especies de estos insectos, al igual que muchos otros organismos, pueden encontrarse en riesgo de desaparición o de modificación de sus áreas de distribución, tanto por efecto del cambio climático como de actividades antropogénicas. Por este motivo, es recomendable y urgente la implementación de estudios que permitan conocer mejor su situación actual y poder tomar medidas que permitan la conservación y recuperación de los ambientes y recursos necesarios para su supervivencia, lo cual también redundará en una mejor calidad de vida para los morelenses.



**Figura 7.** Hormiga arborícola (*Cephalotes multispinosus*), que como su nombre común lo indica, generalmente se encuentra asociada al dosel de los árboles. Foto: Luis Quiroz.



**Figura 8.** *Pseudomyrmex gracilis*, hormiga de amplia distribución que también establece sus nidos en las espinas de las acacias. Foto: Luis Quiroz.

## Referencias

- Agosti, D. y N.F. Johnson (eds.). 2005. *Antbase. Electronic publication, version 05/2005*. En: <<http://antbase.org/index.htm>>, última consulta: 8 de noviembre de 2016.
- Alonso, L.E. 2010. Ant conservation: current status and a call to action. En: *Ant ecology*. L. Lach, C.L. Parr y K.L. Abbott (eds.). Oxford University Press, Nueva York, pp. 59-74.
- Carlin, N.F. y D.S. Gladstein. 1989. The "bouncer" defense of *Odontomachus ruginodis* and other odontomachine ants (Hymenoptera: Formicidae). *Psyche* 96:1-20.
- Corona, A.M., R. Acosta y J.J. Morrone. 2006. Estudios biogeográficos en insectos de la Zona de Transición Mexicana. En: *Componentes bióticos principales de la entomofauna mexicana*. J. Morrone y J. Llorente-Bousquets (eds.). Las Prensas de Ciencias-UNAM, México, pp. 71-87.
- Del Toro, I., R.R. Ribbons y S.L. Pelini. 2012. The little things that run the world revisited: a review of ant-mediated ecosystem services and disservices (Hymenoptera: Formicidae). *Myrmecological News* 17:133-146.
- Deloya, C. 1988. Coleópteros lamelicornios asociados a depósitos de detritos de *Atta mexicana* (Smith) (Hymenoptera: Formicidae) en el sur del estado de Morelos, México. *Folia Entomológica Mexicana* 75:77-91.
- Folgarait, P.J. 1998. Ant biodiversity and its relationship to ecosystem functioning: a review. *Biodiversity and Conservation* 7:1221-1244.
- Giladi, I. 2006. Choosing benefits or partners: a review of the evidence for the evolution of myrmecochory. *Oikos* 112:481-492.
- Gotwald, W.H. 1995. *Army ants: the biology of social predation*. Cornell University Press, Nueva York.
- Gutiérrez Ochoa, M., M. Camino Lavin, F. Castrejón Ayala y A. Jiménez Pérez. 1993. Arthropod associated with *Bromelia hemisphaerica* (Bromeliales: Bromeliaceae) in Morelos, Mexico. *The Florida Entomologist* 76:616-621.
- Halffter, G. 1976. Distribución de los insectos en la zona de transición mexicana: relaciones con la entomofauna norteamericana. *Folia Entomológica Mexicana* 35:1-64.
- Hölldobler, B. y E.O. Wilson. 1990. *The Ants*. Springer, Berlín.
- Huxley, C. 1980. Symbiosis between ants and epiphytes. *Biological Reviews* 55:321-340.
- LaPolla, J.S., G.M. Dlussky y V. Perrichot. 2013. Ants and the fossil record. *Annual Review of Entomology* 58:609-630.
- Mabelis, A.A. 2007. Do ants need protecting? *Entomologische Berichten* 67:145-149.
- Márquez, J. y J.L. Navarrete-Heredia. 1994. Especies de Staphylinidae (Insecta: Coleoptera) asociadas a detritos de *Atta mexicana* (F. Smith) (Hymenoptera: Formicidae) en dos localidades de Morelos, México. *Folia Entomológica Mexicana* 91:31-46.
- Monroy, R. e I. Ayala. 2003. Importancia del conocimiento etnobotánico frente al proceso de urbanización. *Etnobiología* 3:79-92.
- Orivel, J. y A. Dejean. 1999. Selection of epiphyte seeds by ant-garden ants. *Ecoscience* 6:51-55.
- Quiroz-Robledo, L.N. y J. Valenzuela-González. 1995. A comparison of ground ant communities in a tropical rainforest and adjacent grasslands in Los Tuxtlas, Veracruz, Mexico. *Southwestern Entomologist* 20:203-213.
- . 2006. Las hormigas Ecitoninae (Hymenoptera: Formicidae) de Morelos, México. *Revista de Biología Tropical* 54:531-552.
- . 2007. Distribution of poneromorph ants (Hymenoptera: Formicidae) in the Mexican State of Morelos. *The Florida Entomologist* 90:609-615.
- Quiroz-Robledo, L.N., J. Valenzuela-González y G. Alemán-Castrejón. 2004. Pseudomyrmecine ants (Hymenoptera: Formicidae) from the state of Morelos, Mexico. *Sociobiology* 43:233-253.
- Rabeling, C., J.M. Brown y M. Verhaagh. 2008. Newly discovered sister lineage sheds light on early ant evolution. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 105:14913-14917.
- Redfield, R. 1982. El calpulli-barrio en un pueblo mexicano actual. *Nueva Antropología* 18:85-97.
- Reyes-Prado, H., J.M. Pino-Moreno, Á. García-Pérez et al. 2016. Determinación del valor nutritivo de las hormigas "chicatanas" *Atta mexicana* L. 1858 (Hymenoptera-Formicidae) en el estado de Morelos, México. *Entomología Mexicana* 3:770-774.
- Rojas, P. 1996. Formicidae. En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento*. Vol. 1. J. Llorente-Bousquets, A. García-Aldrete y E. González-Soriano (eds.). Instituto de Biología-UNAM, México, pp. 483-500.
- Sánchez, V.H. 2006. Ejidos urbanizados de Cuernavaca. *Cultura y Representaciones Sociales* 1:67-92.
- Schultz, T.R. 2000. In search of ant ancestors. *Proceedings of the Natural Academy of Sciences of the United States of America* 97:14028-14029.
- Snelling, G.C. y R.R. Snelling. 2007. New synonym, new species new keys to *Neivamyrmex* army ants of the United States. En: *Advances in ant systematics (Hymenoptera: Formicidae): homage to E. O. Wilson - 50 years of contributions*. R.R. Snelling, B.L. Fisher y P.S. Ward (eds.). American Entomological Institute, Gainesville, pp. 459-550.
- Taylor, D. 2009. Performance e historia. *Apuntes* 131:105-123.
- Vásquez-Bolaños, M. 2015. Taxonomía de Formicidae (Hymenoptera) para México. *Métodos en Ecología y Sistemática* 10:1-53.
- Ward, P.S. 2010. Taxonomy, phylogenetics and evolution. En: *Ant ecology*. L. Lach, C.L. Parr y K.L. Abbott (eds.). Oxford University Press, Nueva York, pp. 3-17.
- Wheeler, W.M. 1934. Neotropical ants collected by Dr. Elisabeth Skwarra and other. *Bulletin of Museum of Comparative Zoölogy* 77:157-240.
- Wilson, E.O. 2003. *Pheidole in the New World: A dominant, hyperdiverse ant genus*. Harvard University Press, Cambridge.

# Diversidad de artrópodos en tres comunidades vegetales en la Barranca del río Tembembe

Jimena Illescas Núñez y Consuelo Bonfil

## Introducción

El conocimiento de la fauna de Morelos es aún limitado, especialmente en el caso de los artrópodos, que es uno de los grupos de animales más diversos (Pescador-Rubio *et al.* 2002). Algunos artrópodos son sensibles a los cambios en la composición y estructura de la vegetación, por ello es importante analizar cómo se modifican las comunidades de este tipo de animales en respuesta a los cambios en la vegetación, incluso a escalas pequeñas.

El estudio de las comunidades de artrópodos en un gradiente de vegetación, además de facilitar el conocimiento de su diversidad, ayuda a detectar qué especies o grupos resultan favorecidos o afectados cuando se presenta un disturbio. Un disturbio muy común es la eliminación de la vegetación original para sustituirla por un pastizal para el ganado, o por un campo de cultivo.

En este sentido, se realizó un estudio en el que se caracterizaron y compararon las comunidades de artrópodos presentes en tres tipos de vegetación de un área relativamente pequeña de la cuenca media del río Tembembe, en Cuentepec, Morelos (Illescas 2012). La zona es particularmente interesante porque en ella se presenta una transición entre el bosque de encinos y la selva baja caducifolia, que predomina en el sur del estado (García Flores 2008), y porque en ella se presenta un disturbio crónico, asociado a la ganadería, desde hace varios siglos (Alavez 2010). En este sitio se ubicó, durante un periodo de alrededor de ocho años, la Estación de Restauración Barrancas del río Tembembe, en la cual se llevaron a cabo investigaciones sobre biodiversidad y restauración ecológica. En 2003, cuando comenzaron los trabajos en la zona, sólo quedaban parches remanentes de bosques y predominaban los pastizales para la cría de ganado (Bonfil *et al.* 2016).

## Determinación de la diversidad de artrópodos

Para efectuar el estudio, en 2007 se excluyó el ganado en un área de alrededor de 45 ha localizada al oeste del río. Posteriormente, se muestrearon las comunidades de artrópodos presentes en parches de la selva baja caducifolia, de bosque de encino (*Quercus glaucoides*) y de pastizal.

Se seleccionaron dos sitios de muestreo por tipo de vegetación y en cada uno se colectaron artrópodos usando cinco trampas jabonosas (30 trampas en total), que permanecieron en el suelo durante 24 horas cada mes a lo largo de un año (marzo de 2008 a febrero de 2009). Dichas trampas sirven sobre todo para colectar himenópteros y otros insectos voladores, que son atraídos por su color o por el agua que contienen, pero pueden capturar también insectos terrestres.

Los artrópodos se identificaron a nivel de morfoespecie, es decir, se separaron los ejemplares por su morfología externa, bajo la suposición de que cada morfología particular correspondía a una especie (Derraik *et al.* 2002). Cuando fue posible, cada una fue asignada a su respectivo orden y familia, gracias a la ayuda de especialistas.

## Resultados

Se encontró que la abundancia y la riqueza de artrópodos fueron muy altas: 1 813 individuos distribuidos en 309 morfoespecies, pertenecientes a 18 órdenes. La diversidad, medida a través del índice de Shannon-Wiener ( $H'$ ) fue de 4.23. Dicho valor es relativamente alto, a pesar de que el área estudiada fue pequeña y de que estas trampas no permiten obtener una buena muestra de

Illescas N., J. y C. Bonfil. 2020. Diversidad de artrópodos en tres comunidades vegetales en la Barranca del río Tembembe. En: *La biodiversidad en Morelos. Estudio de Estado 2. Vol. II*. CONABIO, México, pp. 238-240.

todos los grupos de artrópodos. El índice de Shannon-Wiener cuantifica el grado de heterogeneidad de una comunidad a partir del número de especies presentes y su abundancia relativa; normalmente tiene valores de entre 1.5 y 3.5, y sólo sobrepasa 4 cuando hay un alto número de especies en la muestra (Magurran 2004).

Por su riqueza, los órdenes de artrópodos más importantes fueron (figura 1): Hymenoptera (abejas, avispas y hormigas, con 85 morfoespecies), Diptera (moscas 53; figura 2), Coleoptera (escarabajos 47) y Araneae (arañas 25; figura 3).

Las diferencias en la abundancia de artrópodos entre tipos de vegetación no fueron importantes. No obstante, la mayor riqueza de especies y valor de  $H'$  se registró en la selva baja caducifolia, mientras que el bosque de encino presentó valores intermedios de estas variables. Por su parte en el pastizal se registraron los menores valores de diversidad, lo cual se explica por tratarse del tipo de vegetación incluido en el estudio, con el mayor impacto de origen humano (cuadro 1).

Aunque todos los órdenes se presentaron en los tres tipos de vegetación, se encontraron algunas morfoespecies con un alto grado de asociación a cada tipo de vegetación. Por ejemplo, en el pastizal los himenópteros

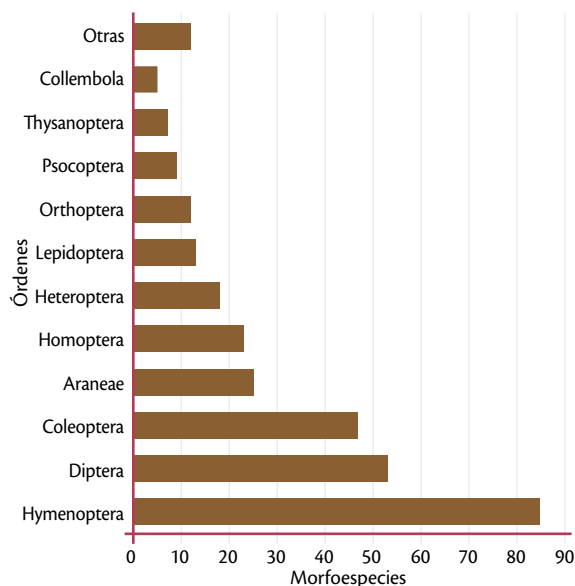


Figura 1. Número de morfoespecies registradas en cada orden de artrópodos en la Estación de Restauración Barrancas del río Tembembe entre marzo de 2008 y febrero de 2009. En otras se incluyen los órdenes Opiliones, Trichoptera, Solifugae, Ephemeroptera, Mantodea, Odonata y Blattodea. Fuente: elaboración propia con datos de Illescas 2012.



Figura 2. Mosca de la familia Dolichopodidae (Diptera) colectada en la Estación de Restauración Barrancas del río Tembembe. Foto: Jimena Illescas.



Figura 3. Aspecto de la araña cangrejo *Misumenoides* sp. (Araneae: Thomisidae) colectada en la Estación de Restauración Barrancas del río Tembembe. Foto: Jimena Illescas.

Cuadro 1. Riqueza, abundancia y diversidad de artrópodos en tres tipos de vegetación de la Estación de Restauración Barrancas del río Tembembe.

Tipo de vegetación	Riqueza (S)	Abundancia (N)	Diversidad ( $H'$ )
Bosque de <i>Quercus</i>	158	528	3.964
Selva baja caducifolia	185	660	4.189
Pastizal	135	625	3.350

Fuente: elaboración propia con datos de Illescas 2012.

tuvieron una mayor abundancia relativa que en los otros tipos de vegetación, debido a que una morfoespecie de hormiga fue particularmente abundante. Sin embargo, la riqueza de especies de himenópteros fue menor en éste que en los otros tipos de vegetación. Es probable que la mayor simplicidad de la vegetación del pastizal haya favorecido a esta especie de hormiga, pero también haya afectado negativamente a muchas otras especies de himenópteros.

La selva baja caducifolia presentó una mayor abundancia de coleópteros, heterópteros (chinchas de campo) y arañas, mientras que los dípteros registraron una mayor diversidad en los dos tipos de vegetación boscosa que la que mostraron en el pastizal. Las comunidades asociadas a cada tipo de vegetación compartieron entre 40 y 45% de las especies. En esto pudo influir el hecho de que, al comenzar el muestreo, el pastizal tuviera ya varios meses sin ganado, lo que pudo favorecer la dispersión de algunos artrópodos del bosque al pastizal.

## Conclusiones

Los resultados de este estudio muestran que, en un paisaje modificado por los seres humanos, los parches remanentes de vegetación original albergan una alta diversidad de artrópodos. Éstos son parte importante de la biodiversidad total e intervienen en muchos servicios ecosistémicos, entre los que destaca la polinización, la dispersión de las semillas, la herbivoría y la descomposición de la materia orgánica.

Los análisis realizados indican también que, a pesar del disturbio que ha sufrido la zona desde hace varios siglos, aún mantiene elementos característicos de la fauna de artrópodos de una selva baja caducifolia conservada (Dennis *et al.* 2005). Este estudio también sirve para mostrar el largo camino que queda por recorrer en el conocimiento de los distintos grupos de artrópodos presentes en Morelos, y más en general, en México. Sólo

a través de este conocimiento se podrán comprender las múltiples funciones ecológicas que desempeñan estos organismos en los ecosistemas terrestres.

## Referencias

- Alavez, M. 2010. *El paisaje histórico como referencia para la restauración ecológica de Cuentepec, una comunidad nahua de Morelos*. Tesis de maestría en ciencias biológicas. Facultad de Ciencias-UNAM, México.
- Bonfil, C., B. Barrales-Alcalá, P.E. Mendoza-Hernández *et al.* 2016. Los límites sociales del manejo y la restauración de ecosistemas: una historia en Morelos. En: *Experiencias mexicanas en la restauración de los ecosistemas*. E. Ceccon y C. Martínez-Garza (coords.). Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias-UNAM/CONABIO, pp. 322-345.
- Dennis, C., R. Sands y M. Fasham. 2005. Other terrestrial invertebrates. En: *Handbook of biodiversity methods survey, evaluation and monitoring*. D. Hill, M. Fashman, G. Trucker *et al.* (eds.). Cambridge University Press, Cambridge, pp. 341-357.
- Derraik, J.G.B., G.P. Closs, K.J.M. Dickinson *et al.* 2002. Arthropod morphospecies versus taxonomic species: a case study with Araneae, Coleoptera, and Lepidoptera. *Conservation Biology* 16:101-1023.
- García Flores, J. 2008. *Diagnóstico ambiental de las unidades naturales de la estación de restauración ecológica "Barrancas del río Tembembe", con fines de restauración*. Tesis de maestría en ciencias biológicas. Facultad de Ciencias-UNAM, México.
- Illescas, J. 2012. *Diversidad de artrópodos en sitios conservados y sujetos a restauración en la Estación de Restauración Barranca del río Tembembe, Cuentepec, Morelos*. Tesis de licenciatura en biología. Facultad de Ciencias-UNAM, México.
- Magurran, A. 2004. *Measuring biological diversity*. Blackwell Publishing, India.
- Pescador-Rubio, A., A. Rodríguez y F. Noguera. 2002. Diversidad y estacionalidad de Arthropoda. En: *Historia natural de Chamela*. F. Noguera, J. Vega, A. García y M. Quesada (eds.). UNAM, México, pp. 183-202.



# Cucarachas, tijerillas, piojos, mantis, pescaditos de plata y otros insectos

Zenón Cano Santana, Ariana Romero Mata, Paulina Corona Tejeda y Víctor López Gómez

## Introducción

Los insectos son unos extraordinarios animales invertebrados que dominan el planeta por su gran abundancia y riqueza de especies que se estima asciende a 1 020 007 (Zhang 2013). Son hexápodos, ya que poseen seis patas, con un cuerpo dividido en tres partes (cabeza, tórax y abdomen), y un par de antenas. Se distinguen del resto de los integrantes de este grupo porque tienen alas, experimentan una metamorfosis (Borror *et al.* 1992, Curtis y Barnes 2000, McGavin 2013), su cuerpo es segmentado y está protegido por un esqueleto externo, además presentan apéndices conformados por distintas subunidades -los artejos- (Eisner y Wilson 1977, Price 1984, Gullan y Cranston 2010, Jordán-Montés 2013).

Las alas son un rasgo que no tienen los demás invertebrados, las cuales permitieron a los insectos tener una gran movilidad, dispersarse y colonizar distintos hábitats con un bajo costo energético (Price 1984, Gullan y Cranston 2010). Por su parte, la metamorfosis permite que en las etapas de su desarrollo se especialicen en diferentes funciones vitales (las ninfas y las larvas a la alimentación y el crecimiento, y los adultos a la reproducción), y a vivir en distintos hábitats, lo cual reduce la competencia (Daly *et al.* 1978, Borror *et al.* 1992). En cuanto al exoesqueleto está hecho de quitina, es ligero, fuerte y adaptable, le da forma al cuerpo y les sirve como protección contra ataques físicos y químicos (Jordán-Montés 2013).

La segmentación corporal permite que cada región del cuerpo tenga una alta versatilidad evolutiva, de la misma manera en la que lo pueden hacer los apéndices articulados que se insertan en cada segmento, ya que

éstos pueden evolucionar y desempeñar múltiples trabajos según su posición en el cuerpo.

Ejemplo de lo descrito anteriormente, son: 1) las antenas y los cercos abdominales que perciben estímulos físicos y químicos; 2) las mandíbulas de una sola pieza que sirven para morder o picar; 3) la fusión de dos apéndices en un labio inferior con proyecciones les ayudan a manipular y a percibir el sabor del alimento; y 4) las patas las utilizan para caminar, nadar, saltar, excavar o prensar (Daly *et al.* 1978).

En este capítulo se revisa el estado de conocimiento de 10 órdenes de insectos en Morelos, los cuales no se mencionan en los capítulos anteriores. Esto con la intención de tener un mejor panorama de la interesante diversidad de artrópodos que alberga la entidad.

Los organismos que se abarcan en esta contribución son, en orden de importancia por el número de especies que registran en el estado, las cucarachas (Blattodea),<sup>1</sup> las tijerillas (Dermaptera), los piojos verdaderos (Phthiraptera), las mantis (Mantodea), los pescaditos de plata (Zygentoma), los tejedores (Embioptera), los pescaditos de cobre (Archaeognatha), las termitas (Isoptera), los estrepsípteros (Strepsiptera) y los insectos ángel (Zoraptera).

La mayoría de estos grupos tienen una metamorfosis incompleta en la que durante su desarrollo pasan sucesivamente por los estados de huevo, ninfa y adulto. Los estrepsípteros sí tienen metamorfosis completa en la que registran las etapas de huevo, larva, pupa y adulto; y los pescaditos de plata y de cobre no sufren metamorfosis alguna, pues sus crías que eclosionan del huevo son idénticas al adulto (Borror *et al.* 1992).

<sup>1</sup> En este estudio las cucarachas se separan de las termitas y se tratan como órdenes diferentes, a pesar de que clasificaciones modernas incluyen a las termitas dentro de Blattodea (Zhang 2013).

## Registros en el estado

En Morelos se reporta la presencia de nueve de estos 10 órdenes de insectos, los cuales acumulan un total de 55 especies y subespecies (48 identificadas; cuadro 1, apéndice 46). A pesar de haber hecho una búsqueda intensiva en la información disponible no se encontraron registros de insectos ángel (Zoraptera; Engel 2004). A continuación, se presenta una descripción general de cada uno de los nueve órdenes restantes, los cuales tienen al menos una especie reportada en el estado.

### Cucarachas (Blattodea)

Las cucarachas tienen un cuerpo aplanado, ovalado y correoso de entre 3 y 100 mm, cabeza dirigida hacia abajo, largas antenas y aparato bucal masticador (McGavin 2002). Se distribuyen por todo el mundo y, aunque son más conocidas las que viven asociadas a lugares con poca higiene facilitados por los humanos, la mayoría de ellas son de vida silvestre (Ramírez 1989, McGavin 2002).

Tienen hábitos alimentarios carroñeros y omnívoros, pues comen materia orgánica muerta, excremento de aves y de murciélagos y algunas digieren madera, ya sea mediante una interacción simbiótica con bacterias de su tracto digestivo o por sí mismas (Slaytor 1992, McGavin 2002). Las que habitan en los hogares prefieren alimentos con fécula, sustancias dulces y productos cárnicos (Arango y Agudelo 2012).

Las cucarachas participan en los procesos de degradación de la materia orgánica y se consideran indicadores biológicos de los niveles de humedad de las compostas, además de que crean ambientes propicios para que vivan otros insectos (Arango y Agudelo 2012). Estos insectos constituyen una fuente de alimento importante para otros artrópodos y algunas especies son polinizadoras (McGavin 2002).

Sólo 1% de sus especies se clasifican como nocivas (Arango y Agudelo 2012), y en México únicamente 11 se consideran dañinas para la salud humana (Estrada-Álvarez 2013). Las especies que se asocian a los humanos es por que son atraídas por los comestibles, y en sus patas pueden transportar microorganismos causantes de enfermedades, o bien, son huéspedes intermediarios de helmintos parásitos (Ramírez 1989, McGavin 2002).

En el mundo se registran 4 641 especies (Zhang 2013),<sup>2</sup> de las cuales 189 se encuentran en México.<sup>3</sup> En Morelos se registran 15 especies (13 identificadas) y una subespecie (apéndice 46), que representan 7.9% de las que se encuentran a nivel nacional. Entre las especies encontradas en el estado, tres tienen distribución restringida en el país (*Arenivaga aquila*, *Latiblattella chichimeca* y *L. dilatata*), lo que significa que pueden ser endémicas, y sólo siete son nocivas para la salud humana (*Blatta orientalis*, *Blattella germanica*, *Neostylopyga rhombifolia*, *Panchlora nivea*, *Periplaneta americana*, *P. australasiae* y *Pycnoscelus surinamensis*; Estrada-Álvarez 2013).

**Cuadro 1.** Especies y subespecies en el mundo, México y Morelos de los 10 órdenes de insectos tratados en este capítulo.

Grupo taxonómico	Nombres comunes	Mundo <sup>c</sup>	México	Morelos	Lugar a nivel nacional
Blatodeos	Cucarachas	4 641	189 <sup>a</sup>	15	6
Dermápteros	Tijerillas	1 933	54 <sup>a</sup>	11	2
Tirápteros	Piojos verdaderos	5 135	444 <sup>e</sup>	10	25
Mantodeos	Mantis	2 425	77 <sup>a</sup>	6	10
Zigentómidos	Pescaditos de plata	554	35 <sup>a</sup>	5	3
Embiópteros	Tejedores	457	64 <sup>a</sup>	3	10
Arqueognatos	Pescaditos de cobre	506	17 <sup>a</sup>	2	3
Isópteros	Termitas	2 929	80 <sup>d</sup>	2	22
Estrepsípteros	Estrepsípteros	623	16 <sup>a</sup>	1	4
Zorápteros	Insectos ángel	36	1 <sup>b</sup>	0	NA
<b>Total</b>		<b>19 239</b>	<b>977</b>	<b>55</b>	

NA: no aplica. Fuente: elaboración propia con datos de <sup>a</sup>este estudio, <sup>b</sup>Engel 2004, <sup>c</sup>Zhang 2013 (número de especies no fósiles), <sup>d</sup>Cano-Santana *et al.* 2016, <sup>e</sup>Guzmán *et al.* 2020, clasificación basada parcialmente en McGavin 2002.

<sup>2</sup> Todos los datos de riqueza de especies reportados en este trabajo no incluyen a las especies fósiles.

<sup>3</sup> 165 especies que registra Estrada-Álvarez (2013) más 24 especies adicionales de cucarachas del género *Arenivaga* reportadas por Hopkins (2014).

De acuerdo con Estrada-Álvarez (2013) y Hopkins (2014), por la riqueza de especies de cucarachas, la entidad ocupa el sexto lugar nacional, por debajo de Veracruz (71), Sinaloa (24), Tabasco (19) y Baja California Sur (17).

Aunque seguramente las cucarachas están distribuidas por todo el estado, sólo se cuenta con estudios para ciertos municipios, entre los que destacan Cuernavaca y Jiutepec, que registran ocho especies cada una, pero también se les reporta en Cuautla, Emiliano Zapata, Jojutla, Tenancingo, Xochitepec y Yauatepec (cuadro 2). En particular, se tienen siete especies en la Ciudad Industrial del Valle de Cuernavaca (CIVAC) de Jojutla, tres especies en la cueva del Ídolo, Jojutla, y dos en la cueva del Salitre, Tlaltizapán (apéndice 46; Estrada-Álvarez 2013, Estrada-Álvarez y Guadarrama 2013).

En la entidad estos insectos tienen una clara importancia médica, pues seis de cada 10 pacientes que acuden a realizarse pruebas alérgicas salen positivos a las cucarachas (Medina 2016). Por otro lado, se sugiere que la incidencia de cucarachas en algunos hoteles provoca que los turistas dejen de hacer reservaciones (Tripadvisor 2016).

### Tijerillas (Dermaptera)

Las tijerillas o tijeretas son insectos de entre 5 y 54 mm, de cuerpo alargado ligeramente aplanado y largas antenas. Estos animales se caracterizan por poseer un par de notorias pinzas al final del abdomen que les sirven como defensa, para capturar presas y como instrumento

**Cuadro 2.** Especies de cucarachas registradas en los municipios de Morelos.

Municipio	Especies
Cuernavaca	8
Jiutepec	8
Jojutla	4
Yauatepec	3
Emiliano Zapata	2
Cuautla	1
Tenancingo	1
Xochitepec	1

Fuente: elaboración propia con datos de Otte 1978, Estrada-Álvarez 2013, Hopkins 2014, Leana 2015.

de cortejo (Corona y Márquez 1982, McGavin 2002). Su primer par de alas está muy endurecido, como en los escarabajos, y se llaman élitros.

La mayoría de las tijerillas son pardas, tienen actividad nocturna y preferencia por lugares húmedos y restringidos, como el suelo, la materia orgánica en descomposición y las pequeñas grietas del suelo, la corteza y las rocas (McGavin 2002). Sin embargo, también se les encuentra en cuevas (Hoffmann *et al.* 1986), cadáveres de mamíferos (Rodríguez-Olivares *et al.* 2015) y como comensales<sup>4</sup> en el cuerpo de murciélagos (Ramírez *et al.* 2016).

Son omnívoras, pues pueden alimentarse de tejidos vegetales muertos y vivos, como pétalos y polen, así como de insectos, entre los cuales se incluyen huevos, larvas y pupas de lepidópteros, así como ninfas y adultos de pulgones (Carroll y Hoyt 1984, Vázquez 1987, Jones *et al.* 1988). Algunas especies pueden ser plagas agrícolas, en tanto que otras resultan benéficas al alimentarse de insectos perjudiciales (Sakai 2004). Por ello, se sugiere su uso en programas de control biológico para atacar las plagas de los naranjos en Morelos (García 2016).

Las tijerillas constituyen el alimento de aves (Sakai 2004, Flood *et al.* 2016), reptiles, murciélagos (Sánchez-Hernández *et al.* 2016) y escarabajos (Sakai 2004). En particular, cuando el río de Yauatepec se encuentra en sus niveles más bajos estos insectos sirven de alimento a las ranas *Lithobates zweifeli* (Mendoza-Estrada *et al.* 2008).

En el mundo se conocen 1 933 especies (Zhang 2013), de las cuales se registran 11 especies y subespecies en la entidad (dos de ellas no determinadas;apéndice 46). Ello representa 20.3% de las 54 conocidas a nivel nacional,<sup>5</sup> y ubica a Morelos en el segundo lugar del país, sólo por debajo de Veracruz (25; Cano-Santana *et al.* 2016).

Es posible que las tijerillas se distribuyan por toda la entidad. En este sentido, ocho especies se registran en Cuernavaca, una de ellas (*Doru lineare*) se reportó también en Progreso y Amacuzac, y otra más (*D. taeniatum*, figura 1) en Temixco y Xochitepec (Rehn 1900-1901, Sakai 2004, Gutiérrez Ochoa *et al.* 1993, Naturalista-CONABIO 2013, 2017).

En Yauatepec se encontró a *Doru* sp. en las plantaciones de piñón (*Jatropha curcas*; Tepole-García *et al.* 2012) y otras dos especies en la planta *Bromelia hemisphaerica*

<sup>4</sup> Los comensales son organismos que viven a expensas de los recursos que aportan otros seres vivos sin causarles daño.

<sup>5</sup> Esto incluye a las 51 especies reportadas por Sakai (2004) y tres especies no registradas por éste: *Marava pulchella* (Pérez-Ortiz y Hernández-Maturano 1985), *Forficula auricularia* (Pavón-Gozalo *et al.* 2011) y *Doru taeniatum* (Rehn 1900-1901).



**Figura 1.** Tijerilla *Doru taeniatum* (Dermaptera), especie con registros en los municipios de Cuernavaca, Temixco y Xochitepec, que tiene la capacidad de controlar orugas que atacan a los cultivos. Foto: Eduardo Axel Recillas Bautista/Banco de imágenes CONABIO.

(Gutiérrez Ochoa *et al.* 1993). *Forficula* sp., por su parte, se reporta en la cueva del Diablo en Tepoztlán (Hoffmann *et al.* 1986).

Asimismo, se reportan dermápteros en el follaje de los naranjos en Tepalcingo (Leana 2015), en las bromelias (*Tillandsia* sp.) del derrame del volcán Chichinautzin (Murillo *et al.* 1983), y en el nopal *Opuntia ficus-indica* en Tlalnepantla (Vanegas-Rico 2012). También se encuentra en el bosque tropical caducifolio de Jojutla (Deloya *et al.* 1987), en los alrededores del lago Tonatiahua (Huitzilac) (Granados-Ramírez *et al.* 2017) y en las plantaciones de higuera (*Ricinus communis*) del estado (López *et al.* 2013).

De particular preocupación es el hallazgo en las Lagunas de Zempoala, de la especie exótica invasiva *Forficula auricularia*, originaria de Europa y Asia occidental (Pavón-Gozalet *et al.* 2011, Martínez 2009), debido a que ésta causa daños a cultivos, huertos y jardines (Sakai 2004).

Por el contrario, *D. taeniatum* es una especie potencialmente útil, debido a su gran capacidad para controlar las poblaciones de orugas que atacan cultivos (Jones *et al.* 1988).

## Piojos (Phthiraptera)

Los piojos son pequeños insectos parásitos de mamíferos y aves, de entre 0.3 y 12 mm, aplanados, sin alas, ojos pequeños y antenas cortas (Cano-Santana y Romero-Mata 2016). Sus huevos reciben el nombre de liendres y sus ninfas pasan por tres mudas antes de alcanzar la etapa adulta (McGavin 2002).

Cada especie tiene hospederos específicos y toda su vida la pasan sobre la piel, pelo o plumas de éstos. Dos subespecies, *Pediculus humanus humanus* (piojo del cuerpo) y *P. humanus capitis* (el piojo de la cabeza, figura 2) parasitan al humano. La primera transmite el tifo epidémico, también conocido como tifo exantémico, *matlazáhuatl*, tabardillo o tabardete, el cual diezmo a la población del centro de México durante la Conquista y principios de la Colonia, que incluyó el territorio de lo que hoy es Morelos (Peniche-Lara *et al.* 2015). Hoy en día, dicha subespecie es un problema de salud estatal y nacional que se monitorea constantemente (Olivera 1970, Cortés y Gámez 2008, Peniche-Lara *et al.* 2015).

En todo el mundo se reportan 5 135 especies de piojos (Zhang 2013) y 444 especies y subespecies en México (Guzmán *et al.* 2020). En la entidad se registran 10 especies y subespecies, que incluye al piojo de la cabeza y del cuerpo (apéndice 46), lo que representa 2.2% a nivel nacional. Por esa riqueza, el estado se ubica en el vigésimo quinto lugar, por debajo de Veracruz (77), San Luis Potosí (59), Baja California (57) y Ciudad de México (51; Guzmán *et al.* 2020).

Los piojos también se reportan en ratones de campo, ardillas y humanos, y los registros en fauna silvestre provienen del municipio de Huitzilac, incluido el Parque Nacional Lagunas de Zempoala (apéndice 46; Ortega-Marín *et al.* 2013, Sánchez-Montes *et al.* 2013).

No se cuenta con reportes de los piojos que atacan a las aves en la entidad. Sin embargo, Pablo *et al.* (2009) hicieron experimentos para probar la efectividad de distintas sustancias sobre la mortalidad del piojo de las gallinas *Menacanthus stramineus* en las instalaciones del INIFAP de Jojutla. Aunque no hay registros directos de la presencia del piojo humano del cuerpo, se puede inferir que éste ha estado presente en la entidad. Esto se debe a que entre 1893 y 1963 hubo 228 defunciones provocadas



**Figura 2.** El piojo de la cabeza de los humanos (*Pediculus humanus capitis*), es causante de la pediculosis que afecta sobre todo a niños del estado. Foto: Antonio Moreno Talamantes/plataforma NaturaLista CONABIO.

por el tifo epidémico, una enfermedad transmitida solamente por esta subespecie (Olivera 1970).

No obstante, en la actualidad los piojos de la cabeza son los que constituyen el principal problema de salud. Entre enero de 2014 y marzo de 2015 se registraron 5 200 casos de pediculosis (enfermedad causada por piojos) en niños de los municipios de Cuernavaca, Jiutepec y Xochitepec (ssm 2015), aunque también hay reportes de incidencia de esta enfermedad en Temixco (Ortega-Marín *et al.* 2013).

El piojo de la cabeza se transmite fácilmente mediante el intercambio de peines, cepillos, audífonos, bufandas, gorras y sombreros, o bien por el contacto directo cabeza con cabeza o con pelo caído que contenga liendres (Cano-Santana y Romero-Mata 2016). Cabe señalar que es muy escaso el conocimiento que se tiene de este grupo si se considera que los mamíferos y las aves, tanto silvestres como domesticados, generalmente están infestados por estos parásitos, y que cada especie de vertebrado suele tener al menos una especie de piojo especializada en infestarlo (Cano-Santana y Romero-Mata 2016).

## Mantis (Mantodea)

Las mantis, conocidas en el estado también como pegacaladura o caballitos de San Juan (Fraile 2014, Menéndez-Acuña 2017), son insectos depredadores de entre 8 y 150 mm que tienen una cabeza móvil y triangular, antenas largas, grandes ojos dirigidos hacia adelante, un tórax muy largo y un par de patas anteriores prensoras armadas con varias hileras de dientes y espinas afiladas (figura 3; Arnett 2000, McGavin 2002).

A esos insectos se les considera los maestros de la emboscada, debido a que es difícil que sean vistos por sus presas, entre las que se cuentan otros insectos y artrópodos, e incluso salamandras, ratones, colibríes y ranas (McGavin 2002, Costa-Pereira *et al.* 2010, Romero 2014).

La diversidad mundial de este orden comprende 2 425 especies (Zhang 2013), en México se reportan 77<sup>6</sup> y en el estado se encuentran seis especies y subespecies,

<sup>6</sup> Riqueza calculada de las 71 especies y subespecies que registra Hernández-Baltazar y Gómez (2017) menos *Stagmomantis montana* (que es contada en este trabajo junto con sus dos subespecies), más seis especies adicionales enlistadas por Insectoid.info (2018) *S. gracilipes*, *Gyromantis kraussii*, *Lobovates chopardi*, *Yersiniops solitarius*, *Hoplocorypha perplexa* y *Oligonicella mexicanus*) y *Vates festae* reportada por Battiston *et al.* (2005).



Figura 3. Mantis *Stagmomantis limbata* (Mantodea), especie que vive en Cuernavaca. Foto: Javier Hinojosa/Banco de imágenes CONABIO.

entre las que se encuentra *Stagmomantis limbata* (figura 3). Dichas especies representan 7.8% de los registros del país (apéndice 46). Por su riqueza, la entidad se ubica en el décimo lugar, por debajo de Oaxaca (22), Sinaloa (21) y Veracruz (20).<sup>7</sup>

Habitan en la vegetación y ocasionalmente sobre los edificios, ya que son atraídos por las luces (Arnett 2000). En el estado se les encuentra viviendo en las huertas de cítricos de Tepalcingo (Leana 2015) y tres especies se reportaron en Cuernavaca (apéndice 46).

Sobre las mantis hay diversas creencias. Las culturas establecidas en el Altiplano central (como los nahuas) creían que las mantis eran de mal augurio (De la Garza 2012). En Morelos se tiene la creencia de que, si una persona en edad casadera se encuentra una mantis, ésta estará dirigiendo su mirada hacia donde vive su futuro o futura cónyuge (Cervantes-Ramírez 2017).

Por otro lado, en los trabajos filosóficos se hace referencia a que las personas con ética no deben comportarse de manera agresiva y depredadora como las mantis (Martínez 2012).

### Pescaditos de plata (*Zygentoma*)

Los pescaditos o pececillos de plata son insectos sin alas, de cuerpo aplanado, alargado y blando de entre 2 y 22 mm generalmente cubierto de escamas, antenas muy largas, tres notorios apéndices caudales sensoriales de similar longitud y no tienen metamorfosis (figura 4; Gullan y Cranston 2010).

Viven en el suelo, sobre materia orgánica, en árboles, cuevas, madrigueras de algunos mamíferos, hormigueros, termiteros y habitaciones humanas, y son rápidos corredores de hábitos nocturnos. Las especies silvestres tienen hábitos carroñeros u omnívoros, pues pueden alimentarse de líquenes, algas, tejidos vegetales y artrópodos muertos, en tanto que las especies domésticas comen harina, ropa, pegamento, barniz y papel (Palacios-Vargas 2000, McGavin 2002).

En el mundo se reportan 554 especies (Zhang 2013), 35 de las cuales se encuentran en México.<sup>8</sup> En Morelos se conocen cinco especies que representan 14.3% de los *Zygentoma* del país (apéndice 46), lo cual lo posiciona

<sup>7</sup> Datos obtenidos a partir de una base de datos de la distribución estatal de los mántidos del país, elaborada con registros de Battiston *et al.* (2005), Hernández-Baltazar y Gómez (2017), Castellanos-Vargas *et al.* (2020).

<sup>8</sup> Dato que se calcula con las 34 especies que enlista Palacios-Vargas (2000), y el registro de *Anelpistina doradoi* realizado por Espinasa y Alpheis (2001).

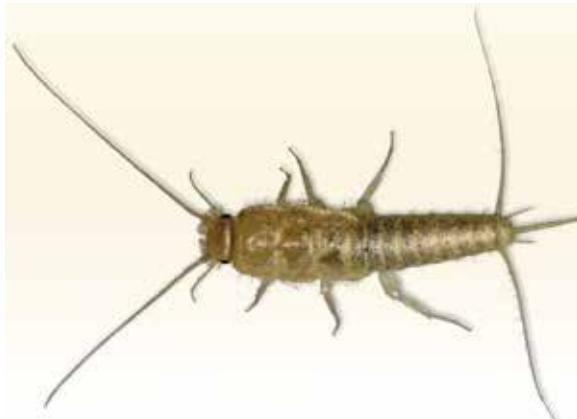


Figura 4. Aspecto de un pescadito de plata (*Zygentoma*). Foto: Iván Castellanos-Vargas.

en el tercer lugar, sólo por debajo de Guerrero (16) y Veracruz (6; Palacios-Vargas 2000).

La especie *Anelpistina doradoi* se descubrió en la Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla (Espinas y Alpheis 2001), y hasta el momento sólo se tiene ese registro, por lo que probablemente se trata de una especie endémica del estado. Deloya *et al.* (1987) registran zigentómidos en el cerro El Higuierón y en una zona aledaña a éste en Jojutla, mientras que Palacios-Vargas (2000) los registra en Yautepec.

Por su parte, Arellano-Vignettes (2007), en su tesis reporta tres especies de pescaditos de plata del género *Anelpistina* en las cuevas Naranja Rojo (Cuernavaca) e Iglesia Mina Superior (San Juan Tlacotenco, Tepoztlán), así como en Alpuyeca, a razón de una especie por localidad. De acuerdo con la autora, esas especies son nuevas para la ciencia, pero debido a que no se ha hecho una revisión y nominación formal a dichas especies, estos registros no se tomaron en cuenta.

Quintana *et al.* (2009) sugieren que se podrían hacer recorridos ecoturísticos y educativos en la cueva Ferrocarril Mina Inferior de San Juan Tlacotenco (Tepoztlán) para admirar a los pescaditos de plata junto con todos los organismos que allí viven.

### Tejedores (Embioptera)

Los tejedores o hilanderos (orden Embioptera o Embiidina) son insectos de cuerpo negro, castaño o blanco amarillento casi cilíndrico y algo deprimido de generalmente 4 a 7 mm de longitud. Estos organismos se distinguen porque uno de los segmentos de sus patas delanteras y traseras está muy engrosado (figura 5; Borrer *et al.* 1992, Torralba-Burrial 2015).

Tienen antenas, apéndices caudales cortos, patas capaces de producir seda y alas membranosas y con pocas venas. Estas últimas sólo las presentan los machos de ciertas especies, pues las hembras siempre carecen de ellas (Szumik 2002).

Habitan en galerías que construyen con seda debajo de las rocas, en grietas del suelo y de la corteza de árboles, así como en plantas epífitas. La mayoría de las especies viven en colonias y las hembras tienen la peculiaridad de cuidar a las ninfas (Borrer *et al.* 1992).

Constituyen un eslabón de las redes tróficas, pues se alimentan de algas, musgos, líquenes y hojas muertas y, a su vez, éstos son una fuente de alimento para otros invertebrados como avispas parasitoides,<sup>9</sup> hormigas, escarabajos, arañas y ciempiés, así como pequeños vertebrados como aves y roedores (Ross 2000).

La diversidad de embiópteros a nivel mundial es de 457 especies (Zhang 2013) y la del país es de 64.<sup>10</sup> En Morelos, se registran sólo tres especies confirmadas:



Figura 5. Aspecto de un tejedor (Embioptera). Foto: Wiam Hadad.

<sup>9</sup> Los parasitoides son insectos que viven en el interior o exterior de otros artrópodos alimentándose de sus tejidos y ocasionando su muerte.

<sup>10</sup> Con base en la combinación de registros realizados por Ross (2000, 2001, 2003) y Szumik (2002).

*Chelicerca wheeleri*, *C. semilutea* y *Oligotoma humbertiana* (apéndice 46). Las dos primeras son nativas y muy probablemente endémicas de México (Ross 2003), en tanto que la tercera es una exótica invasiva originaria de India (Ross 2000). Esas tres especies representan 4.7% de las que hay en el país (apéndice 46). Por su riqueza de embiópteros, la entidad se ubica en el décimo lugar nacional, por debajo de Chiapas (9), Jalisco (8) y Puebla (7).<sup>11</sup>

Las especies nativas se han registrado sólo en Amacuzac, Cuernavaca y Yautepec (Szumik 2002, Ross 2003), en tanto que la especie exótica se ha encontrado bajo rocas y en la corteza de 10 especies de árboles en once localidades de los municipios de Cuernavaca, Jojutla, Emiliano Zapata, Temixco, Tlaquiltenango y Xochitepec (Chávez Vargas 2011).

Cabe destacar que de acuerdo con Chávez-Vargas *et al.* (2012), en la entidad 16% de los huevos de *O. humbertiana* mueren por la acción de cuatro especies de avispas parasitoides. Por ello, la presencia de esta especie invasiva requiere atención por los posibles efectos negativos que podría tener sobre los microartrópodos nativos.

## Pescaditos de cobre (Archaeognatha)

Los arqueognatos,<sup>12</sup> pescaditos de cobre o brincapiedras (orden Archaeognatha o Microcoryphia) son insectos sin alas que tienen un cuerpo cilíndrico y encorvado de 6 a 25 mm cubierto por escamas que le dan un color cobrizo, largas antenas y tres largos apéndices caudales sensoriales a manera de colitas, de los cuales el central es más largo (figura 6; Palacios-Vargas 2000, McGavin 2002, Sturm 2009).

Estos insectos carecen de metamorfosis, por lo que los juveniles sólo crecen en tamaño sin ningún cambio apreciable (Sturm 2009). Son muy parecidos a los pescaditos de plata, pero se distinguen de éstos por su capacidad de brincar, la larga colita central, la notoriedad de sus apéndices bucales, los ojos muy próximos entre sí y por estar comprimidos lateralmente (Palacios-Vargas 2000, McGavin 2002).

La mayor parte de las especies son de hábitos nocturnos y generalmente se encuentran debajo de las piedras, sobre las rocas o entre la hojarasca, aunque algunos viven en las hojas o bajo la corteza de los árboles



**Figura 6.** Aspecto de un pescadito de cobre o brincapiedras (Archaeognatha) de la familia Machilidae. Dos especies de este orden han sido registradas en Cuernavaca. Foto: Tom Murray.

<sup>11</sup> Datos recopilados de Ross (2000, 2001, 2003) y Szumik (2002).

<sup>12</sup> También son referidos como arqueoñatos (Palacios Vargas 2000) o arqueognados (McGavin 2002).



(Borror *et al.* 1992, Palacios-Vargas 2000). La mayoría de los pescaditos de cobre se alimentan de algas, líquenes y tejidos muertos de vegetales, y las arañas figuran entre sus principales depredadores (Daly *et al.* 1978, Sturm 2009). Estos insectos se utilizan como indicadores de la calidad del agua en ambientes estuarinos (Superada y Tampus 2015).

Hay 506 especies de pescaditos de cobre en el mundo (Zhang 2013) y 17 en México.<sup>13</sup> En la entidad se registran dos especies: *Machilis conjuncta* y *Neomachilellus mexicanus*, que representan 11.8% de la riqueza del país. Por su riqueza de brinca Piedras, el estado se ubica en tercer lugar nacional, por debajo de Veracruz (5) y Chiapas (4) y con la misma riqueza que reporta Nuevo León y Baja California. Es una de las 13 entidades del país en las que reporta la presencia de estos insectos (Sturm 1997, Palacios-Vargas 2000, Cupul-Magaña y Navarrete-Heredia 2008, Coronado-Blanco *et al.* 2013).

Las dos especies morelenses se encontraron solamente en Cuernavaca, que es la única localidad conocida del país en donde se registra más de una especie (Palacios-Vargas 2000). No obstante, es muy probable que se les encuentre en otras zonas del estado, para lo cual hace falta llevar a cabo más colectas.

## Termitas (Isoptera)

Las termitas son un grupo de insectos sociales, generalmente de 3 a 15 mm, que presentan en su mayoría una coloración pálida, antenas cortas y apéndices caudales cortos y poco distinguibles (figura 7; Méndez y Equihua 2001, McGavin 2002).

Forman colonias en espacios cerrados, debajo del suelo, dentro o sobre los árboles en las cuales hay castas: obreros para proveer alimento, soldados para protección y defensa, y reproductores para la producción de huevos (Méndez y Cibrián 2013).

Los reproductores son los únicos que tienen un par de alas membranosas del mismo tamaño (y que pierden luego del vuelo nupcial) y, al igual que los soldados, tienen partes bucales masticadoras (Borror *et al.* 1992). Los soldados y los obreros son ciegos.

Se alimentan de madera y otros materiales celulósicos gracias a que mantienen en su intestino protozoarios y bacterias capaces de digerir estas sustancias (Tokuda *et al.* 2001). Lo anterior les permite intervenir eficientemente en la aceleración de los ciclos biogeoquímicos, en la descomposición de la materia orgánica y en la estructuración y fertilización al suelo, razón por la cual



Figura 7. Aspecto de unas termitas (Isoptera). Foto: Juan Cruzado.

<sup>13</sup> Riqueza obtenida de los 15 registros que enlista Palacios-Vargas (2000) más *Machilinus (Protomachilinus) mexicanus* y *M. (Protomachilinus) oaxacensis*, especies descritas por Sturm (1997).

son buenos indicadores de la calidad de éste (Méndez y Equihua 2001, Abadía *et al.* 2013).

Hay 2 929 especies de termitas en el mundo (Zhang 2013) y 80 en México (Cano-Santana *et al.* 2016). En Morelos se registran únicamente dos especies (*Heterotermes convexinotatus* y un kalotermítido no identificado que pertenece posiblemente al género *Neotermes*; apéndice 46), lo que corresponde a 2.5% de la riqueza a nivel nacional. Estas cifras hacen de la entidad una de las menos estudiadas y de las más pobres en cuanto a este grupo se refiere, pues se ubicaría en el lugar número 22, muy por debajo de Jalisco (35), Colima (33) y Veracruz (17).<sup>14</sup>

Las termitas se consideran un grupo de importancia económica a nivel mundial, ya que tienen un gran impacto sobre productos de madera procesada y aserrada, así como en casas habitación (Méndez y Equihua 2001). En el estado *H. convexinotatus* preocupa porque especies de este género son plagas que podrían atacar a la caña de azúcar, un importante cultivo de la entidad que se produce en 19 municipios (Aragón 2016).

### Estrepsípteros (Strepsiptera)

Los estrepsípteros son extraños y pequeños insectos, conocidos en los países de habla inglesa como parásitos de alas retorcidas, que tienen metamorfosis completa y miden entre 0.4 y 35 mm, pero generalmente tienen menos de 6 mm. Son parásitos sumamente especializados de otros insectos, como tisanuros, cucarachas, mantis, ortópteros, chinches, homópteros, dípteros e himenópteros (McGavin 2002).

Las hembras tienen un aspecto simple de gusano (excepto en una familia), pues permanecen dentro de los hospederos sin moverse y carecen de ojos, antenas, piezas bucales, patas y alas. Por su parte, los machos tienen un aspecto de insecto adulto típico con ojos prominentes, antenas ramificadas y su par de alas posteriores están muy desarrolladas, tienen forma de abanico y pocas venas, pero sus alas anteriores están muy reducidas (Vázquez 1987, Borrer *et al.* 1992, Kathirithamby 2005, Gullan y Cranston 2010).

Los huéspedes que infestan los machos mueren cuando el estrepsíptero adulto emerge. Por el contrario,

los que infestan las hembras mueren hasta que éstas se han apareado y han parido a las larvas (McGavin 2002). Este hábito parásito, cumple un rol de control de poblaciones de insectos, entre las que se encuentran ciertas plagas (Kathirithamby y Moya-Raygoza 2000).

La diversidad de estrepsípteros en el mundo es de 623 especies (Zhang 2013) y la de México es de 16.<sup>15</sup> En la entidad se registra sólo una especie, *Halictophagus naulti* (figura 8), que es un parásito de la chicharrita *Dalbulus maidis* (Homoptera: Cicadellidae) que ataca a los cultivos de maíz en Tlaltizapán (Kathirithamby y Moya-Raygoza 2000). Por esta riqueza de especies, Morelos ocupa el cuarto lugar nacional junto a otras siete entidades que reportan una especie, por debajo de Veracruz (6), Chiapas (3) y Guerrero (2; Kathirithamby 2005, Kathirithamby y Hughes 2006).

### Situación y estado de conservación

Ninguna de las especies de los grupos estudiados aquí se encuentra registrada con algún estatus de protección especial de acuerdo con la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES 2011), ni por la NOM-059 (SEMARNAT 2010). No obstante, esto se debe a la

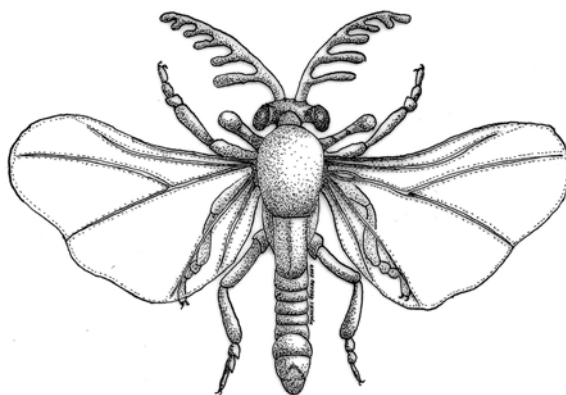


Figura 8. Aspecto de un estrepsíptero macho del género *Halictophagus* (Strepsiptera), un parásito de la chicharrita *Dalbulus maidis* (Homoptera: Cicadellidae) que ataca a los cultivos de maíz en Tlaltizapán. Imagen: Manuel Alberto Rosado Luna/Banco de imágenes CONABIO.

<sup>14</sup> Posiciones calculadas con los datos reportados por Méndez y Equihua (2001) y Ojeda *et al.* (2008).

<sup>15</sup> 15 registros de Kathirithamby (2005) más *Malayaxenos* n. sp. que reportan Kathirithamby y Hughes (2006).

carencia de conocimiento preciso sobre el tamaño de sus poblaciones.

Las mantis son de particular interés por su papel como depredador en la naturaleza y por su carisma. Otro grupo de interés son los piojos que atacan a la fauna silvestre. Cano-Santana y Romero-Mata (2016) discuten que el estudio y protección de los insectos parásitos es tratado injustificadamente con desprecio y desinterés por los propios biólogos, a pesar del importante papel que cumplen en la naturaleza como reguladores de los tamaños poblacionales de los animales vertebrados.

La regulación que ejercen como parásitos y depredadores permite, en última instancia la coincidencia de una mayor variedad de organismos en un ecosistema, mediante un mecanismo denominado coexistencia mediada por el depredador (Caswell 1978). En este sentido, la actividad de depredadores y parásitos en los ecosistemas naturales promueve que haya una mayor diversidad de especies (Huston 1979).

## Factores de presión

En Morelos, los factores que causan la pérdida de especies de los insectos estudiados son: 1) el cambio de uso del suelo del forestal a agropecuario y de éste a urbano o industrial; 2) el crecimiento de la mancha urbana; 3) los incendios; 4) la contaminación de suelo y agua; 5) la extracción de tierra negra y de hoja para su comercialización; y 6) el cambio climático, muchos de los cuales se invocan, en general, como factores de deterioro ambiental que inciden en el estado (Batllori 2001).

La deforestación en la entidad data de la época de la Colonia (Aguilar 1999). Sin embargo, a finales del siglo xx fue evidente la disminución del área boscosa, pues en el periodo 1975-1994 se perdió 41% de la cobertura vegetal de estos ecosistemas (62 912 ha de 151 488 ha originales), y no hay datos actualizados disponibles (UNICEDER-UACH 2002).

De manera particular, Abadía *et al.* (2013) discuten que la principal amenaza de conservación para las termitas es la destrucción de su hábitat, entre otras razones, porque se reducen sus recursos alimenticios.

En el municipio de Cuernavaca sólo 28.45% de la superficie tiene uso forestal, lo que ha originado que la ciudad no cuente con parques públicos o áreas verdes, y la poca vegetación que existe se encuentra dentro de

grandes residencias y urbanizaciones cerradas o en camellones y glorietas (Alvarado y Di Castro 2013).

Los ecosistemas que subsisten en las barrancas tienen en las compañías inmobiliarias a su principal enemigo, ya que se construyen sobre ellas conjuntos habitacionales y fraccionamientos de lujo que afectan el hábitat de los organismos invertebrados tanto en Cuernavaca, como en los municipios de Emiliano Zapata, Jiutepec, Temixco y Xochitepec, lo cual ocasiona falta de áreas verdes e incrementa la contaminación por la red de drenaje (Lastra 2003, Alvarado y Di Castro 2013).

Adicionalmente, debido a que la entidad se utiliza como región de descanso y esparcimiento para los habitantes de la Ciudad de México, hay una gran demanda de terrenos para la construcción de casas de descanso, las cuales se levantan incluso en áreas naturales protegidas (Hernández 2014).

Las actividades industriales asociadas al crecimiento demográfico han florecido en el centro del estado con la CIVAC y el corredor industrial de Cuautla, donde se localizan cerca de 500 empresas que producen desechos (Batllori 2001). Básicamente, la contaminación del suelo se produce por los residuos líquidos y sólidos que genera la población a través de sus actividades. Morelos genera 2 087 t de desechos por día, y de éstas 2.0% se deja en vía pública, lotes baldíos y barrancas (Contreras-MacBeath *et al.* 2006, Ayala 2012, Alvarado y Dicastro 2013).

Asimismo, entre 1992 y 2000 se registraron 2 317 incendios en 21 de los 33 municipios, los cuales tienen su origen en actividades agropecuarias, aprovechamientos ilícitos, cigarrillos y fogatas (Paz 2005, Contreras-MacBeath *et al.* 2006). Éstos impactan negativamente la abundancia de los insectos y otros artrópodos (Juárez-Orozco y Cano-Santana 2007).

Un factor importante de riesgo de extinción para los insectos es el cambio climático. En este sentido, Batllori (2001) opina que este proceso está repercutiendo en Morelos, lo que ha traído como consecuencia sequías en ciertos municipios y lluvias copiosas en otros, así como cambios en la humedad y aumento de la erosión del suelo.

Con base en proyecciones se calcula que la reducción del área del hábitat debida a la acción de este factor, podría reflejarse en la extinción de entre 18 y 35% de las especies del mundo para el año 2050 (Thomas *et al.* 2004).

## Acciones de conservación

Aguilar (1999), menciona que el estado alberga una alta biodiversidad, y la necesidad de realizar un mayor esfuerzo para completar su inventario biológico. Por esta razón, se sugiere mantener una colección estatal de insectos y estimular la formación de taxónomos locales especializados en diversos grupos.

Como medidas de conservación para los insectos que se trataron en este capítulo es recomendable: 1) incrementar las áreas naturales protegidas; 2) proteger las ya existentes; 3) mantener los jardines, parques y barrancas de las zonas urbanas; 4) restaurar los ecosistemas dañados o destruidos; 5) reducir la contaminación; y 6) generar compromisos estatales para contribuir con acciones específicas para mitigar el cambio climático.

En particular, se requieren políticas públicas que guíen la protección de los ecosistemas del estado y la regulación del crecimiento agrícola y urbano. Asimismo, es necesaria la implementación de programas de educación ambiental que permitan a sus habitantes hacer un uso adecuado de la naturaleza sin dañarla como, por ejemplo, para reducir la incidencia de incendios y el depósito de desechos al aire libre (Batllori 2001).

Por otro lado, se debe atender la falta de áreas forestales, parques y jardines en el municipio de Cuernavaca, ya que éstos brindan multitud de servicios ambientales, entre los que se encuentra el resguardo de los organismos que se revisaron en este capítulo (Montoya 2011). También se sugiere que haya vigilancia en las áreas naturales protegidas del estado, para evitar la extracción de animales, vegetales y tierra (Paz 2005), y se impidan las edificaciones que se hacen dentro de estas áreas (Hernández 2014).

## Conclusiones y recomendaciones

Los insectos revisados en esta contribución cumplen importantes funciones en la naturaleza: son intermediarios de las redes tróficas, parasitan o depredan sobre otros organismos regulando sus poblaciones y degradan la materia orgánica.

Se deben realizar más investigaciones sobre los grupos de insectos descritos para completar su inventario, todo esto mediante su colecta, identificación taxonómica y depósito en colecciones entomológicas. Las colectas

se deben hacer tanto de las áreas forestales como en las urbanas y agropecuarias.

En particular, se debería poner énfasis en aquellos grupos de insectos que cuentan con una baja riqueza, como los piojos, los pescaditos de plata y de cobre, las mantis, los tejedores, las termitas y los estrepsípteros. También es importante realizar estudios que involucren a este último grupo y a los piojos asociados a sus hospederos vertebrados, pues pueden ser un factor clave en la regulación de poblaciones naturales.

Por otra parte, es deseable implementar programas de educación ambiental con el fin de que sus habitantes y visitantes reconozcan y valoren el papel de los ecosistemas naturales y de los pequeños seres que éstos albergan, así como para que estén conscientes del problema que conlleva la falta de higiene en la proliferación de cucarachas y piojos asociados a los humanos.

Finalmente, se recomienda el monitoreo de las especies exóticas, como la tijerilla *F. auricularia* y el tejedor *O. humbertiana*, para verificar y, en su caso, controlar el crecimiento y capacidad de invasión de éstos en los ecosistemas naturales del estado.

## Agradecimientos

Agradecemos a Laura Cárdenas y al Banco de Imágenes de CONABIO por las fotos. El personal bibliotecario del acervo histórico de la UAM-Xochimilco turno vespertino y de la UAEM nos apoyó en la búsqueda de información. Iván Castellanos-Vargas, Marco A. Romero-Romero y Melisa Medina Alvarado dieron apoyo técnico y revisaron el manuscrito. A la Dra. Leticia Valencia Cuevas y el Dr. Armando Burgos Solorio de la UAEM que nos facilitaron material bibliográfico importante. Luis Enrique Juárez Sotelo nos brindó ayuda en la búsqueda de fotos. Iván Castellanos-Vargas, Juan Cruzado, Francisco Farriols Sarabia, Wiam Hadad y Tom Murray nos brindaron amablemente sus fotos.

## Referencias

- Abadía, J.C., A.M. Arcila y P. Chacón. 2013. Incidencia y distribución de termitas (Isoptera) en cultivos de cítricos de la costa Caribe de Colombia. *Revista Colombiana de Entomología* 39:1-8.
- Aguilar, S. 1999. *Ecología del estado de Morelos*. Editorial Praxis, México.

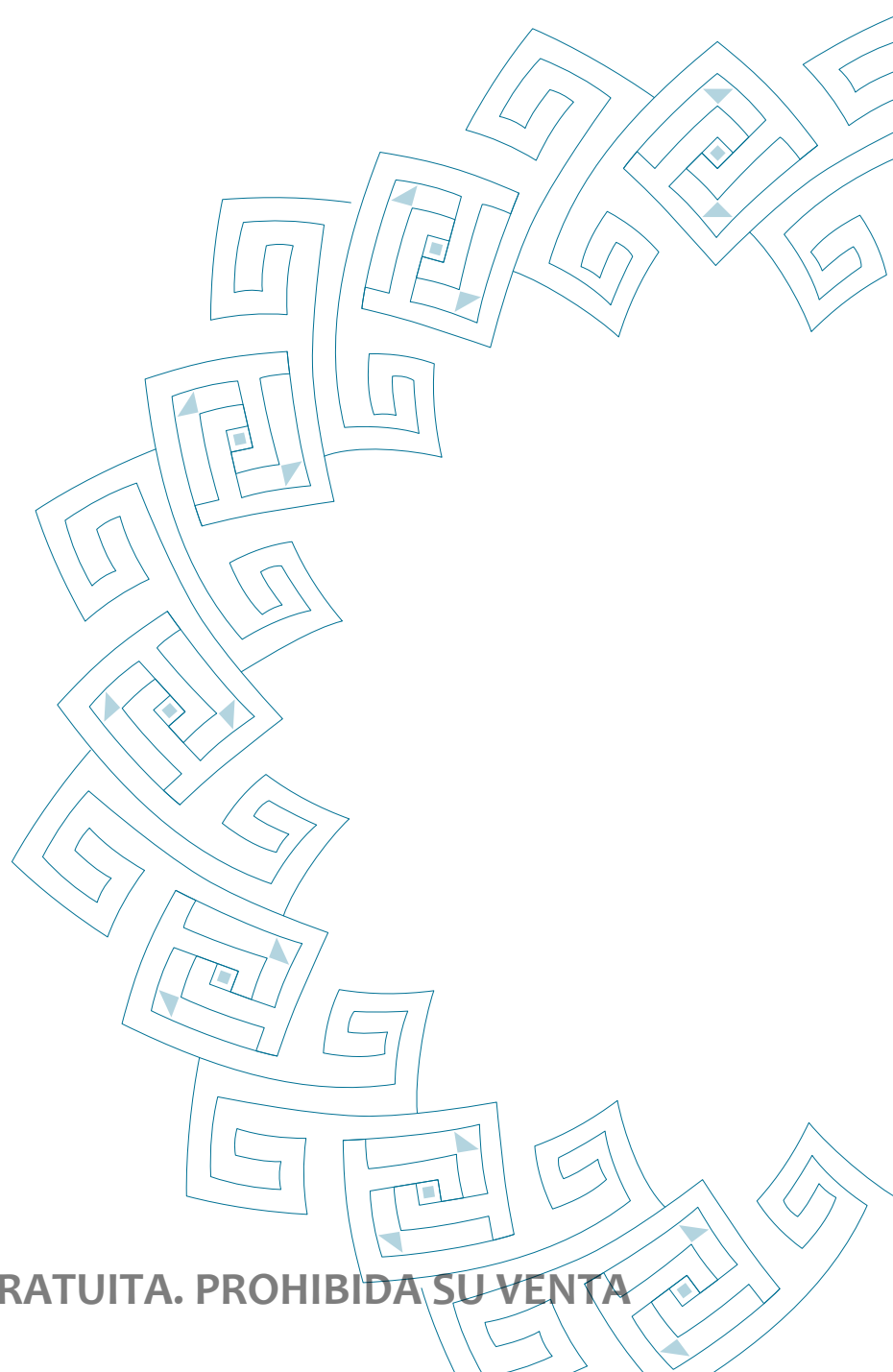
- Alvarado, C. y M.R. Di Castro. 2013. *Cuernavaca, ciudad fragmentada: sus barrancas y urbanizaciones cerradas*. Juan Pablos Editores/UAEM, México.
- Aragón, L.F. 2016. *Evaluación de un atrayente y un hongo entomopatógeno para la captura e infección de *Splenophorus incurrens**. Tesis de maestría en manejo agroecológico de plagas y enfermedades. Centro de Desarrollo de Productos Bióticos-IPN, Yautepec.
- Arango, G.P. y L.M. Agudelo. 2012. Valor biológico de las cucarachas en el compost. *Revista Lasallista de Investigación* 1:96-98.
- Arellano-Vignettes, P. 2007. *Descripción de tres especies nuevas cavernícolas y una de superficie del género *Anelpestina* (Insecta: Zygentoma: Nicotellidae)*. Tesis de licenciatura en ciencias biológicas. Facultad de Ciencias Biológicas-UAEM, Cuernavaca.
- Arnett, R.H. 2000. *American insects. A handbook of insects of America north of Mexico*. CRC Press, Boca Ratón.
- Ayala, M.P. 2012. *Estimación del impacto de la deforestación sobre la recarga potencial del manto freático en cuenca alta de Apatlaco en el periodo 1973-2007*. Tesis de licenciatura en ciencias biológicas. Facultad de Ciencias Biológicas-UAEM, Cuernavaca.
- Batlloori, A. 2001. Los problemas ambientales del estado de Morelos: la educación como parte de la solución. *Gaceta Ecológica* 61:47-60.
- Battiston, R., P. Fontana, B. Agabiti y P.L. García-García. 2005. Mantodea collected in Mexico during an 8800 km orthopterological trip (Insecta Mantodea). *Accademia Roveretana degli Agiati* 8(5):199-215.
- Borror, D.J., C.A. Triplehorn y N.F. Johnson. 1992. *An introduction to study of insects*. Saunders College, Fort Worth.
- Cano-Santana, Z. y A. Romero-Mata. 2016. Piojos (Phthiraptera). En: *La biodiversidad en la Ciudad de México*. Vol II. CONABIO/SEDEMA, México, pp. 297-300.
- Cano-Santana, Z., A. Romero-Mata, R. González-Salas et al. 2016. Neurópteros, frigáneas, cucarachas, efímeras dipluros y otros Hexapoda. En: *La biodiversidad en la Ciudad de México*. Vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp. 268-284.
- Carroll, D.P. y S.C. Hoyt. 1984. Augmentation of european earwigs (Dermaptera: Forficulidae) for biological control of apple aphid (Homoptera: Aphididae) in an apple orchard. *Journal of Economic Entomology* 77:738-740.
- Castellanos-Vargas, I., Z. Cano-Santana y D.A. Matus-Vicente. 2020. Fásmidos y mántidos: insectos palo y campamochas. En: *Biodiversidad del estado de Oaxaca*. CONABIO/Nacional Financiera SNC/Gobierno del Estado de Oaxaca, México (inédito).
- Caswell, H. 1978. Predator-mediated coexistence: a nonequilibrium model. *American Naturalist* 112:127-154.
- Cervantes-Ramírez, T. 2017. Estudiante de doctorado en ciencias biológicas de la UAEM. Comunicación personal, noviembre.
- Chávez-Vargas, J.A. 2011. *Aspectos sobre la historia de vida de *Oligotoma humbertiana* (Saussure 1896) (Embioptera: Oligotomidae) en el estado de Morelos, México*. Tesis de licenciatura en ciencias biológicas. Facultad de Ciencias Biológicas-UAEM, Cuernavaca.
- Chávez-Vargas, J.A., A. Burgos-Solorio, A.A. Cruz-Villacorta y A. González-Hernández. 2012. Caracterización morfológica y morfométrica del huevo de *Oligotoma humbertiana* (Saussure 1896) (Embioptera: Oligotomidae). *Entomología Mexicana* 11:1151-1156.
- Cheng, L. 1976. *Marine insects*. North-Holland Publishing Co., Amsterdam.
- CITES. Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. 2011. *Apéndices I, II y III*. En: <<http://www.cites.org/esp/app/appendices.php>>, última consulta: 7 de enero de 2016.
- Contreras-MacBeath, T., E. Anzures, J.I. Martínez et al. 2006. Amenazas a la biodiversidad. En: *La diversidad biológica en Morelos: Estudio del Estado*. T. Contreras-MacBeath, J.C. Boyás y F. Jaramillo. CONABIO/UAEM, México, pp. 79-88.
- Corona, R. y A. Márquez. 1982. *Introducción a la entomología. Morfología y taxonomía de los insectos*. Limusa, México.
- Coronado-Blanco, J.M., E. Ruíz-Cancino, A.J. Rodríguez-Mota et al. 2013. Archaeognatha (= Microcoryphia) (Insecta) en Jaumave y Victoria, Tamaulipas, México. En: *Memorias del 25° Encuentro Nacional de Investigación Científica y Tecnológica del Golfo de México*. Academia Tamaulipeca de Investigación Científica y Tecnológica, A.C., Tampico.
- Cortés, M. y R. Gámez. 2008. Tifus epidémico en Nuevo León: presentación del primer caso clínico pediátrico. *Revista de Enfermedades Infecciosas en Pediatría* 22:56-59.
- Costa-Pereira, R., F. Ibanez-Martins, E.A. Sczesny-Moraes y A. Brescovit. 2010. Predation on young treefrog (*Ostecephalus taurinus*) by arthropods (Insecta, Mantodea and Arachnida, Araneae) in Central Brazil. *Biota Neotropica* 10(3):469-472.
- Cupul-Magaña, F.G. y J.L. Navarrete-Heredia. 2008. Artrópodo-fauna de las viviendas de Puerto Vallarta, Jalisco, México. *Ecología Aplicada* 7:187-190.
- Curtis, H. y N.S. Barnes. 2000. *Biología*. Editorial Médica Panamericana, Buenos Aires.
- Daly, H.V., J.T. Doyen y P.P. Ehrlich. 1978. *Introduction to insect biology and diversity*. McGraw-Hill, Nueva York.
- De la Garza, M. 2012. *Sueño y éxtasis. Visión chamánica de los nahuas y mayas*. UNAM, México.
- Deloya, C., G. Ruíz-Lizárraga y M.A. Morón. 1987. Análisis de la entomofauna necrófila en la región de Jojutla, Morelos, México. *Folia Entomológica Mexicana* 73:157-151.

- Eisner, T. y E.O. Wilson. 1977. General introduction: the conquerors of the land. En: *The insects: Readings from "Scientific American"*. T. Eisner y E.O. Wilson (eds.). W.H. Freeman and Co., San Francisco, pp. 1-15.
- Engel, S.M. 2004. Zoraptera. En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento*. Vol. IV. J. Llorente-Bousquets, J. Morrone, O. Yáñez-Ordóñez e I. Vargas-Fernández (eds.). Facultad de Ciencias-UNAM, México, pp. 637-640.
- Espinasa, L. y M.B. Alpheis. 2001. A new species of the genus *Anelpistina* (Insecta: Zygentoma: Nicoletiidae) from the Biosphere Reserve Sierra de Huautla. *Proceedings of the Biological Society of Washington* 114:489-496.
- Estrada-Álvarez, J.C. 2013. Primera lista de cucarachas de México (Dyctoptera: Blattodea). *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa* 53:267-284.
- Estrada-Álvarez, J.C. y C.A. Guadarrama. 2013. Nuevos registros de cucarachas (Blattodea) para México. *Dugesiana* 20:49-53.
- Flood, N.J., C.L. Schlueter, M.W. Reudink et al. 2016. *Bullock's Oriole (Icterus bullockii)*, version 3.0. En: <<https://birdsna.org/Species-Account/bna/species/bulori/introduction>>, última consulta: agosto de 2019.
- Fraile, J.M. 2014. La mantis verde en Madrid: la magia del simbuscarle. *Revista de Folklore* 394:4-10.
- García, J.D. 2016. *Hymenoptera parasítica en la huerta de naranjo (Citrus sinensis L.) Osbeck del Rancho el Pochotillo en Zacapalco, Tepalcingo, Morelos, México*. Tesis de licenciatura en ingeniería agrónoma con especialidad en parasitología. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo.
- Granados-Ramírez, J.G., P. Barragán-Zaragoza, R. Trejo-Albarrán y M. Martínez-Alaníz. 2017. Macroinvertebrados bentónicos de dos lagos de alta montaña en el estado de Morelos, México. *Intropica* 12:41-53.
- Gullan, P.J. y P.S. Cranston. 2010. *The insects an outline of entomology*. Wiley-Blackwell, Oxford.
- Gutiérrez Ochoa, M., M. Camino Lavin, F. Castrejón Ayala y A. Jiménez Pérez. 1993. Arthropods associated with *Bromelia hemisphaerica* (Bromeliales: Bromeliaceae) in Morelos, Mexico. *The Florida Entomologist* 76:616-621.
- Guzmán, M., P. Corona-Tejeda y Z.Cano-Santana. 2020. Adición a los listados de piojos (Insecta: Phthiraptera) de México: distribución, riqueza, grado de especificidad y pediculosis humana. *Revista Mexicana de Biodiversidad* (inédito).
- Hernández, F. 2014. *En peligro las áreas naturales protegidas*. En: <<http://www.diariodemorelos.com/articulo/en-peligro-las-%C3%A1reas-naturales-protegidas>>, última consulta: 4 de mayo de 2018.
- Hernández-Baltazar, E. y B. Gómez. 2017. Distribución estatal de mántidos en México (Dictyoptera: Mantodea). *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa* 61:175-178.
- Hoffmann, A., J.G. Palacios-Vargas y J.B. Morales-Malacara. 1986. *Manual de bioespeleología (con nuevas aportaciones de Morelos y Guerrero, México)*. UNAM, México.
- Hopkins, H. 2014. A revision of the genus *Arenivaga* (Rehn) (Blattodea, Corydiidae), with descriptions of new species and key to the males of the genus. *ZooKeys* 384:1-256.
- Huston, M. 1979. A general hypothesis of species diversity. *American Naturalist* 113:81-101.
- Insectoid.info. 2018. *Checklist for Mantodea in Mexico*. En: <<http://insectoid.info/checklist/mantodea/mexico/>>, última consulta: 14 de mayo de 2018.
- Jones, R.W., F.E. Gilstrap y K.L. Andrews. 1988. Biology and life tables for the predaceous earwig, *Doru taeniatum* (Derm.: Forficulidae). *Entomophaga* 33:43-54.
- Jordán-Montés, F. 2013. *El universo de los insectos*. Mundi Prensa, Madrid.
- Juárez-Orozco, S. y Z. Cano-Santana. 2007. El cuarto elemento y los seres vivos. *Ecología del fuego. Ciencias* 85:4-12.
- Kathirithamby, J. 2005. Strepsiptera (Insecta) of Mexico-A review. *Vedalia* 12:103-118.
- Kathirithamby, J. y D.P. Hughes. 2006. Description and biological notes of the first species of *Xenos* (Strepsiptera: Stylopidae) parasitic in *Polistes carnifex* F. (Hymenoptera: Vespidae) in Mexico. *Zootaxa* 1104:35-45.
- Kathirithamby, J. y G. Moya-Raygoza. 2000. *Halictophagus nautli* sp. n. (Strepsiptera: Halictophagidae), a new species parasitic in the corn leafhopper (Homoptera: Cicadellidae) from Mexico. *Annals of the Entomological Society of America* 93:1039-1044.
- Lastra, O.G. 2003. *El problema de la vivienda de interés social en el municipio de Jiutepec, Morelos*. Tesina en arquitectura. Facultad de Arquitectura-UAEM, Cuernavaca.
- Leana, J. 2015. *Entomofauna y fluctuación poblacional de tres plagas y enemigos naturales en la huerta de naranjo Citrus sinensis L. del Rancho el Pochotillo en Zacapalco, Tepalcingo, Morelos, México*. Tesis de licenciatura en ingeniería agrónoma con especialidad en parasitología. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo.
- López, G., J. Gómez, J.F. Barrera et al. 2013. *Artrópodos asociados a higuerrilla (Ricinus communis L.) en el sur de México*. Folleto técnico No. 28. SAGARPA/INIFAP/CIRPAS, México.
- Martínez, G. 2009. *Forficula auricularia*. En: <<http://www.biodiversidadvirtual.org/insectarium/Forficula-auricularia-img81257.html>>, última consulta: 18 de abril de 2018.
- Martínez, J. 2012. *Ética y naturaleza: invitación a la prudencia*. Tesis de doctorado en filosofía y letras. Centro de Investigación y Docencia en Humanidades del Estado de Morelos, Cuernavaca.

- McGavin, G.C. 2002. *Entomología esencial*. Ariel, Barcelona.
- . 2013. Prologue. En: *The insects. Structure and function*. S.J. Simpson y A.E. Douglas (eds.). Cambridge University Press, Cambridge, pp. 13-31.
- Medina, S. 2016. *Aumentan alergias por cucarachas*. En: <<http://www.moreloshabla.com/morelos/aumentan-alergias-por-cucarachas/>>, última consulta: 23 de noviembre de 2017.
- Méndez, J.T. y D. Cibrián. 2013. Isoptera (termes, termitas o comejenes). En: *Manual para la identificación y manejo de plagas forestales comerciales*. D. Cibrián (ed.). UACH, Estado de México, pp. 168-169.
- Méndez, J.T. y A. Equihua. 2001. Diversidad y manejo de los termes en México (Hexapoda, Isoptera). *Acta Zoológica Mexicana nueva serie* 1:173-187.
- Mendoza-Estrada, L.J., R. Lara López y R. Castro-Franco. 2008. Dieta de *Lithobates zweifeli* Hillis, Frost y Webb 1984 (Anura: Ranidae) en un río estacional del centro de México. *Acta Zoológica Mexicana* 24(1):169-197.
- Menéndez-Acuña, M. 2017. Profesionista con maestría en el área de ciencias biológicas, egresado de la UAEM. Comunicación personal, abril.
- Montoya, A. 2011. *Los huertos tradicionales de Tlayacapan, Morelos. Productores de bienes y servicios ambientales con significado cultural*. Tesis de licenciatura en ciencias biológicas. Facultad de Ciencias Biológicas-UAEM, Cuernavaca.
- Murillo, R.M., J.G. Palacios, J.M. Labougle *et al.* 1983. Variación estacional de la entomofauna asociada a *Tillandsia* spp. en una zona de transición biótica. *Southwestern Entomologist* 8:297-302.
- Naturalista-CONABIO. 2013. *Doru taeniatum*. En: <<http://www.naturalista.mx/observations/442316>>, última consulta: 20 de abril de 2018.
- . 2017. *Doru taeniatum*. En: <<http://www.naturalista.mx/observations/9313573>>, última consulta: 25 de abril de 2018.
- Ojeda, A.A., N. Villegas J., H.E. Vega O. y J. Méndez H. 2008. Termitas de Colima, México. *Entomología Mexicana* 7:1068-1071.
- Olivera, R. 1970. El programa de erradicación del tifo en México. *Salud Pública de México* 12(2):207-217.
- Ortega-Marín, L., M. Manríquez-Serrano, L.M. Lara-López *et al.* 2013. Effect of Households' social networks on lice infestation among vulnerable Mexican children: a qualitative comparative analysis. *Journal of Tropical Pediatrics* 59:413-418.
- Otte, D. 1978. The primary types of Orthoptera (Saltatoria, Mantodea, Phasmatodea and Blattodea) at the Academy of Natural Sciences of Philadelphia. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia* 130:26-87.
- Pablo, E.S., A.L.M. Sandoval, M.R. Fernández *et al.* 2009. Residual activity of *Metarhizium anisopliae* or plant extracts on laying hens for *Menacanthus stramineus* lice control by dipping. *International Journal of Poultry Science* 8(9):816-819.
- Palacios-Vargas, J.G. 2000. Archaeognatha y Zygentoma. En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento*. Vol. II. J. Llorente-Bousquets, E. González-Soriano y N. Papavero. Facultad de Ciencias-UNAM, México, pp. 285-291.
- Pavón-Gozalo, P., B. Milá, P. Alexandre *et al.* 2011. Invasion of two widely separated areas of Mexico by *Forficula auricularia* (Dermaptera: Forficulidae). *Florida Entomologist* 94(4):1088-1090.
- Paz, M.F. 2005. *La participación en el manejo de áreas naturales protegidas. Actores e intereses en conflicto en el Corredor Biológico Chichinautzin, Morelos*. Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias-UNAM, Cuernavaca.
- Peniche-Lara, G., C. Pérez-Osorio, K. Dzúl-Rosado y J. Zavala-Castro. 2015. Rickettsiosis: enfermedad re-emergente en México. *Ciencia y Humanismo en la Salud* 2(2):76-84.
- Pérez-Ortiz, T.M. y L. Hernández-Maturano. 1985. *Artrópodos urbanos*. Reporte final de la asignatura Biología de campo. Colección Zoología No. 21. Facultad de Ciencias-UNAM, México.
- Price, P.W. 1984. *Insect ecology*. John Wiley and Sons, Nueva York.
- Quintana, K., G. Obispo y E. Granados. 2009. Indicadores de turismo sustentable y educación popular ambiental en cuevas de San Juan Tlacotenco, Tepoztlán, Morelos. *Mundos Subterráneos* 20:147-152.
- Ramírez, J. 1989. La cucaracha como vector de agentes patógenos. *Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana* 107:41-53.
- Ramírez, M.M., M.P. Ibarra, L.I. Íñiguez-Dávalos *et al.* 2016. New records of ectoparasitic Acari (Arachnida) and Streblidae (Diptera) from bats in Jalisco, Mexico. *Journal of Vector Ecology* 41:309-313.
- Rehn, J.A. 1900-1901. Notes on Mexican Orthoptera, with descriptions of new species. *Transactions of the American Entomological Society* 27:85-99.
- Rodríguez-Olivares, K.P., S. Quijas, F.G. Cupul-Magaña y J.L. Navarrete-Heredia. 2015. Literatura científica sobre artrópodos asociados a cadáveres: estudio observacional. *Acta Universitaria, Multidisciplinary Scientific Journal* 25:20-29.
- Romero, L.I. 2014. *Diseño del sistema "Insectos de la República Mexicana" una aplicación entomológica*. Tesis de maestría en ciencias en socioeconomía, estadística e informática. COLPOS, Texcoco.
- Ross, E.S. 2000. Embia. Contributions to the biosystematics of the insect order Embiidina. Part 2. A review of the biology of Embiidina. *Occasional Papers California Academy of Sciences* 149:1-36.
- . 2001. Embia. Contributions to the biosystematics of the insect order Embiidina. Part 3. The Embiidae of the Americas (Order Embiidina). *Occasional Papers California Academy of Sciences* 150:1-86.

- . 2003. Embia. Contributions to the biosystematics of the insect order Embiidina. Part 5. A review of the family Anisembiidae with descriptions of new taxa. *Occasional Papers California Academy of Sciences* 154:1-123.
- Sakai, S. 2004. Dermaptera. En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento*. Vol. IV. J. Llorente-Bousquets, J. Morrone, O. Yáñez-Ordóñez e I. Vargas-Fernández (eds.). Facultad de Ciencias-UNAM, México, pp. 627-636.
- Sánchez-Hernández, C., M.L. Romero-Almaraz, G.D. Schnell et al. 2016. *Bats of Colima, Mexico*. University of Oklahoma Press, Oklahoma.
- Sánchez-Montes, S., C. Guzmán-Cornejo, L. León-Paniagua y G. Rivas. 2013. A checklist of sucking lice (Insecta: Phthiraptera: Anoplura) associated with Mexican wild mammals, including geographical records and a host-parasite list. *Zootaxa* 3722(2):183-203.
- SEMARNAT. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. *Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010*. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.
- Slaytor, M. 1992. Cellulose digestion in termites and cockroaches: what role do symbionts play? *Comparative Biochemistry and Physiology* 103(4):775-784.
- SSM. Servicios de Salud de Morelos. 2015. *Reporte UIIES 25/03/2015*. En: <[http://www.ssm.gob.mx/portal/page/vig\\_epid/4/2015/Reporte%20UIIES%20250315.pdf](http://www.ssm.gob.mx/portal/page/vig_epid/4/2015/Reporte%20UIIES%20250315.pdf)>, última consulta: 20 de noviembre de 2017.
- Sturm, H. 1997. A new subgenus and two new species of the genus *Machilinus* (Meinertellidae, Archaeognatha = Microcoryphia, "Apterygota", Insecta) from Mexico. *Journal of the New York Entomological Society* 105:15-23.
- . 2009. Archaeognatha (bristletails). En: *Encyclopedia of insects*. V.H. Resh y R.T. Cardé (eds.). Elsevier Academic Press, Amsterdam, pp. 57-59.
- Superada, J.L. y A.D. Tampus. 2015. Macroinvertebrates as indicators of water quality in three estuary sites in Iligan City, Philippines. *Journal of Multidisciplinary Studies* 4:50-85.
- Szumik, C. 2002. Embioptera. En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento*. Vol. III. J. Llorente-Bousquets y J. Morrone (eds.). Facultad de Ciencias-UNAM, México, pp. 441-447.
- Tepole-García, R.E., S. Pineda-Guillermo, J. Martínez-Herrera y V.R. Castrejón-Gómez. 2012. Records of two pest species, *Leptoglossus zonatus* (Heteroptera: Coreidae) and *Pachycoris klugii* (Heteroptera: Scutelleridae), feeding on the physic nut, *Jatropha curcas*, in Mexico. *Florida Entomologist* 95:208-210.
- Thomas, C.D., A. Cameron, R.E. Green et al. 2004. Extinction risk from climate change. *Nature* 427:145-148.
- Tokuda, G., T. Nakamura, R. Murakami e I. Yamaoka. 2001. Morphology of the digestive system in the wood-feeding termite *Nasutitermes takasagoensis* (Shiraki) [Isoptera: Termitidae]. *Zoological Science* 18:869-877.
- Torralba-Burrial, A. 2015. Clase Insecta: orden Embioptera. *Revista Ibero Diversidad Entomológica @ccesible* 44:1-6.
- Tripadvisor. 2016. *Infestado de cucarachas. Opinión sobre el Misión Cuernavaca*. En: <[https://www.tripadvisor.com.mx/ShowUserReviews-g150797-d194180-r141761639-Mision\\_Cuernavaca-](https://www.tripadvisor.com.mx/ShowUserReviews-g150797-d194180-r141761639-Mision_Cuernavaca-)>, última consulta: 16 de diciembre de 2016.
- UNICEDER-UACH. Unidad de Investigación, Capacitación y Evaluación para el Desarrollo de la Universidad Autónoma Chapingo. 2002. *Evaluación del Programa Nacional de Reforestación (PRONARE 2002) Morelos*. UACH, Estado de México.
- Vanegas-Rico, J.M. 2012. Forficulidae en *Opuntia*. En: <<https://arthropoda-mexicana.blogspot.mx/2012/07/forficulidae-en-opuntia.html>>, última consulta: 18 de abril de 2018.
- Vázquez, G.L. 1987. *Zoología del phylum Arthropoda*. Interamericana, México.
- Zhang, Z.Q. 2013. *Phylum Arthropoda*. *Zootaxa* 3703(1):17-26.





**DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA**

# El papel de los animales invertebrados en la cultura morelense

Zenón Cano Santana, Ariana Romero Mata, Luis Enrique Juárez Sotelo, Laura Tatiana Cervantes Ramírez, Miguel Menéndez Acuña y Wendy Alicia González Brito

## Introducción

La biodiversidad es un elemento inherente de la cultura de los pueblos. Cada agrupación humana se desarrolla en un ambiente particular y los seres vivos que le rodean forman parte de su universo conocido. En este sentido, los animales invertebrados también moldean la vida de los humanos, de modo que es inevitable que formen parte de su bagaje cultural y de su historia.

Los invertebrados son organismos que carecen de una columna vertebral, y son los más abundantes y diversos del reino animal, pues representan más de 98% de las especies de éste distribuidos en 34 *phyla*. Entre ellos se encuentran los insectos, los arácnidos, los ciempiés, las lombrices, los crustáceos, los moluscos y las estrellas de mar, sólo por mencionar algunos (Pechenik 2000, Brusca y Brusca 2003).

El contacto del ser humano con los invertebrados se debe a que éstos se encuentran en todos los hábitats conocidos, y desempeñan diversas e importantes funciones dentro de los ecosistemas, tales como la polinización, la provisión de alimentos y el control de plagas (Price *et al.* 2011, Schowalter 2011). Los habitantes de Morelos, tanto los del pasado como del presente, han tenido y tienen una cultura arraigada en el conocimiento de estos seres. Este trabajo tiene como objetivo analizar el papel que cumplen los invertebrados en la cultura del estado.

## El pasado prehispánico

Los invertebrados han tenido una relación con los seres humanos desde la antigüedad (Pinkus-Rendón 2010). Los artrópodos y los moluscos en particular fueron conocidos por los antiguos pobladores del país, tal como lo

demuestran sus representaciones en relieves, esculturas y códices (Muñiz 2001).

En la entidad hay múltiples evidencias de esto. En la cueva de La Chagüera (municipio de Tlatzapán) se descubrieron restos de escarabajos, lepidópteros, dípteros y milpiés en las ofrendas asociadas a los depósitos funerarios, los cuales probablemente eran utilizados como amuletos o adornos (Muñiz 2001).

Por otra parte, las ruinas de Xochicalco albergan evidencias del uso y conocimiento que sus pobladores tenían de sus animales invertebrados. En la pirámide de las serpientes emplumadas se descubrieron estrellas de mar hechas de barro, caracoles marinos utilizados como collares o pendientes, conchas de almejas y, en la ofrenda principal, un caracol marino adornado con grecas y círculos (figura 1; Sáenz 1963, De la Fuente 1995, Melgar-Tisoc 2005).

Algunas de estas conchas son de la almeja nacarada (*Unio aztecorum*), la cual era extraída del río Amacuzac (Melgar-Tisoc 2005). En Xochicalco, también es notoria la representación de mariposas (Garza 1995, Corona 2014), lo que refleja la influencia de estos organismos en la cosmovisión de sus habitantes.

## La época de la Colonia

Durante la Colonia se estudió muy poco la naturaleza del país, y al inicio de este periodo la destrucción de códices y la muerte de los sabios locales provocaron una lamentable pérdida de los conocimientos prehispánicos (Michán y Llorente 2002).

No hay registros fáciles de encontrar sobre cómo se desarrolló la percepción de los habitantes de la región que hoy ocupa Morelos durante esta época. Probablemente,

Cano-Santana, Z., A. Romero-Mata, L.E. Juárez-Sotelo, L.T. Cervantes-Ramírez, M. Menéndez-Acuña y W.A. González-Brito. 2020. El papel de los animales invertebrados en la cultura morelense. En: *La biodiversidad en Morelos. Estudio de Estado 2*. Vol. II. CONABIO, México, pp. 258-269.



**Figura 1.** Caracol marino encontrado en la ofrenda principal en la pirámide de las serpientes emplumadas en Xochicalco. Exhibición del Museo Nacional de Antropología e Historia, Ciudad de México. Foto: Luis Enrique Juárez-Sotelo.

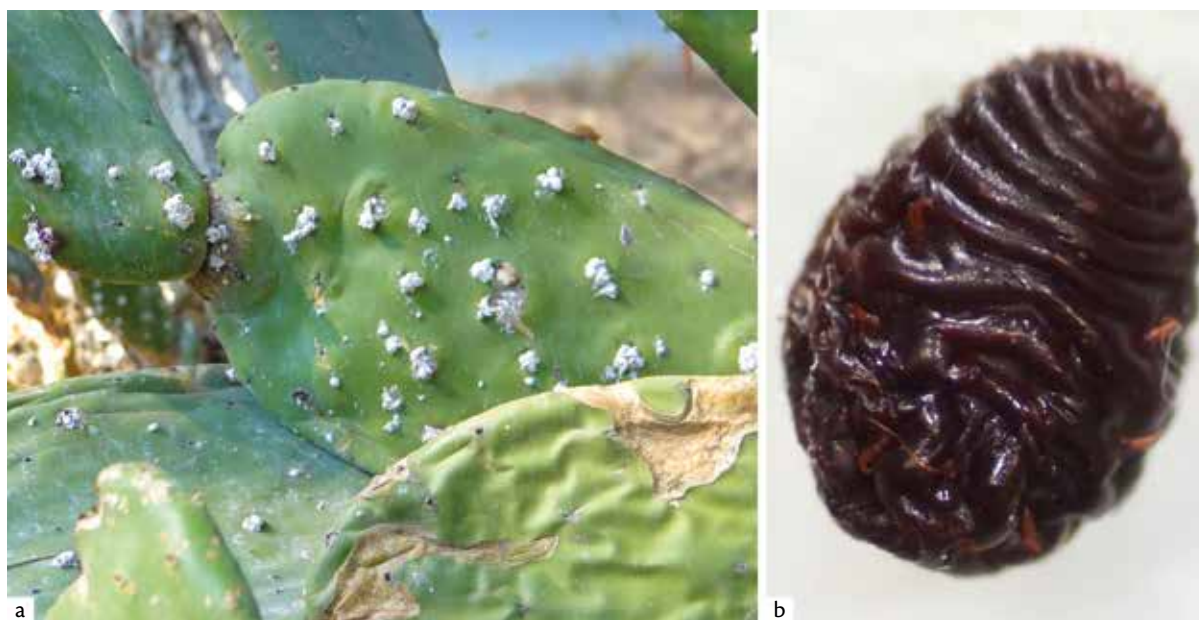
los europeos trajeron su propio conocimiento sobre la fauna de sus lugares de origen, y ese conocimiento quizá se mezcló con el de los indígenas de la región.

Se percibe que la Colonia es un periodo de estancamiento del conocimiento y enseñanza de las ciencias naturales en los colegios y universidades en la Nueva España (Garza 2014). No obstante, se registra un interés en el estudio de los animales invertebrados nativos e introducidos de importancia económica.

Tal es el caso de la grana cochinilla (el homóptero *Dactylopius coccus*) del que se obtiene un tinte rojo (figura 2), el axe o aje (el homóptero *Llaveia axin axin*) para obtener laca o maque, la abeja europea (*Apis mellifera*) para obtener miel y cera, y los gusanos de seda (los lepidópteros *Eutachiptera psidii* y *Hilesia* spp.; Michán y Llorente 2002, Garza 2014).

Es posible que los caracoles comestibles de jardín (*Cornu aspersum* = *Helix aspersa*) hayan sido introducidos a México en el siglo xvi por navegantes españoles, quienes los llevaban como alimento, o bien, de manera accidental, pero no hay registro preciso de ello (Bonilla et al. 2010, Tovar-Hernández 2016).

El aporte más importante al conocimiento de los invertebrados durante la Colonia es la expedición que realizó el naturalista y médico Francisco Hernández por órdenes del rey Felipe II a la Nueva España entre 1570



**Figura 2.** Imágenes de la grana cochinilla (*Dactylopius coccus*): a) aspecto del homóptero parasitando un nopal y b) vista ventral de un ejemplar. Fotos: Luis Enrique Juárez-Sotelo.

y 1577. Esta expedición incluyó incursiones al territorio que hoy ocupa Morelos (Barrera y Hoffmann 1981, Hernández 2015, Zolla 2015).

En Tepoztlán, Hernández (2015) encontró al chapulín milpero o tapachichi (*Taeniopoda auricornis*), que en la localidad lo llamaban tzontecomama, así como a la araña del viento *ecatócatl* o araña ocelote *ocelotócatl* (*Neoscona oaxacensis*), que tiene manchas negras y amarillas. Asimismo, registró la palomilla xuchiahoatecolótl (*Automeris leucane*), cuyas alas tienen manchas con forma de ojos de tecolote y sus larvas (conocidas como temahoani) tienen espinas urticantes; asimismo, describe a la avispa quetzalmiáhuatl (*Polistes* sp.). Otros artrópodos registrados, y que muy probablemente encontró en el territorio morelense, son las avispas *tetlatoca* (*Pepsis* sp.), las arañas *tocamaxacualli* (*Loxosceles boneti* y *L. misteca*) y la chinche *hoeitexca* (*Triatoma phyllosoma pallidipennis*).

## Nombres comunes y creencias actuales

Los morelenses identifican a cada grupo de animales invertebrados de su rica fauna con una serie de nombres curiosos o con apelativos derivados del náhuatl, como angelitos, cuetlas, chicatanas, huachichilas, huarachudas, nisticuiles, leoncillos, pinacates y sacabuches (cuadro 1). Estas criaturas que conviven con ellos están arraigadas a sus creencias y leyendas.

Algunas de estas creencias, la mayoría de las cuales distan mucho de ser ciertas, se presentan a continuación a partir de una recopilación propia efectuada por los autores (cuadro 2). Se cree que las mariposas blancas que vuelan en noviembre son almas de guerreros y mujeres que murieron en el parto, y que regresan a visitar sus pueblos. En tanto que, las polillas color café o negro se consideran de mal agüero, ya que si se observa un insecto de éstos dentro de un negocio o casa es porque algún familiar muy cercano va tener un problema muy fuerte.

Si se observa a la mariposa negra de la muerte –probablemente la *mictlanpapalotl* (*Ascalapha odorata*)– en las paredes de una casa, significa que alguien que vive ahí va a morir. Asimismo, se piensa que los alacranes vienen en pareja, por lo que, cuando una persona encuentra uno, lo debe quemar para que no llegue su compañero.

Las personas en el campo sugieren dormir cerca de la fogata para evitar que los ácaros conocidos como pinolillos y garrapatas se les suban, y cada tronido de la fogata significa que una garrapata saltó al fuego. En San Andrés de la Cal se cree que cuando las chicharras cantan las ciruelas van a madurar (Huicochea 1997).

## Usos

Los invertebrados se comen, y la entidad no es la excepción. En este sentido, se tiene registro de que al menos 58 especies de insectos se comen u ofrecen productos comestibles (como la miel), entre los que se cuentan larvas de lepidópteros (gusanos), escarabajos, moscas, chinches (como los jumiles), homópteros, abejas, avispas y chapulines (cuadro 3, apéndice 47; Ramos-Elorduy 1987, Ramos-Elorduy y Pino-Moreno 1989, 2001, Rubio 2001, Reyes *et al.* 2015), aunque también se registran moluscos y arácnidos comestibles (Tovar y Alvarado 2010).

En Tepoztlán llegan a venderse artrópodos tostados (insectos y ciempiés), así como vinagrillos y alacranes (figura 3), los cuales llegan a costar hasta 300 pesos la pieza (16 dólares estadounidenses; Romero-Mata, obs. pers.) lo que impulsa el comercio del poblado.

Algunos habitantes del estado sostienen que los chapulines eran un alimento apreciado por el caudillo Emiliano Zapata (González-Brito obs. pers.). En la actualidad, éstos se siguen vendiendo en los mercados locales y se consumen asados, fritos con sal, limón y chile o en tortitas (figura 4), mezclados con hongos de cazahuate (*Pleurotus ostreatus*, cuadro 3; Ramos-Elorduy y Pino-Moreno 1989, Rubio 2001, González-Brito y Romero-Mata obs. pers.).

Asimismo, los chapulines y las hormigas chicatanas pueden ser consumidos en quesadillas (González-Brito obs. pers.). Por su parte, los jumiles se comen vivos, tostados o molidos (Ramos-Elorduy y Pino-Moreno 1989).

De hecho, los invertebrados se utilizan para preparar una gran variedad de guisos y postres (cuadro 3; Rubio 2001). En el municipio de Xochitepec, los caracoles, los cangrejos, las almejas y los acociles se usan para preparar el clemole verde, un guiso que se elabora desde la época prehispánica; en tanto que con los jumiles y los alacranes se usan para rellenar dulces macizos (Tovar y Alvarado 2010).

**Cuadro 1.** Nombres comunes de algunos artrópodos de Morelos.

Nombre común en el estado	Descripción	Entidad taxonómica
Ajenjenes*, borreguillos*, cochinillas*, conchudas* y marcianos verdes*	Cigarritas e insectos escama	Homoptera
Alacranes güeros	Escorpiones de color claro	<i>Centruroides</i> spp. (Arachnida: Scorpiones, Buthidae)
Angelitos o arañas rojas	Ácaros grandes de color rojo	Arachnida: Acari
Borregos	Orugas blancas que viven en los árboles de guamúchil	Lepidoptera
Caballitos de San Juan, escalofrío o pegacalentura	Mantis	Mantodea
Cara de niño	Ortóptero de color naranja parecido a los grillos	Orthoptera: Stenopelmatidae
Chicatanas, chacatanas* u hormigas de San Juan	Hormigas comestibles	<i>Atta mexicana</i> (Hymenoptera: Formicidae)
Chinche besucona	Chinche que transmite el mal de Chagas	<i>Triatoma</i> sp. (Hemiptera: Reduviidae)
Cuetlas o cueclas*	Un tipo de orugas	<i>Arsenura armida</i> (Lepidoptera: Saturniidae)
Hormiga talata* u hormiga cuatalata*	Hormigas	<i>Atta</i> sp. (Hymenoptera: Formicidae)
Hormigas de agua	Hormigas negras que salen al inicio de la temporada de lluvias	Hymenoptera: Formicidae
Huachichilas, guachichilas*, huachichiles, guachichiles o chopales	Avispas grandes y rojas	Hymenoptera: Vespidae
Huarachuda o cuarichi	Avispas denominadas así por la forma de su nido	<i>Polistes</i> sp. (Hymenoptera: Vespidae)
Ishticuiles o nisticuiles	Larvas de escarabajos conocidas como gallinas ciegas	<i>Phyllophaga</i> sp. (Coleoptera: Scarabeidae)
Jumiles*, chumiles o chinches de monte	Chinches comestibles	<i>Euschistus</i> spp. (Hemiptera: Pentatomidae), entre otros
Leoncillos	Cierto tipo de arañas	Arachnida: Araneae, Salticidae
Mantequilla*	Un tipo de chapulines	Orthoptera
Misticuiles o nixticuiles	Gallinas ciegas, larvas de escarabajos	Larvas de <i>Phyllophaga</i> spp. (Coleoptera: Scarabeidae)
Maromeros	Larvas acuáticas de mosquitos	Diptera: Culicidae
Matacaballos	Mantis e insectos palo	Mantodea y Phasmatodea
Miguelitos <sup>1</sup> o zancudos*	Mosquitos	Diptera: Culicidae
Moyotes*	Escarabajos de gran tamaño de varias especies	Coleoptera: Scarabeidae, incluyendo a <i>Phyllophaga</i> spp.
Ocuiles	Orugas, larvas de mariposas y polillas	Lepidoptera
Pinacates	Escarabajos no voladores de color negro que producen un olor fétido	<i>Eleodes</i> sp. (Coleoptera: Tenebrionidae)
Poyol*, abeja de peñas* o abeja mielera*	Avispa que produce miel	<i>Polybia occidentalis</i> (Hymenoptera: Vespidae)
Sacabuches	Arácnidos de patas muy largas	Opiliones o arañas patonas (Arachnida: Opiliones), y arañas verdaderas de patas muy largas (Arachnida: Araneae, Pholcidae)
Santa Teresita	Insectos palo	Phasmatodea
Soplables	Avispa denominada así por su panal	Hymenoptera
Tapanchichi*, tapachichi <sup>2</sup> o chapulinsete*	Chapulines de colores vistosos	<i>Taeniopoda auricornis</i> (Orthoptera: Romaleidae)
Toritos	Cigarritas comestibles con supuestas propiedades afrodisíacas	<i>Umbonia</i> sp. (Homoptera: Membracidae)
Tortuguilla*	Un tipo de escarabajos	Coleoptera
Vinagrillos	Arácnidos no venenosos que secretan una sustancia con olor a vinagre	<i>Mastigoproctus giganteus</i> (Arachnida: Uropigy)
Xiquilme	Cigarras o chicharras	Homoptera: Cicadidae

\*Datos de Boyas-Delgado *et al.* 2001. <sup>1</sup>Es posible que este epíteto sea asignado a una especie o a un grupo especial de mosquitos; <sup>2</sup>epíteto registrado por Francisco Hernández (2015). Fuente: elaboración propia con entrevistas a habitantes del estado.

**Cuadro 2.** Creencias, costumbres y leyendas de los habitantes de Morelos relacionadas con animales invertebrados.

Nombre común	Creencia, costumbre o leyenda
Alacranes	Se utilizan para curar el mal de ojo de los niños dejándolos caminar en su pecho con la cola cortada
Babosas	Se les aplica sal antes de que se bañe una persona
Chinches	Si se encuentran muchas en una casa, es señal de que alguien pronto morirá
Chicharras	Cantan cuando: va a hacer calor; la luna se pone roja; o anuncian las lluvias (le lloran a la lluvia) A los niños mayores de 3 años que aún no hablan bien, se les meten chicharras vivas a la boca para que lo logren
Escarabajos	Se consideran a varias especies como anunciadores de lluvia, especialmente los moyotes
Gallinas ciegas	Son conocidas como gusanos calenturientos, porque si los toca una persona se cree que ocasionan fiebre
Grillos	Estos insectos atraen a los alacranes y grillan (cantan) para pedir agua
Hormigas	Cuando se les ve transportar palitos anuncian que lloverá Cuando hacen una larga fila cargando en sus mandíbulas trozos de alimento durante ciertas temporadas, lo hacen con el fin de ofrecerlo a una gran serpiente que se encuentra en las profundidades del suelo, la cual no puede salir debido a su gran tamaño Si una persona sueña que muchas hormigas rojas suben a la cama significa que habrá un difunto en la familia
Mantis	Cuando alguien está en edad casadera y se encuentra una mantis, ésta apunta hacia donde vive su futuro cónyuge
Mantis e insectos palo	Los caballos pueden morir si comen de estos insectos al confundirlos con pasto
Mariposas blancas	Si éstas son de gran tamaño anuncian el inicio de la temporada de lluvias
Orugas (gusanos, larvas de lepidópteros)	Cuando una persona, en especial los bebés, babea mucho al dormir, se acostumbra amarrarles una oruga al cuello con la creencia de que ésta se comerá la baba
Saltamontes	Cuando cantan es señal de que ya está madura la cosecha

Fuente: elaboración propia.

**Cuadro 3.** Especies comestibles de Morelos.

Familia	Especie	Nombre común	Producto consumido y modo de preparación	Municipio/localidad
Coleoptera (escarabajos)				
Cerambycidae	<i>Aplagiognathus spinosus</i> <sup>e</sup>	Gusano de palo	Larvas tostadas con sal en tacos	Tlalnepantla
	<i>Arhopalus rusticus</i> <sup>e</sup>	Gusano de palo	Larvas en caldillo con chile	Tlalnepantla
Curculionidae	<i>Scyphophorus acupunctatus</i> <sup>e</sup>	Botija	Huevos tostados con sal	Puente de Ixtla
Dryophthoridae	<i>Metamasius spinolae</i> <sup>e</sup>	Picudo de nopal	Larvas tostadas con sal y en tacos	Yau-tepec
Dytiscidae	<i>Rhantus consimilis</i> <sup>c</sup>	ND	Larvas y adultos	Zempoala
Erotylidae	<i>Dichomorpha</i> sp. <sup>c</sup>	ND	Larvas y adultos	Atlacholoya
Haliplidae	<i>Peltodytes ovalis</i> <sup>c</sup>	ND	Larvas y adultos	Atlacholoya
Scarabaeidae	<i>Dynastes (Xylotrupes) hyllus</i> <sup>c</sup>	Escarabajo hércules	Larvas	Cuernavaca y Tepoztlán
Diptera (moscas)				
Tephritidae	<i>Anastrepha serpentina</i> <sup>a</sup>	Gusano de mango	Larvas en mermelada de pulpa de mango	Amacuzac
Hemiptera (chinches)				
Belostomatidae	<i>Abedus (Abedus) ovatus</i> <sup>e</sup>	Cucarachón de agua	Ninfas y adultos tostados o molidos en caldillo de chile	Jojutla
	<i>Belostoma</i> sp. <sup>e</sup>	Cucarachón común de agua	Ninfas y adultos tostados en tortilla de huevo	Jojutla
	<i>Lethocerus</i> sp. <sup>e</sup>	Cucarachón de agua	Ninfas y adultos tostados o molidos en caldillo de chile	Jojutla
Coreidae	<i>Acanthocephala declivis</i> <sup>e</sup>	Chinche o jumil aguardientero	Adultos	Sur del estado
Notonectidae	<i>Notonecta (Paranecta) unifasciata</i> <sup>a</sup>	Remero	Ninfas y adultos tostados con chile ancho y agua	Jojutla

Cuadro 3. Continuación.

Familia	Especie	Nombre común	Producto consumido y modo de preparación	Municipio/localidad
Pentatomidae	<i>Brochymena</i> sp. <sup>dj</sup>	Jumil	Ninfas y adultos	ND
	<i>Dendrocoris suffultus</i> <sup>e</sup>	Jumil	ND	ND
	<i>Edessa mexicana</i> <sup>dj</sup> , <i>Euschistus (Euschistus)</i> <i>crenator</i> <sup>i</sup> , <i>E. (E.) lineatus</i> <sup>j</sup>	Jumiles	Ninfas y adultos vivos	Villa de Ayala (Alpuyeca), Axochiapan, Emiliano Zapata, Huitzilac, Jiutepec, Yautepec, Temixco y Tlaltizapan
	<i>E. (E.) strenuus</i> <sup>ea</sup>	Jumil	Ninfas y adultos vivos o tostados, en salsa de tomate y chile guajillo	Cuautla y Cuernavaca
	<i>E. (E.) sulcatus</i> <sup>j</sup>	Chumil	Ninfas y adultos vivos	Cuautla
	<i>Proxys punctulatus</i> <sup>dj</sup>	Jumil chico o chinche negra	Ninfas y adultos	Zona centro-poniente del estado
Homoptera (cigarritas)				
Membracidae	<i>Metcalfiella monograma</i> <sup>e</sup>	Periquito de aguacate	Adultos en tortas de huevo y en tacos	Yecapixtla
	<i>Umbonia</i> sp. <sup>a</sup>	Torito del guamúchil	Adultos	ND
Dactylopiidae	<i>Dactylopius coccus</i> <sup>i</sup>	Cochinilla grana	ND	ND
	<i>D. confusus</i> <sup>i</sup>	Cochinilla grana	ND	ND
	<i>D. ceylonicus</i> <sup>i</sup>	Cochinilla grana	ND	ND
Hymenoptera (abejas y avispas)				
Apidae	<i>Apis mellifera</i> <sup>ea</sup>	Abeja de panal	Miel, larvas y adultos tostados y mezclados con yogurt	Cuernavaca
Formicidae	<i>Atta mexicana</i> <sup>ea</sup>	Hormiga chicatana	Adulto sin cabeza ni patas molido con chile y sal	Huitzilac
	<i>Liometopum apiculatum</i> <sup>e</sup>	Escamol	Huevos en tortillas o en mixiote	Tlalnepantla
	<i>L. occidentale</i> <sup>e</sup>	Escamol	Huevos tostados acompañados con salsa picante	Huitzilac
	<i>Myrmecocystus melliger</i> <sup>e</sup>	Hormiga mielera, vinito, botija, hormiga de la pancita, repletas o necuhatzatl	Miel chupada directamente del abdomen del adulto	Tlalnepantla
Vespidae	<i>Polybia occidentalis</i> <sup>d</sup>	Abeja de peñas, poyol o abeja mielera	ND	Sur y centro del estado
	<i>Polistes</i> sp. <sup>k</sup>	Cuarichi, huarachuda	Miel	Cuernavaca
Lepidoptera (mariposas y palomillas)				
Cossidae	<i>Comadia redtenbacheri</i> <sup>b</sup>	Gusano rojo de maguey	Larvas ahumadas con chile pasilla y en tacos	Tlalnepantla
Crambidae	<i>Laniifera cyclades</i> <sup>e</sup>	Gusano del nopal	Las larvas tostadas en tacos con guacamole	Yecapixtla
Geometridae	<i>Acronyctodes mexicanaria</i> <sup>e</sup>	Gusano medidor del tepozán, capulcuamiche	Larvas tostadas en caldo de chile	Tlalnepantla
Hepialidae	<i>Phassus triangularis</i> <sup>e</sup>	Gusano del tepozán	Larvas tostadas en tacos con salsa verde	Tlalnepantla
Hesperiidae	<i>Aegiale hesperiaris</i> <sup>e</sup>	Gusano blanco de maguey	Larvas tostadas en tacos con guacamole	Tlalnepantla
Noctuidae	<i>Helicoverpa zea</i> <sup>e</sup>	Gusano elotero	Larvas tostadas en tacos	Yautepec
	<i>Spodoptera frugiperda</i> <sup>e</sup>	Gusano soldado	Larvas tostadas con chile de árbol en tacos	Yautepec
Pieridae	<i>Catasticta teulita</i> <sup>e</sup>	Gusano	Larvas tostadas en caldo de chile	Tlalnepantla
	<i>Eucheira sociales</i> <sup>f</sup>	Gusano del madroño, guinches o nchaama	Larvas	ND

Cuadro 3. Continuación.

Familia	Especie	Nombre común	Producto consumido y modo de preparación	Municipio/localidad
Pyralidae	<i>Galleria mellonella</i> <sup>a</sup>	Falsa polilla de la cera	Larvas tostadas y mezcladas con yogurth	Cuernavaca
Saturniidae	<i>Arsenura armida</i> <sup>a</sup>	Cuetla o cuecla	Larvas hervidas con sal o fritas con manteca, huevo y ajo	Zona sur y centro del estado
Orthoptera (chapulines y grillos)				
Acrididae	<i>Abracris flavolineata</i> <sup>b</sup>	Chapulines	ND	Cuatla
	<i>Rhammatocerus viatorius</i> <sup>h</sup>		ND	Cuatla
	<i>Trimerotropis pallidipennis</i> <sup>i</sup>		Ninfas y adultos	ND
Gryllidae	<i>Acheta domesticus</i> <sup>i</sup>	Grillo doméstico	Adultos	ND
Pyrgomorphidae	<i>Sphenarium</i> spp. <sup>c,h</sup> ( <i>S. borrei</i> , <i>S. histrio</i> , <i>S. macrophallicum</i> , <i>S. mexicanum</i> , <i>S. purpurascens</i> , <i>S. aff. purpurascens</i> y <i>S. rugosum</i> )	Chapulines	Ninfas y adultos, las comen con sal y limón, a veces ajo; tostados, en caldillo de mole <sup>e</sup>	Amayuca, Tlalquitenango, Xoxocotla, Axochiapán, Cuatla, Jojutla, Jonacatepec, Mazatepec, Temoac, Tepalcingo, Tetela del Volcán, Tlacotepec, Tlalquitenango, Yecapixtla, Yauatepec, Zacatepec y Zacualpan de Amilpas
Romaleidae	<i>Taeniopoda auricornis</i> <sup>i</sup>	Tapanchichi o chapulinsete	Ninfas y adultos tostados en caldillo de mole Cuatla	Cuatla

ND: no hay datos. Fuente: elaboración propia con datos de <sup>a</sup>Ramos-Elorduy 1987, <sup>b</sup>Ramos-Elorduy y Pino-Moreno 1989, <sup>c</sup>2004, <sup>d</sup>Boyas-Delgado *et al.* 2001, <sup>e</sup>Rubio 2001, <sup>f</sup>Ramos-Elorduy y Viejo 2007, <sup>g</sup>Reyes *et al.* 2015, <sup>h</sup>Pino-Moreno *et al.* 2016, <sup>i</sup>Ambrosio Arzate 2013, <sup>j</sup>Mitsuhashi 2017, <sup>k</sup>Juárez-Sotelo obs. pers.



Figura 3. Artrópodos comestibles presentados a su venta en el mercado de Tepoztlán. Se reconocen chapulines, gusanos rojos de maguey, toritos (dentro de las bolsitas), chinches, alacranes, vinagrillos y ciempiés. Foto: Ariana Romero-Mata.





Figura 4. Chapulines preparados en tortita vendidos en un mercado de Tepoztlán. Foto: Ariana Romero-Mata.

Por otro lado, la grana cochinilla (*D. coccus*), sigue siendo aprovechando en Tetelcingo para extraer el colorante que sirve para teñir chiquihuites, huipiles y ceñidores (Villazana 2011).

A su vez, los invertebrados se usan con fines curativos. Ejemplo de ello, se encuentra en San Andrés Hueyapan, municipio de Tetela del Volcán donde se prescriben las conchas de algunos bivalvos en combinación con plantas (como la salvia blanca) para tratar la retención de la regla, en tanto que los pinacates se administran junto con la palma blanca (*Brahea aculeata*) como bálsamo para curar la bronquitis (Álvarez 1987).

Por otra parte, se cree que los alacranes macerados en alcohol pueden aplicarse como remedio para tratar sus picaduras (Cervantes-Ramírez obs. pers.). Las larvas y los adultos hervidos de tres especies de grana cochinillas (*D. coccus*, *D. confusus* y *D. ceylonicus*) se utilizan para tratar las caries y las intoxicaciones con hongos venenosos. Los aceites extraídos de los jumiles (*Euschistus* spp.), se ocupan para tratar desórdenes estomacales y la escrófula; mientras que las patas saltadoras del grillo (*Acheta domesticus*) se pulverizan para usarse como diurético (Mitsuhashi 2017).

En algunas localidades se realizan rituales acerca de los aires (supuestos seres volátiles que viven en el monte

y en las barrancas), los cuales pueden causar enfermedades (Juárez 2010, Saldaña 2011). En Tlayacapan todavía se realiza dicho ritual, y se relaciona con los malos aires y la enfermedad que ocasionan. Para ello, se requiere del uso de un conjunto de 12 piezas de barro de entre 5 y 8 cm, llamado juego de aire, que incluye animales entre los que figuran un alacrán, una araña y un ciempiés (figura 5), pues se piensa que éstas tienen propiedades defensivas contra las fuerzas sobrenaturales dañinas (Barbosa 2005, Granados y Cortés 2009).



Figura 5. Figuras de una araña, un alacrán y un ciempiés que forman parte de las 12 piezas que conforman el juego del aire utilizado en el ritual de Tlayacapan. Foto: Luis Enrique Juárez-Sotelo.

## Otras representaciones culturales

Los invertebrados dan nombre a los lugares, como es el caso de la cueva de Concha del valle de Tepoztlán (Quiroz 2015) y el cerro del Jumil de Temixco (Figuroa y Baronnet 2015). Del mismo modo, alacranes, hormigas y gusanos de maguey se utilizan como símbolos distintivos de tres diferentes barrios particulares del pueblo de Tepoztlán: San Sebastián, Santísima Trinidad y Los Reyes, respectivamente (figura 6; Flores y Flores 1997).

Frecuentemente, estos símbolos forman parte del arco de bienvenida que se coloca durante la fiesta de la Virgen de la Natividad desde 1991 en la entrada al atrio de la iglesia de este pueblo, el cual desde 1993, se elabora completamente con semillas (Tostado 2005, Quiroz 2015). No obstante, en el arco colocado en 2017 se representaron las actividades que se llevan a cabo en el estado, e incluyó la imagen de un apicultor y sus abejas (figura 7).

Por lo expuesto anteriormente, es evidente que los insectos constituyen una fuente de inspiración para los artesanos del estado. En Tlayacapan se elaboran adornos de hojalata con la forma de hormigas y abejas, en tanto que las mariposas se representan en barro, cerámica o tejidos (Romero-Mata obs. pers.), así como en las capas de los cristianos, personajes que participan en la obra de teatro *Los doce pares de Francia*, que se representa en Yecapixtla desde hace décadas (Blunno 1994).

En el barrio de San Sebastián de Tepoztlán, por su parte, los faroles de sus calles tienen ornamentos de herrería en forma de alacrán, el cual constituye el símbolo del barrio (Menéndez-Acuña obs. pers.).

Los invertebrados también están presentes en la poesía, narraciones y leyendas. El poema *La inventio*, habla de mariposas y otros animales (Chao 2005), en tanto que *Insomnio* hace alusión a los caracoles (Cross 2017). Por otra parte, en la obra *Primavera sin alas*, Sánchez (2005) narra que el disfrutar una caminata entre los jardines de Cuernavaca en la década de 1950, significaba entrar al mundo de las mariposas.

Recientemente, en la antología *El latido de las mariposas* (Gobierno del Estado de Morelos 2011), autoras morelenses ofrecen diversos relatos sobre su vida y problemática, y su título hace alusión a que las mujeres son seres que abren su capullo y despliegan sus alas mediante la escritura.

En la *Leyenda del Tepozteco* (Salazar 2008), se cuenta que una princesa fue preñada por los aires. Cuando



Figura 6. Representación gráfica, en una lona de un comercio local, de los ocho símbolos que representan a cada uno de los barrios del pueblo de Tepoztlán, tres de los cuales son animales invertebrados (hormiga, alacrán y gusano de maguey). Los símbolos restantes son una mazorca, un sapo, un tlacuache, un cacomixtle y una lagartija. Foto: Laura Tatiana Cervantes-Ramírez.

su bebé (Tepoztécal) nació, el padre de la princesa trató de matarlo infructuosamente de diversas maneras. En una de esas ocasiones abandonó al pequeño en un hormiguero para que los insectos lo devoraran. Al día siguiente se dio cuenta de que el niño había sido alimentado por las hormigas, por lo que éste sobrevivió.



Figura 7. Representación de un apicultor y sus abejas en el arco de bienvenida de la iglesia del pueblo de Tepoztlán elaborado con semillas, obra que se renueva en el marco de la fiesta de la Virgen de la Natividad cada 8 de septiembre. Foto: Ariana Romero-Mata.

Otra leyenda de Jojutla (González-Brito obs. pers.) cuenta que un día los burros, tejonos, cerdos y pumas le declararon la guerra a los huachichiles, avispas, abejas y abejorros. Los animales grandes, creyendo que por su tamaño y fuerza vencerían a los insectos, se lanzaron en tropel a atacarlos. Grande fue su sorpresa cuando esos insectos, que son muy enojones, los enfrentaron picándolos con sus agujijones en la base de sus rabos infringiéndoles gran dolor y provocando su huida, de tal modo que demostraron que a pesar de ser pequeños les ganaron por su bravura e inteligencia.

## Conclusiones

La rica y ancestral cultura del estado está estrechamente relacionada con la alta diversidad de animales

invertebrados que éste alberga, pese a su pequeña extensión territorial. En cada región de Morelos las tradiciones, leyendas y creencias se nutren del contacto que desde el pasado prehispánico sus habitantes han mantenido con estos organismos.

Los invertebrados entran a sus casas sin permiso y pueblan sus campos y sus bosques. Se zambullen en sus aguas y surcan sus cielos. A veces son llevados a propósito hasta su cocina y su mesa. Estos seres inspiran sus expresiones artísticas, artesanales y culinarias. Forman parte ineludible de su vida cotidiana y lo hacen enriqueciendo su entorno. Eso pasa en Morelos, como pasa con todos los pueblos del planeta.

Estos pequeños seres demuestran que la biodiversidad es un componente importante de la cultura.

## Agradecimientos

Agradecemos a la señora María del Refugio por permitirnos fotografiar las figurillas del juego del aire que ella elaboró y al personal del Museo de la Mujer de la Ciudad de México por el apoyo brindado. Mariana Sarahí de Almonte Maldonado ofreció información sobre las creencias sobre invertebrados en Cuernavaca y Jiutepec, y la Sra. Martina Sotelo Benítez nos contó sobre los insectos que comía en su niñez. Al M. C. Iván Castellanos-Vargas le agradecemos su apoyo técnico, a Melisa Medina Alvarado la revisión del manuscrito y a María Fernanda Martínez Velarde la búsqueda de información.

## Referencias

- Álvarez, L. 1987. *La enfermedad y la cosmovisión en Hueyapan, Morelos*. Instituto Nacional Indigenista, México.
- Ambrosio Arzate, G.A. 2013. *La recolección de escamoles (Liometopum apiculatum M.) en el corredor gastronómico del municipio de Teotihuacán, Estado de México*. Tesis de maestría en agroindustria rural, desarrollo territorial y turismo agroalimentario. Unidad San Cayetano-Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca.
- Barbosa, A. 2005. *Cerámica de Tlayacapan, estética e identidad cultural*. Ediciones Mínimas, Cuernavaca.
- Barrera, A. y A. Hoffmann. 1981. Notas sobre la interpretación de los artrópodos citados en el tratado cuarto, historia de los insectos de la Nueva España, de Francisco Hernández. *Folia Entomológica Mexicana* 49: 27-34.
- Blunno, M. 1994. Prólogo. El teatro campesino tradicional en Morelos. En: *Los doce pares de Francia. Historia para teatro campesino en tres noches*. GEM/Porrúa, Cuernavaca, pp. 7-14.
- Bonilla, E.A., P.A. Domínguez, A. Martínez et al. 2010. *Criadero de caracoles Helix aspersa*. Tesina de ingeniero emprendedor. ESIME Unidad Culhuacán-IPN, México.
- Boyas-Delgado, J.C., M.A. Cervantes-Sánchez, J.M. Javelly-Gurria et al. 2001. *Diagnóstico forestal del estado de Morelos*. SAGARPA/INIFAP/ Fundación Produce Morelos, A.C., Morelos.
- Brusca, C.R. y G.J. Brusca. 2003. *Invertebrates*. Sinauer Associates, Massachusetts.
- Chao, A. 2005. La inventio. *Inventio, la génesis de la cultura universitaria en Morelos* 1:73-74.
- Corona, E. 2014. Relieves con motivos zoomorfos en Xochicalco, Morelos. *Revista Archaeobios* 8:17-25.
- Cross, E. 2017. Insomnio. *Inventio, la génesis de la cultura universitaria en Morelos* 29:73-76.
- De la Fuente, B. 1995. Xochicalco: una cima cultural. En: *La acrópolis de Xochicalco*. B. De la Fuente, S. Garza, N. González et al. (eds.). Instituto de Cultura de Morelos, México, pp. 145-210.
- Figueroa, M. y B. Baronnet. 2015. *Inon xomiltepetl*, un relato nahua renahuatizado del municipio de Temixco, Morelos. *Tlalocan* 20:173-192.
- Flores, I. y V. Flores. 1997. *Anales de Tepoztlán: la portada de semillas de Tepoztlán en 1997*. En: <<http://docfilm.com/site/tepoztlan/portada1997.html>>, última consulta: 3 de marzo de 2018.
- Garza, M.I. 2014. Historia de la entomología médica en México. *Artrópodos y Salud* 1:6-13.
- Garza, S. 1995. Xochicalco. En: *La acrópolis de Xochicalco*. B. De la Fuente, S. Garza, N. González et al. (eds.). Instituto de Cultura de Morelos, México, pp. 89-144.
- Gobierno del Estado de Morelos. 2011. *El latido de las mariposas: antología*. Instituto de Cultura de Morelos, Cuernavaca.
- Granados, B. y S. Cortés. 2009. Juego de aire: relatos, mitos e iconografía de un ritual curativo en Tlayacapan. *Revista de Literaturas Populares* 2:388-407.
- Hernández, F. 2015. *Obras completas de Francisco Hernández*. En: <<http://www.franciscohernandez.unam.mx/home.html>>, última consulta: 20 de febrero de 2018.
- Huicochea, L. 1997. *Yeyecatl-Yeyecame*. Petición de lluvia en San Andrés de la Cal. En: *Graniceros. Cosmovisión y meteorología indígenas de Mesoamérica*. B. Albores y J. Broda (eds.). UNAM, México, pp. 233-254.
- Juárez, A. 2010. *Los aires y la lluvia. Ofrendas de San Andrés de la Cal, Morelos*. Gobierno del Estado de Veracruz, Xalapa.
- Melgar-Tisoc, E. 2005. Los materiales de concha en el Morelos prehispánico. *El Tlacuache. Suplemento cultural La Jornada Morelos/Centro INAH Morelos* 172:1-4.
- Michán, L. y J. Llorente. 2002. Hacia una historia de la entomología en México. En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento*. Vol. III. J. Llorente-Bousquets y J. Morrone (eds.). Facultad de Ciencias-UNAM, México, pp. 3-52.
- Mitsuhashi, J. 2017. *The edible insects of the world*. CRC Press, Boca Ratón.
- Muñiz, R. 2001. Restos de insectos antiguos recuperados en la cueva "La Chagüera" del estado de Morelos, México. *Acta Zoológica Mexicana* 83:115-125.
- Pechenik, J.A. 2000. *Biology of the invertebrates*. McGraw-Hill, Nueva York.
- Pinkus-Rendón, M.A. 2010. El hombre y los artrópodos: un vínculo inalienable. *Península* 5:81-100.

- Pino-Moreno, J.M., A. García, S.D. Barreto y E.O. Martínez. 2016. Utilization and trade of edible grasshoppers in the western region of the state of Morelos, Mexico. *Journal of Insects as Food and Feed* 2(1):27-36.
- Price, P.W., R.F. Denno, M.D. Eubanks et al. 2011. *Insect ecology. Behavior, populations and communities*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Quiroz, L.E. 2015. Tepoztlán, Morelos. Conformación socio espacial de un pueblo en resistencia. En: *Pueblos mágicos: una visión interdisciplinaria*. L. López, C. Valverde, A.M. Fernández y M.E. Figueroa (coords.). Facultad de Arquitectura-UNAM, México, pp. 87-106.
- Ramos-Elorduy, J. 1987. *Los insectos como fuente de proteínas en el futuro*. Limusa, México.
- Ramos-Elorduy, J. y J.M. Pino-Moreno. 1989. *Los Insectos comestibles en el México antiguo*. AGT Editor, México.
- . 2001. Contenido de vitaminas de algunos insectos comestibles de México. *Journal of the Mexican Chemical Society* 45:66-76.
- . 2004. Los Coleoptera comestibles de México. *Anales del Instituto de Biología-UNAM. Serie Zoología* 75:149-183.
- Ramos-Elorduy, J. y J.L. Viejo. 2007. Los insectos como alimento humano: breve ensayo sobre la entomofagia, con especial referencia a México. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural, Sección Biología* 102(1-4):61-84.
- Reyes, H., J.M. Pino-Moreno y A. García. 2015. Estudio etnoentomológico de la "cuetla" (*Arsenura armida* c. 1779) (Lepidoptera: Saturniidae) en la región oriente del estado de Morelos. *Entomología Mexicana* 2:749-755.
- Rubio, J.M. 2001. *Insectos comestibles, alimento sustentable para las comunidades del estado de Morelos*. Informe de servicio social. UAM-X, México.
- Sáenz, C. 1963. Exploraciones en la pirámide de las serpientes emplumadas, Xochicalco. *Revista Mexicana de Estudios Antropológicos* 19:7-25.
- Salazar, A.M. 2008. El teponaztli nana de Tepoztlán y su hijo en San Juan Atzingo. *Estudios de Cultura Otopame* 6:214-223.
- Saldaña, M.C. 2011. Visión del mundo y ritual de los pueblos de tradición cultural nahua desde el poniente de Morelos. En: *Los pueblos nahuas de Morelos. Atlas etnográfico*. L.M. Morayta (ed.). INAH, México, pp. 185-213.
- Sánchez, M. 2005. Primavera sin alas. *Inventio, la Génesis de la Cultura Universitaria en Morelos* 1:29-34.
- Schowalter, T.D. 2011. *Insect ecology. An ecosystem approach*. Elsevier Academic Press, Amsterdam.
- Tostado, M. 2005. La alegría de la fiesta en Tepoztlán. Portada de Semillas, un regalo a la Virgen de La Natividad. *El Tlacuache, Suplemento cultural de La Jornada Morelos/Centro INAH Morelos* 183:1-4.
- Tovar, R. y C. Alvarado. 2010. Xochitepec. Una propuesta de desarrollo turístico cultural integral. *El Periplo Sustentable* 19:93-121.
- Tovar-Hernández, M.A. 2016. *Riesgo de introducción de moluscos para acuarismo y mascotas a México*. Informe final de actividades presentado a la CONABIO y al PNUD. Geomare, A.C., Mazatlán.
- Villazana, P. 2011. Danza de los tetelcingas. En: *Los pueblos nahuas de Morelos: Atlas etnográfico*. L.M. Morayta (ed.). INAH, México, pp. 52-54.
- Zolla, C. 2015. Cronología. En: <<http://www.franciscohernandez.unam.mx/cronologia.html>>, última consulta: 20 de febrero de 2018.

**DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA**



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

8 · Diversidad de vertebrados

**DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA**



## Resumen ejecutivo. Diversidad de vertebrados

José Antonio Guerrero Enríquez y Esmeralda Urzua Vázquez

Los animales vertebrados se caracterizan por poseer tres partes del cuerpo (cabeza, tronco y extremidades), tener un esqueleto interno óseo (que da estructura y protección), y una columna vertebral (que da nombre al grupo) formada por huesos llamados vértebras. Se dividen en cinco grupos: peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos.

Los vertebrados tienen importancia para el ser humano como: alimento, medicinal o mascotas. En los ecosistemas éstos son parte de las cadenas y redes tróficas, y muchos de ellos son controladores de plagas.

La información compilada en esta sección permite señalar que para Morelos se tienen documentadas un total de 703 especies de vertebrados, que representan 53.2% a nivel nacional. Esta diversidad se debe a que en el estado se conjugan los elementos de la región Neártica y Neotropical, además de que la variación altitudinal genera una gama de climas y tipos de vegetación.

De manera general, la fauna de peces la conforman organismos de pequeña talla, no mayores de 12 cm, únicamente el bagre del Balsas es de talla mayor y alcanzar hasta un metro de longitud. El grupo de los peces es el menos diverso, con 31 especies (11 de ellas nativas) pertenecientes a 11 familias y 24 géneros, de las cuales tres especies están incluidas en los listados de la NOM-059-SEMARNAT-2010. Destaca la familia Cyprinidae que contiene al género *Notropis*, que a su vez incluye a la carpita de Morelos (*N. boucardi*) que es una especie endémica de la entidad.

Por su parte, los anfibios se caracterizan por tener piel desnuda (sin escamas, pelo o plumas), que utilizan para el intercambio gaseoso (similar a los pulmones de vertebrados). Para la entidad se reportan 38 especies clasificadas en 11 familias y 22 géneros. En especial, las familias Hylidae y Bufonidae son las mejor representadas del grupo con ocho y seis especies, respectivamente. De acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010, son 14

especies las que se encuentran bajo algún estatus de protección. Este grupo de vertebrados es importante en los ecosistemas debido a que consumen grandes cantidades de artrópodos (insectos, arañas, alacranes) que podrían llegar a constituir plagas.

En el caso de los reptiles, tienen el cuerpo cubierto de escamas que evitan la pérdida excesiva de agua. Se registran 91 especies en Morelos, agrupadas en 21 familias y 50 géneros. La familia de las culebras (Colubridae) es la más diversa con 21 especies y 15 géneros, seguida de la familia de lagartijas Phrynosomatidae con 17 especies y tres géneros. El género *Sceloporus* (lagartijas comúnmente llamadas chintetes) es el que mayor diversidad presenta, con un total de 13 especies. De todas las especies reportadas para la entidad, la mayoría (62.7%) se distribuyen al sur en la selva baja caducifolia y las áreas de cultivo.

Dentro del grupo de los reptiles, 45 especies (49.4%) se encuentra bajo algún estatus de protección de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010. Ecológicamente, éstos son importantes como reguladores de plagas (roedores en zonas agrícolas), como alimento (iguana negra *Ctenosaura pectinata*) debido a su contenido proteico y medicinal. Ejemplo de ello, son las serpientes de cascabel del género *Crotalus*, que se capturan y consumen en forma de cápsulas para curar el cáncer, aunque a la fecha no hay evidencia científica que respalde este mito.

Las aves presentan un cuerpo cubierto por plumas, sus huesos son huecos y fusionados para formar las alas, además de carecer de dientes. Este grupo de incluye a 430 especies agrupadas en 65 familias. Las familias más diversas son: Tyrannidae (37 especies), Parulidae (36), Passerellidae (26) y Trochilidae (21). De acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010, 33 especies están sujetas a protección especial, 19 amenazadas y siete en peligro de extinción.

Guerrero, J.A. y E. Urzua-Vázquez. 2020. Resumen ejecutivo. Diversidad de Vertebrados. En: *La biodiversidad en Morelos. Estudio de Estado 2*. Vol. II. CONABIO, México, pp. 273-274.

La mayoría de las especies que se encuentran en Morelos se registran en la selva baja caducifolia, el bosque ripario y el bosque de pino-encino. Las aves participan en el control de algunas plagas agrícolas, son polinizadoras de una gran cantidad de plantas y también ayudan en la dispersión de semillas.

Respecto al grupo de los mamíferos, éstos se caracterizan por tener el cuerpo cubierto de pelo y glándulas mamarias que producen leche para alimentar a sus crías. Para la entidad, se tiene un registro de 113 especies agrupadas en ocho órdenes, 21 familias y 71 géneros. De acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010, 13 especies están bajo alguna categoría de protección.

La familia Cricetidae es la más diversa con 24 especies de ratas y ratones, seguida de la familia Phyllostomidae (20) y Vespertilionidae (18). Los géneros con mayor diversidad son *Peromyscus* (ratones) con siete especies y *Myotis* (murciélagos) con seis especies. Las regiones ecológicas donde se concentra la mayor riqueza de mamíferos son principalmente en Sierra del Chichinautzin y Valle de Cuauhnáhuac.

Estos animales son dispersores de semillas, polinizadores, depredadores y controladores de plagas, interviniendo en una gran cantidad de procesos ecológicos dentro de los ecosistemas que habitan.

Entre los principales factores de presión que enfrentan los vertebrados se encuentran la pérdida del hábitat, ya sea por cambios de uso del suelo (por expansión de zonas agrícolas y zonas urbanas, o incendios forestales), el cambio climático, la contaminación (que tiene un alto impacto en poblaciones de peces), la caza furtiva y la extracción de organismos como mascotas.

Una de las estrategias de conservación con mayor impacto sobre la riqueza de especies es el establecimiento

de áreas naturales protegidas (ANP). En Morelos están decretadas 14 (cinco federales, siete estatales y dos municipales), las cuales protegen una superficie de 118 443.32 ha, que representa 23.88% del territorio estatal. Sin embargo, la falta de programas de manejo y la implementación de los mismos en algunas de ellas, aunado a la falta de personal que realice labores de gestión y vigilancia al interior de las ANP, provocan que los objetivos de conservación para los que fueron decretadas no se logren por completo.

Otra estrategia para la conservación de las especies son las unidades de manejo y conservación de la vida silvestre (UMA). En 2016 la Dirección General de Vida Silvestre de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) reportó 54 UMA extensivas registradas, que abarcan una superficie de 69 250 ha.

A pesar de haber transcurrido más de 12 años del primer Estudio de Estado en Morelos, es evidente que aún quedan vacíos importantes de información (véase *Análisis de la riqueza de vertebrados en Morelos* en esta obra), tanto en el conocimiento de la biología y ecología de grupos taxonómicos poco conocidos, como en sitios poco explorados como las regiones ecológicas Popocatepetl y Valle Agrícola de Axochiapan, lo cual evidencia la necesidad de fortalecer la investigación científica enfocada en la biodiversidad de la entidad.

Esta obra compila información generada durante décadas de investigación en Morelos con la ayuda de 30 investigadores y expertos adscritos a siete dependencias de educación superior y de gobierno. En esta sección se dará una breve descripción de cada uno de los grupos, se hablará de su diversidad, distribución, importancia, así como de su situación y estado de conservación.

# Ictiofauna

Einar Topiltzin Contreras MacBeath, Humberto Mejía Mojica, Mara Erika Paredes Lira, Gabriela Beltrán López y Norman Mercado Silva

En este capítulo se detalla brevemente al grupo de peces que habitan en aguas de Morelos. Se consideran aspectos de sus afinidades biogeográficas y ecológicas, el origen de la composición actual de especies, la importancia que éstas tienen desde diversos puntos de vista, y se detallan algunas consideraciones de su estado de conservación, así como propuestas de estrategias para su conservación y manejo sustentable.

## Descripción

Existe una gran diversidad de caracteres y adaptaciones en las especies de peces. A diferencia de los otros grupos de vertebrados, entre las características morfológicas que les diferencian están la presencia de aletas, escamas, branquias y la forma cilíndrica del cuerpo.

Específicamente, la forma del cuerpo es alargada y cilíndrica, su diámetro se reduce hacia la cabeza y la cola, lo que facilita su movimiento a través del agua. La mayor parte de los peces tienen escamas de diversas formas que protegen su piel, aunque están ausentes en algunos grupos. Las branquias son los órganos utilizados para la respiración en el agua. Entre 40 y 65% de la masa de un pez es tejido muscular (Paxton y Eschmeyer 2003).

Los peces dulceacuícolas son vertebrados que están toda o una parte importante de su vida en aguas interiores o en las aguas salobres de estuarios. Esta definición incluye a todos los peces primarios (intolerantes a la salinidad o estenohalinos) como las carpas, carácidos y cíclidos; y a los peces secundarios (tolerantes a la salinidad o eurihalinos) como salmones, anguilas, algunas rayas y peces sierra.

## Diversidad y distribución

De la totalidad de las especies (54 700) de vertebrados reconocidas por Nelson (2006), 51% corresponde solamente al grupo de peces, el porcentaje restante se compone de las especies de anfibios, reptiles, aves y mamíferos. Sin embargo, esta proporción ha cambiado en los últimos 10 años, ya que de 2007 a 2016 se enlistan 4 139 nuevas especies de peces (Miksik y Schralm 2018). A pesar de que el agua dulce representa apenas 0.03% del total existente, casi 50% de las especies de peces reportados son dulceacuícolas (Reid *et al.* 2013).

De acuerdo con Llorente-Bousquets y Ocegueda (2008), en México existen 2 692 especies considerando dulceacuícolas, estuarinas y marinas. De éstas, 616 especies se consideran como dulceacuícolas, de las cuales 264 son endémicas a México (Contreras-MacBeath *et al.* 2014). Además, existen 115 consideradas exóticas (Miller *et al.* 2009).

Los primeros estudios relacionados con peces de Morelos datan de la segunda mitad del siglo XIX, cuando Seth Günther publicó las descripciones de la carpita de Morelos (*Notropis boucardi*) y la carpita azteca (*Aztecula sallei*; Günther 1862, 1868). Posteriormente a finales del mismo siglo, Jordan y Snyder (1899) describieron al bagre del Balsas (*Ictalurus* -antes *Istlarius- balsanus*) y la mojarra nativa (*Cichlasoma istlanum*) a partir de ejemplares colectados en el municipio de Puente de Ixtla.

A principios del siglo XX, Meek (1904) describió al mexcalpique del Balsas (*Ilyodon whitei*) y al mexcalpique Zempoala (*Girardinichthys multiradiatus*).

En 1985 se creó el Laboratorio de Ictiología del Centro de Investigaciones Biológicas de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos con su respectiva colección ictiológica. Fue a partir de entonces que se iniciaron los muestreos sistemáticos en los cuerpos de agua de la entidad (Contreras-MacBeath *et al.* 1985, 1998, Mejía-Mojica 1991, Contreras-MacBeath 1995, Mejía-Mojica *et al.* 2015), y posteriormente se realizaron estudios relacionados con la biología de las especies (Contreras-MacBeath 1989, 1990, Contreras-MacBeath y Díaz-Pardo 1990, Díaz-Rojas y Díaz-Pardo 1991, Mejía-Mojica 1991, Mejía-Mojica y Díaz-Pardo 1991, Contreras-MacBeath y Ramírez 1996, Trujillo-Jiménez y Díaz-Pardo 1996, Trujillo 1998).

La ictiofauna del estado es un reflejo del manejo que se le ha dado a los ecosistemas acuáticos y en general al recurso hídrico en la entidad. De tal manera que, se compone de 31 especies, 20 de las cuales son exóticas, 10 nativas y una endémica (apéndice 48).

Específicamente, las 20 especies exóticas fueron introducidas por diferentes razones. Diez de ellas (carpa koi, limpia vidrios, pez diablo, guppy, cola de espada, platy, convicto, terror verde, cíclido joya y cíclido boca de fuego), se utilizan como parte de la actividad de la acuicultura ornamental (figura 1), debido a que Morelos ocupa el primer lugar en producción de peces de ornato. Otras siete especies (platilla, carpa común,

cuatete, trucha arcoíris, mojarra de agallas azules, lobina y tilapia) se utilizan para fomentar la acuicultura extensiva. Sin embargo, las tres restantes (jarocho, pintos y cíclido texano) se introdujeron accidentalmente como resultado de la actividad de acuicultura.

Debido que dos terceras partes de la fauna íctica existente en Morelos es resultado de las actividades productivas (20 exóticas de 31 existentes), en el presente trabajo se decidió dar énfasis a las poblaciones que de manera natural habitan en la entidad. Por ello, en ese sentido se hace el análisis de la diversidad y la distribución del grupo en esta sección.

En Morelos se tienen registradas 11 especies nativas de peces agrupadas en nueve géneros y siete familias; la más diversa es Cyprinidae (3 especies), seguida de Poeciliidae (2) y Goodeidae (2), mientras que el resto presentan una sola especie (apéndice 48).

Si bien la diversidad en cuanto al número de especies es relativamente baja, la composición de las familias que incluye representantes de origen Neártico (Cyprinidae e Ictaluridae), Neotropical (Characidae, Poeciliidae y Cichlidae), del Altiplano Mexicano (Goodeidae) y de origen marino (Atherinopsidae) da cuenta de una enorme riqueza y resalta la compleja historia evolutiva ocurrida a través de tiempos geológicos en el territorio que ahora ocupa el estado, dada su ubicación en la parte central del Eje Neovolcánico Transversal.



Figura 1. La especie terror verde (*Andinoacara rivulatus*) es originaria de Sudamérica y fue introducida a Morelos como pez de ornato. Foto: Topiltzin Contreras-MacBeath.

La mayor parte del territorio morelense se encuentra enclavado en la cuenca del río Balsas, de tal forma que la mayoría de las especies que se distribuyen de manera natural en la entidad, tienen afinidad con dicha cuenca (*Notropis boucardi*, *N. moralesi*, *Astyanax mexicanus*, *I. balsanus*, *Atherinella balsana*, *I. whitei*, *Poecilia maylandi*, *Poeciliopsis balsas* y *C. istlanum*) y sólo unas pocas tienen afinidad con la cuenca del río Lerma (*Aztecuela sallei* y *Girardinichthys multiradiatus*).

Respecto a la distribución, debido a las características de los ecosistemas acuáticos de Morelos, que tienen aguas templadas y cristalinas hacia el norte y cálidas y relativamente turbias desde el centro y hacia el sur (Contreras-MacBeath y Ríos-Szalay 2010), las especies de afinidad Balseana se distribuyen en las zonas centro y sur del estado, mientras que las Lermenses están restringidas a los Lagos de Zempoala, al norponiente de la entidad.

La única especie de vertebrado endémica a Morelos es la carpita de Morelos (*N. boucardi*) que se distribuye en la zona de barrancas de Cuernavaca y en el manantial de Hueyapan en el vecino municipio de Jiutepec (Contreras-MacBeath y Rivas 2007).

## Importancia

Reid y colaboradores (2013) hicieron un análisis detallado de los valores nutricionales, de salud, económicos,

recreacionales, científicos, históricos, culturales y ecológicos que tienen los peces, como una manera de impulsar su conservación.

Los peces son importantes en la dinámica de los ecosistemas acuáticos, al ser un componente fundamental en las cadenas tróficas, independientemente de su tamaño. Holmlund y Hammer (1999), demostraron la función de estos vertebrados en la regulación de la dinámica de las redes tróficas, en la regulación de los procesos de sedimentación, en los flujos de carbono, además de que algunos se identificaron como enlaces entre ecosistemas. En este sentido, por tener una distribución natural y ser parte fundamental de los ecosistemas de Morelos, las 11 especies nativas tienen importancia ecológica.

Existen tres especies nativas que se utilizan para autoconsumo, la más importante es la mojarra criolla (*Cichlasoma istlanum*), mientras que las platillas (*Astyanax mexicanus*, figura 2) y el mexcalpique de Zempoala (*G. multiradiatus*) se consumen con menor frecuencia. Existen además tres especies que provienen del acuarismo (*Pterygoplichthys disjunctivus*, *P. pardalis* y *Andinoacara rivulatus*) que se empiezan a consumir de manera local (Paredes-Lira 2013).

Otras cuatro especies se consumen localmente, específicamente *Oreochromis mossambicus*, *Cyprinus carpio* e *Ictalurus punctatus*, tienen importancia comercial y se introdujeron desde la década de los setenta



**Figura 2.** Las platillas (*Astyanax mexicanus*) también se les conoce como sardinitas mexicanas, las cuales, existen poblaciones que habitan en cuevas. Foto: Topiltzin Contreras-MacBeath.

como parte de programas gubernamentales de acuicultura extensiva (Ramírez *et al.* 2010); mientras el bagre del Balsas (*I. balsanus*, figura 3) es la única especie nativa con valor comercial. Lara (1997), analizó la pesquería de esta especie y determinó que en un tramo de 60 km del río Amacuzac, se pescan aproximadamente 12 t/año, lo que representa 200 kg mensuales por km de río. Por su parte Domínguez (2015), encontró que tan sólo en la comunidad Xicatlacotla, la producción pesquera de bagre en un año es de 2 665 kg, sin embargo, hace énfasis en que parte de la producción proviene del bagre de canal (*I. punctatus*), que es una especie exótica.

Por otra parte, Mejía-Mojica (2007) encontró que cuatro especies (*Poeciliopsis gracilis*, *P. maylandi*, *Pseudoxiphophorus bimaculatus* y *Xiphophorus hellerii*), están sujetas a una importante pesquería de peces forrajeros, dentro de la que se pescan aproximadamente 12 millones 400 mil organismos por año con un valor de 1 176 000 pesos. Estos se venden en los grandes mercados de peces ornamentales en la Ciudad de México. El mayor volumen de captura corresponde a *P. gracilis* (66%), seguido del Poecilido nativo conocido como repotete (*P. maylandi* (28%), *P. bimaculatus* (5%) y *X. hellerii* (1%).

Existen dos especies, la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) y la lobina (*Micropterus salmoides*), cuyo principal uso es el de la pesca deportiva y que, si bien tienen un enorme potencial en Morelos, éste se ha desarrollado de manera incipiente. En este mismo caso se encuentra

la mojarrita de agallas azules (*Lepomis macrochirus*), que se introdujo al lago de Tequesquitengo pero que nunca ha sido explotada para ese fin.

Existe un grupo de siete especies que provienen del acuarismo, cuyas poblaciones de vida libre no tienen un uso aparente en Morelos (*Amatitlania nigrofasciata*, *Carassius auratus*, *Poecilia reticulata*, *Xiphophorus variatus*, *Hemichromis bimaculatus*, *Herichthys cyanoguttatus* y *Thorichthys maculipinnis*). Por último, está el caso de la platilla (*Dorosoma petenense*) que fue introducida en Tequesquitengo y que tampoco tiene uso alguno.

### Situación y estado de conservación

Tres de las diez especies nativas se encuentran en riesgo. La situación más extrema es la del repotete (*P. balsas*), que si bien no se enlista en la NOM-059-SEMARNAT-2010, ha sido extirpada de Morelos. El último registro de esta especie para la entidad data de 1985, cuando fue colectada en el manantial Las Pilas del municipio de Jonacatepec (Contreras-MacBeath *et al.* 1998). Para 1990, el pequeño ojo de agua en el que habitaba *P. balsas* fue convertido en una alberca, con lo que desapareció de la última localidad en la que existía dentro de la entidad.

La única especie endémica del estado, la carpita de Morelos (*Notropis boucardi*), de acuerdo a la NOM-059 (SEMARNAT 2010), está catalogada como amenazada (A), principalmente por la degradación y destrucción de su



Figura 3. El bagre del Balsas (*Ictalurus balsanus*) puede llegar a pesar hasta 17 kg. Foto: Topiltzin Contreras-MacBeath.

hábitat, a causa del crecimiento del área urbana de la ciudad de Cuernavaca y la consecuente contaminación de los arroyos y manantiales en donde habitaba, así como por la presencia de especies invasoras que la depredan (Contreras-MacBeath y Rivas 2007).

Por su parte la carpita Tepelneme (*N. moralesi*) es considerada por la NOM-059 (SEMARNAT 2010) bajo protección especial (Pr), a pesar de ser una especie de amplia distribución, que abarca localidades altas de las cuencas del Balsas, Papaloapan y Atoyac (Schönhuth y Doadrio 2003, Miller 2005).

Si bien la pérdida de especies es la peor de las situaciones, también la reducción o pérdida de poblaciones es una situación que afecta al funcionamiento de los ecosistemas (Dirzo *et al.* 2014). En este sentido, las poblaciones de diversas especies nativas se encuentran diezmadas a causa de diversos factores.

Un ejemplo de lo anterior es el caso de la carpita azteca (*Aztecula sallaei*), que únicamente habita en el lago de Tonatiahua del Parque Nacional Lagunas de Zempoala, y cuya población es muy reducida debido a la presencia de especies invasoras como truchas y carpas.

Lo mismo encontraron diversos autores (Mercado-Silva *et al.* 2002, Trujillo-Jiménez *et al.* 2010, Domínguez 2015, Mejía-Mojica *et al.* 2015), para especies nativas en el río Amacuzac, donde dominan poblaciones de especies invasoras vivíparas como *Poeciliopsis gracilis* y *Heterandria bimaculata*, mientras que las nativas son poco abundantes.

## Factores de presión

Desafortunadamente, las actividades humanas afectan severamente la condición de los ecosistemas dulceacuícolas de todo el planeta, lo cual genera una reducción considerable de su capacidad para sostener su biodiversidad natural. De tal manera que, muchas poblaciones están declinando rápidamente y han ocurrido numerosas extinciones a nivel global y en México (Revenga *et al.* 2000, MA 2005, Abell *et al.* 2008, Díaz-Pardo *et al.* 2016).

Se sabe que las tasas de declinación de la biodiversidad dulceacuícola son mucho mayores que las que ocurren actualmente en los ambientes terrestres y marinos (Ricciardi y Rasmussen 1999). Como se describió anteriormente, Morelos no está exento de tal situación, de hecho, es un reflejo de la misma.

De acuerdo a la clasificación de amenazas de Salafsky *et al.* (2008), las actividades humanas que son las causantes de provocar la desaparición, el riesgo o la amenaza de las especies de peces de agua dulce de Morelos son: la construcción de presas y modificaciones a los cursos naturales del agua, la sobre explotación de acuíferos, la contaminación, la introducción de especies exóticas, la sobre pesca y aquellas asociadas a la acuicultura ornamental y extensiva.

## Acciones para su conservación

En Morelos se han realizado acciones para mejorar la situación de los ecosistemas dulceacuícolas y por consiguiente la reducción de las amenazas hacia los peces. Como ejemplo, se tiene el incremento en el volumen de efluentes urbanos e industriales que son tratados para eliminar contaminantes. De acuerdo con datos recientes de la Comisión Estatal del Agua (CEAGUA 2017), en el estado existen 155 plantas de tratamiento de aguas residuales, tanto públicas, como privadas, lo que significa 56 más a lo observado en 2012. De igual manera, la eficiencia se incrementó sustancialmente, al alcanzar niveles cercanos a 60% en 2016, cuando en 2012 se tenían niveles de 37%. Las plantas de tratamiento existentes en Morelos trabajan para sanear 61% del total de las aguas residuales.

Con relación a la disponibilidad del agua, mediante la implementación del ordenamiento ecológico del territorio se han protegido las principales zonas de captación de las diferentes cuencas (véase *Esfuerzos intersectoriales para la gestión ambiental (mainstreaming)* en esta obra).

Asimismo, la CEAGUA en colaboración con la Secretaría de Desarrollo Agropecuario desarrollaron un ambicioso programa para el uso eficiente del agua en las actividades agropecuarias, y se protejan los acuíferos. Entre los resultados, destaca el rescate del acuífero Tepalcingo-Axochiapan (CEAGUA 2017), lo cual posibilita el mantenimiento del caudal ecológico.

Respecto a las acciones específicas de conservación dirigidas hacia peces de la entidad, destaca el caso de la carpita de Morelos (*Notropis boucardi*), cuya población ha sido recuperada gracias a su reintroducción en el arroyo del Parque Estatal Barranca de Chapultepec (Contreras-MacBeath *et al.* 2016; véase *La creación de un santuario para la carpita morelense (Notropis boucardi)* en esta obra).

## Conclusiones y recomendaciones

Con base en lo descrito anteriormente, es evidente la poca atención que se tiene al manejo sustentable de los ecosistemas acuáticos, situación que no es exclusiva de Morelos, ni de México, ya que algo similar se ha descrito a nivel global, donde los peces son vistos más como un recurso que como fauna silvestre o como un componente importante de los ecosistemas (Reid *et al.* 2013).

Esto hace evidente la necesidad de consolidar una estrategia integral para la conservación y el manejo sustentable de los peces de agua dulce y en términos generales de los ecosistemas acuáticos de la entidad.

Dicha estrategia específica, deberá estar alineada con las estrategias nacional (CONABIO 2000) y estatal (Contreras-MacBeath y Ríos 2010) de biodiversidad y con otras como la de especies invasoras (Comité Asesor Nacional Sobre Especies Invasoras 2010). Está deberá de considerar:

1. Acciones para la recuperación de especies como el repotete (*P. balsas*).
2. Erradicación de especies invasoras donde existan especies amenazadas como la carpita azteca (*A. sallei*).
3. Prohibición de la introducción de especies como el cuatete (*I. punctatus*), que pueden hibridar con el bagre del Balsas (*I. balsanus*).
4. Manejar sustentablemente las pesquerías donde se establezcan cuotas de pesca y tallas mínimas de captura (Paredes-Lira 2013), y se promueva la pesca deportiva de especies con esa vocación, como una manera de control y de generar ingresos para las comunidades locales (Ramírez 2010).
5. Promover y potenciar las pesquerías poco convencionales como las de especies forrajeras (Mejía-Mojica 2007).

La estrategia deberá contar con un importante componente de investigación y monitoreo, además de una estrategia de comunicación que permita generar empatía hacia los peces de agua dulce y hacia los ecosistemas acuáticos morelenses.

En años recientes ha surgido un movimiento global relacionado con el optimismo en la conservación que llevó a un primer encuentro global en Londres, Inglaterra en 2017. Dicho movimiento busca cambiar el diálogo pesimista que ha dominado al discurso de la conservación

de la biodiversidad. Revisiones como las de Buchart *et al.* (2006), Hoffman *et al.* (2010) y Langhammer *et al.* (2017) demuestran que las acciones de conservación si funcionan y que las especies se pueden recuperar.

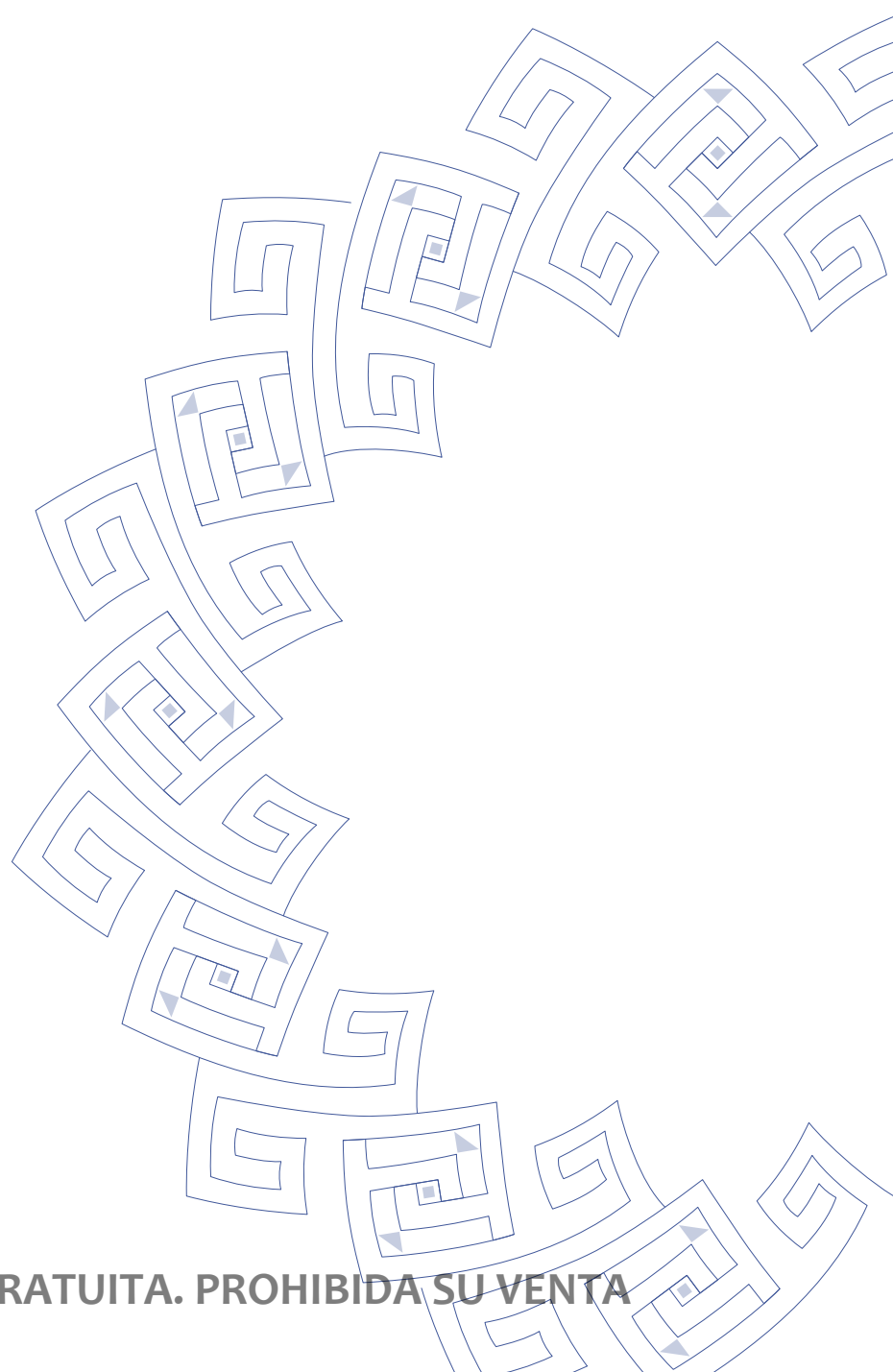
## Referencias

- Abell, R., M.L. Thieme, C. Revenga *et al.* 2008. Freshwater ecoregions of the world: A new map of biogeographic units for freshwater biodiversity conservation. *BioScience* 58(5):403-414.
- Butchart, S.H., A.J. Stattersfield y N.J. Collar. 2006. How many bird extinctions have we prevented? *Oryx* 40(3):266-278.
- CEAGUA. Comisión Estatal del Agua. 2017. *Estadísticas del agua en el estado de Morelos, 2017*. CEAGUA. Gobierno del Estado de Morelos. En: <<http://ceagua.morelos.gob.mx/node/108>>, última consulta: 17 de febrero de 2018.
- Comité Asesor Nacional Sobre Especies Invasoras. 2010. *Estrategia nacional sobre especies invasoras en México. Prevención, control y erradicación*. CONABIO/CONANP/SEMARNAT, México.
- CONABIO. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2000. *Estrategia nacional sobre biodiversidad de México*. CONABIO, México.
- Contreras-MacBeath, T. 1989. Early development and the environment of *Cichlasoma istlanum* (Jordan y Snyder) in a Mexican riverine system. *Bounbarsche Bulletin* 13:14-17.
- . 1990. Algunos aspectos reproductivos de *Notropis boucardi* (Pisces:Cyprinidae). *Universidad, Ciencia y Tecnología* 1(1):33-36.
- . 1995. Ecosistemas acuáticos del estado de Morelos con énfasis en los peces. *Ciencia y Desarrollo* 21(122):42-51.
- Contreras-MacBeath, T. y E. Díaz-Pardo. 1990. Primeros estadios ontogénicos de *Cichlasoma istlanum* (Pisces:Cichlidae). *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas* 33:85-101.
- Contreras-MacBeath, T., A. Díaz-Rojas, H.M. Mejía y M.S. Villaseñor. 1985. *Colección Ictiológica. Investigaciones en proceso II*. UAEM, Cuernavaca.
- Contreras-MacBeath, T., H.M. Mejía y R.W. Carrillo. 1998. Negative impact on the aquatic ecosystems of the state of Morelos from introduced aquarium and other commercial fish. *Aquarium Sciences and Conservation* 2:1-12.
- Contreras-MacBeath, T., H.M. Mojica, M.R. González e I.P. Chino. 2016. Re-introduction of the Morelos minnow in the "Barranca de Chapultepec" protected area, Cuernavaca, Morelos, Mexico. En: *Global Re-introduction Perspectives: 2016. Case-studies from around the globe*. P.S. Soorae (ed.). Reintroduction Specialist Group-IUCN/ Abu Dhabi Editores, Gland, pp. 25-29.
- Contreras-MacBeath, T. y H.E. Ramírez. 1996. Some aspects of the reproductive strategy of *Poeciliopsis gracilis* (Osteichthyes: Poeciliidae)



- in the Cuautla river, Morelos, México. *Journal of Freshwater Ecology* 11:327-338.
- Contreras-MacBeath, T. y A. Ríos-Szalay. 2010. *Biodiversidad en Morelos*. Lunwerg Editores, Barcelona.
- Contreras-MacBeath, T. y J.M. Rivas. 2007. Threatened fishes of the world: *Notropis boucardi* (Günther 1868) (Cyprinidae). *Environmental Biology of Fishes* 78:287-288.
- Contreras-MacBeath, T., M.B. Rodríguez, V. Sorani et al. 2014. Richness and endemism of the freshwater fishes of Mexico. *Journal of Threatened Taxa* 6(2):5421-5433.
- Díaz-Pardo, E., A. Campos, T. Contreras-MacBeath et al. 2016. Especies extintas y extirpadas. En: *Los peces dulceacuícolas de México en peligro de extinción*. G. Ceballos, E. Díaz-Pardo, L. Martínez y H. Espinoza (coords.). FCE, México, pp 53-56.
- Díaz-Rojas, A. y E. Díaz-Pardo. 1991. Biología reproductiva del bagre del Balsas *Ictalurus balsanus* (Pisces:Ictaluridae) del río Amacuzac, Morelos. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas* 34:173-189.
- Dirzo, R., H.S. Young, M. Galetti et al. 2014. Defaunation in the Anthropocene. *Science* 345(6195):401-406.
- Domínguez, E. 2015. *Evaluación de la explotación pesquera de los bagres Ictalurus balsanus e Ictalurus punctatus y propuesta de manejo en la comunidad de Xicatlatcotla, Tlaquiltenango, Morelos*. Tesis de maestría en manejo de recursos naturales. UAEM, Cuernavaca.
- Günther, A.C.L.G. 1862. *Catalogue of the fishes in the British Museum*. Vol. iv. Order of the Trustees/Natural History-British Museum, Londres.
- . 1868. *Catalogue of the fishes in the British Museum*. Vol. vii. Order of the Trustees/Natural History-British Museum, Londres.
- Hoffmann, M., C. Hilton-Taylor, A. Angulo et al. 2010. The impact of conservation on the status of the world's vertebrates. *Science* 330(6010):1503-1509.
- Holmlund, C.M. y M. Hammer. 1999. Ecosystem services generated by fish populations. *Ecological Economics* 29:253-268.
- Jordan, D.S. y J.O. Snyder. 1899. Notes on a collection of fishes from the rivers of Mexico, with description of twenty new species. *Bulletin of the United States Fish Commission* 19:115-147.
- Langhammer, P.F., M. Hoffmann, R.A. Mittermeier et al. 2017. Introduction. En: *Back from the Brink. Desde el umbral de la extinción*. C. Mittermeier (ed.). IUCN, Gland, pp 1-17.
- Lara, M.J. 1997. *Pesquería del bagre del Balsas (Ictalurus balsanus) en la subcuenca del río Amacuzac, Cuenca del Balsas*. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias Biológicas-UAEM, Cuernavaca.
- Llorente-Bousquets, J. y S. Ocegueda. 2008. Estado del conocimiento de la biota. En: *Capital natural de México: conocimiento actual de la biodiversidad*, vol. i. J. Soberón, G. Halffter y J. Llorente-Bousquets (comps.). CONABIO, México, pp. 283-322.
- MA. Millennium Ecosystem Assessment. 2005. *Ecosystems and human well-being: synthesis*. Island Press, Washington.
- Meek, S.E. 1904. *The fresh-water fishes of Mexico north of the Isthmus of Tehuantepec*. Field Columbian Museum, Chicago.
- Mejía-Mojica, H. 1991. Biología reproductiva de *Astyanax fasciatus* (Pisces:Characidae) del río Amacuzac, Morelos. *Universidad, Ciencia y Tecnología* 1(4):45-52.
- . 2007. *Estudio técnico justificativo para la explotación sustentable de especies comerciales en el río Amacuzac en el estado de Morelos*. Informe técnico presentado a CONAPESCA. México (inédito).
- Mejía-Mojica, H., T. Contreras-MacBeath y G. Ruiz-Campos. 2015. Relationship between environmental and geographic factors and the distribution of exotic fishes in tributaries of the Balsas river basin, Mexico. *Environmental biology of fishes* 98(2):611-621.
- Mejía-Mojica, H. y E. Díaz-Pardo. 1991. Descripción del cráneo de *Astyanax fasciatus* (Pisces: Characidae). *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas* 34:191-214.
- Mercado-Silva, N., J.D. Lyons, G.S. Maldonado y M.M. Nava. 2002. Validation of a fish-based index of biotic integrity for streams and rivers of central Mexico. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 12(2-3):179-191.
- Miksik, M. y E. Schralm. 2018. *World of fishes web page*. En: <[http://worldfish.de/?page\\_id=44](http://worldfish.de/?page_id=44)>, última consulta: 17 de febrero de 2018.
- Miller, R.R. 2005. *Freshwater fishes of México*. The University of Chicago Press, Chicago.
- Miller, R.R., W.L. Minckley y S.M. Norris. 2009. *Peces dulceacuícolas de México*. CONABIO/SIMAC/ECOSUR/Desert Fishes Council, México.
- Nelson, J.S. 2006. *Fishes of the world*. John Wiley and Sons, Nueva York.
- Paredes-Lira, M.E. 2013. *Aspectos socioeconómicos de la pesquería del bagre Ictalurus balsanus en el río Amacuzac, Morelos, México*. Tesis de maestría. Centro de Investigaciones Biológicas-UAEM, Cuernavaca.
- Paxton, J.R., y W. Eschmeyer. 2003. *Encyclopedia of fishes: a comprehensive guide by international experts*. Fog City Press, San Francisco.
- Ramírez, N.L. 2010. *Estrategia para el control de especies de peces exóticas del lago Zempoala, Morelos, México, para proteger a las especies focales acuáticas nativas*. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias Biológicas-UAEM, Cuernavaca.
- Ramírez, C., R. Mendoza y C. Aguilera. 2010. *Estado actual y perspectivas de la producción y comercialización de peces de ornato en México*. UANL/INAPESCA, Monterrey.
- Reid, G.M., T. Contreras-MacBeath y K. Csatádi. 2013. Global challenges in freshwater-fish conservation related to public aquariums and the aquarium industry. *International Zoo Yearbook* 47:6-45.
- Revenga, C., J. Brunner, N. Henninger et al. 2000. *Pilot analysis of global ecosystems: freshwater systems*. World Resources Institute, Washington.

- Ricciardi, A. y J.B. Rasmussen. 1999. Extinction rates of North American freshwater fauna. *Conservation Biology* 13(5):1220-1222.
- Salafsky, N., D. Salzer, A.J. Stattersfield *et al.* 2008. A standard lexicon for biodiversity conservation: unified classifications of threats and actions. *Conservation Biology* 22(4):897-911.
- Schönhuth, S. y I. Doadrio. 2003. Phylogenetic relationships of Mexican minnows of the genus *Notropis* (Actinopterygii, Cyprinidae). *Biological Journal of the Linnean Society* 80:323-337.
- SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. *Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010*. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.
- Trujillo, J.P. 1998. Trophic spectrum of the cichlids *Cichlasoma (Parapetenia) istlanum* and *Cichlasoma (Arconcentrus) nigrofasciatum* in the Amacuzac River, Morelos, Mexico. *Journal of Freshwater Ecology* 13(4):465-473.
- Trujillo-Jiménez, P. y E. Díaz-Pardo. 1996. Espectro trófico de *Ilyodon whitei* en el río del Muerto, Morelos, México. *Revista de Biología Tropical* 44(2):795-801.
- Trujillo-Jiménez, P., E. López-López, E. Díaz-Pardo y J.A. Camargo. 2010. Patterns in the distribution of fish assemblages in Río Amacuzac, Mexico: influence of abiotic factors and biotic factors. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 20(4):457-469.



**DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA**

## Aspectos ecológicos relevantes para la conservación de *Ilyodon whitei* en el río Amacuzac

Patricia Trujillo Jiménez, Mario Alberto Godínez Rodríguez, Kenia Kiryataim Bonilla Román y Iduvina García Marquina

El río Amacuzac pertenece a la cuenca del río Balsas y es uno de los ecosistemas acuáticos más importantes de Morelos. En total, recorre 240 km desde su nacimiento en las faldas del Nevado de Toluca, hasta su desembocadura en el río Balsas (Trujillo-Jiménez *et al.* 2010).

De acuerdo a la escala propuesta por Rapport *et al.* (1985), este ecosistema presenta tres de los siete síntomas de un ecosistema estresado: 1) alteración de la estructura de la comunidad biótica que favorece las formas de vida más pequeñas, en este caso la presencia de poecílicos; 2) incremento en la prevalencia de enfermedades en los peces; y 3) dominancia de especies exóticas, principalmente peces.

En 2014, algunas dependencias gubernamentales estatales realizaron obras como el desazolve, el ensanchamiento y la extracción de sustrato para construir bardas, y evitar así el desborde del cauce del río por lluvias intensas. Lo anterior con la finalidad de garantizar la seguridad de familias que se ubican en áreas aledañas de esta zona (Huajintlán, Tehuixtla, Puente de Ixtla y Jojutla de Juárez).

Estas actividades se realizaron sin un previo estudio de impacto ambiental, y al extraer el sustrato y conformar las bardas de contención, se removió vegetación riparia, y con ello se ocasionó un daño ecológico al ecosistema y su biota (observación personal).

Con base en lo anterior, se dan a conocer estudios de la ecología de una especie endémica de la cuenca del río Balsas, el mexcalpique del Balsas (*Ilyodon whitei*). Esta información es fundamental para llevar a cabo estudios sobre el manejo y conservación de esta especie.

De acuerdo con la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y los Recursos Naturales (UICN 2013), *I. whitei* se encuentra en peligro crítico,

debido a la declinación de sus poblacionales, la reducción de su área de distribución y la calidad de su hábitat.

Por su tamaño pequeño el mexcalpique del Balsas, no tiene importancia económica, pero sí ecológica por ser endémica de la cuenca del río Balsas y pertenecer a la subfamilia Goodeinae, representada por aproximadamente 41 especies endémicas de la Mesa Central de México y algunas regiones adyacentes (Domínguez-Domínguez y Pérez-Ponce de León 2007).

El área de distribución de esta especie comprende la cuenca del río Balsas, desde Colima en los ríos Armería y Coahuayana, además de otros que desembocan en la costa del Pacífico (Turner y Grosse 1980, Webb 1998).

En Morelos, se encuentra en la sección media y baja de los ríos Chalma y Cuautla, y a lo largo de los ríos Yautepec y Amacuzac. Cabe señalar que de acuerdo con Mezquitillo-Avelar *et al.* (2015), la especie ya no se encuentra en algunas de las localidades reportadas por Trujillo-Jiménez *et al.* (2010) y Mejía-Mojica *et al.* (2012), lo que es una situación que lleva a la especie a una vulnerabilidad mayor.

El mexcalpique del Balsas, también habita en la laguna del Rodeo (Miacatlán) y el bordo de Ticumán (Tlaltizapán). Al parecer su límite de distribución hacia el sur se encuentra en la presa Lázaro Cárdenas en la porción sureste de Guerrero (Miller *et al.* 2005).

Dicha especie, pertenece a un grupo de peces de tamaño pequeño (90 mm de longitud total), en su dorso presenta una coloración marrón claro o gris, que en algunas poblaciones tiende a tomar una coloración amarilla, principalmente en la época de reproducción.

La parte superior del cuerpo es más oscura que la parte inferior, las escamas tienen su porción posterior más oscura, lo que da al pez un aspecto finamente

Trujillo-Jiménez, P., M.A. Godínez-Rodríguez, K.K. Bonilla-Román e I. Gracia-Marquina. 2020. Aspectos ecológicos relevantes para la conservación de *Ilyodon whitei* en el río Amacuzac. En: *La biodiversidad en Morelos. Estudio de Estado 2. Vol. II*. CONABIO, México, pp. 284-287.

moteado. Una estrecha banda lateral negruzca, se extiende desde arriba del opérculo casi hasta la base de la aleta caudal; los machos presentan pequeños puntos oscuros, y las hembras suelen tener esta banda dividida en puntos individuales.

Ambos sexos tienen pocos puntos en las aletas, la aleta anal presenta una barra angosta y oscura, y en los machos está modificada. La base de la aleta caudal está salpicada de varias filas transversales de puntos oscuros y la aleta caudal muestra una banda submarginal oscura seguida de una banda amarillenta en el sexo masculino. Los machos muestran una coloración metálico-amarillento o azulado en los costados (figura 1; Meek 1904).

Trujillo-Jiménez y Díaz-Pardo (1996) estudiaron su dieta natural, y encontraron que presenta una amplia gama de componentes alimentarios (14 grupos biológicos); los vegetales con los valores más altos de consumo son las algas *Ulothrix zonata* y *Vaucheria* sp.

En cuanto a los componentes animales, los crustáceos (cladóceros), moscos simúlidos (dípteros), y otros moscos tuvieron los mayores porcentajes de consumo (cuadro 1). Se presentan variaciones en la dieta de acuerdo al sexo y las clases de talla. Ambos sexos se alimentan de los mismos recursos alimenticios. Sin embargo, las hembras presentan mayor preferencia por los alimentos de origen animal y los machos por los vegetales (cuadro 1), debido a que las hembras requieren una mayor cantidad de proteínas para la producción de óvulos.

Los ejemplares pequeños (11-40 mm) ingieren mayor porcentaje de alimento de origen animal que los de talla mayor (41-80 mm), quienes ingieren mayor porcentaje de alimentos de origen vegetal (cuadro 2). Principalmente, esto se debe a que los organismos pequeños deben de

**Cuadro 1.** Composición de la dieta general y por sexos del mexcalpique del Balsas (*Ilyodon whitei*), expresada en porcentajes.

Grupos	Alimentos	General	Hembras	Machos
Algas	<i>Ulothrix zonata</i>	12.1	13.2	15.8
	<i>Compsopogon coeruleus</i>	10.2	6.2	6.4
	<i>Vaucheria</i> sp.	16.1	5.2	5.8
	<i>Spirogyra</i> sp.	4.4	10.1	13.7
	<i>Cladophora fracta</i>	3.5	7.5	8.4
	Semillas	3.2	3.5	4.8
Crustáceos	Restos vegetales	2.2	3.5	4.9
	Holopedidae	9.3	9.4	7.9
	Copépodos	0.3	4.6	
Insectos	Diptera Simuliidae	10.0	7.7	7.3
	Diptera (otros)	6.7	7.8	6.2
	Ephemeroptera	3.9	3.6	3.8
	Orthoptera	0.1	3.4	
	Restos de insectos	17.4	14.1	14.8

Fuente: elaboración propia con datos de Trujillo-Jiménez y Díaz-Pardo 1996.

alcanzar una talla grande en el menor tiempo posible, por lo que sus requerimientos de proteínas son mayores.

El análisis general de la dieta lleva a considerar que se trata de una especie omnívora (alimentación basada tanto en componentes animales como vegetales) y oportunista, ya que, dependiendo de la disponibilidad y abundancia del alimento, presenta tendencia a la herbivoría o a la carnivoría.

Bonilla-Román *et al.* (2017), a partir del estudio sobre la reproducción de la especie, registran que *I. whitei*, tiene una estrategia reproductiva oportunista, la cual se asocia con peces de tamaño pequeño (90 mm). Cuando los individuos tienen 48 mm, alcanzan la madurez sexual, tienen baja fecundidad (42 embriones) y alto esfuerzo



a



b

**Figura 1.** Ejemplares de mexcalpique del Balsas (*Ilyodon whitei*): a) hembra y b) macho. Fotos: Román Slaboch.

**Cuadro 2.** Variación de la dieta por clases de talla, expresada en porcentajes.

Grupos	Alimentos	I	II	III	IV	V	VI	VII
		(11-20 mm)	(21-30 mm)	(31-40 mm)	(41-50 mm)	(51-60 mm)	(61-70 mm)	(71-80 mm)
Algas	<i>Ulothrix zonata</i>		15.8	16.8	11.9	24.5	26.0	35.1
	<i>Compsopogon coeruleus</i>	8.6	7.0	6.7	11.9	13.6	16.4	32.9
	<i>Vaucheria</i> sp.	15.3	9.5	16.1	21.5	18.4	12.3	
	<i>Spirogyra</i> sp.		5.0	6.0	7.8	9.7	7.6	32.1
	<i>Cladophora fracta</i>		4.1	3.9	7.6	7.2	9.6	
	Semillas	6.1	3.4	3.0	5.3			
	Restos vegetales				8.1	6.0		
Crustáceos	Holopedidae	7.9	7.4	10.8	9.1	6.7	16.5	
	Copépodos	6.1						
Insectos	Diptera Simulidae	20.6	8.8	9.3	3.8	5.9	5.4	
	Dipetra (otros)	12.4	8.7	6.9	4.7			
	Ephemeroptera		3.0	3.0				
	Orthoptera			3.0				
	Restos de insectos	22.5	27.3	15.0	5.7	7.9	6.1	

Fuente: elaboración propia con datos de Trujillo-Jiménez y Díaz-Pardo 1996.

reproductivo, ya que exhiben un periodo de reproducción continuo a lo largo del año, con un periodo de desove máximo en la época de lluvias que ocurre de mayo a octubre.

La información sobre la ecología del mexcalpique del Balsas es fundamental en la búsqueda de alternativas para el manejo y conservación de esta especie, ya que se puede llevar a cabo la reproducción y mantenimiento en laboratorio, lo que permitirá, en un futuro la reintroducción en su hábitat.

Domínguez-Domínguez y Pérez-Ponce de León (2007), mencionan que la conservación de los goodeidos es una tarea compleja, ya que el conocimiento que se tiene hasta el momento no es suficiente, puesto que, de continuar el uso irracional de los recursos naturales, hará imposible encontrar ésta y otras especies en los cuerpos de agua. Los mismos autores comentan que, para que se pueda tener éxito en la recuperación de las poblaciones de los goodeidos, se deben impulsar medidas realistas e inmediatas de conservación, como la identificación de áreas clave para la conservación de la diversidad biológica, suficientemente extensas y estables para mantener poblaciones grandes, de tal forma que se evite su depresión genética, y se mantengan poblaciones nativas genéticamente diversas y saludables.

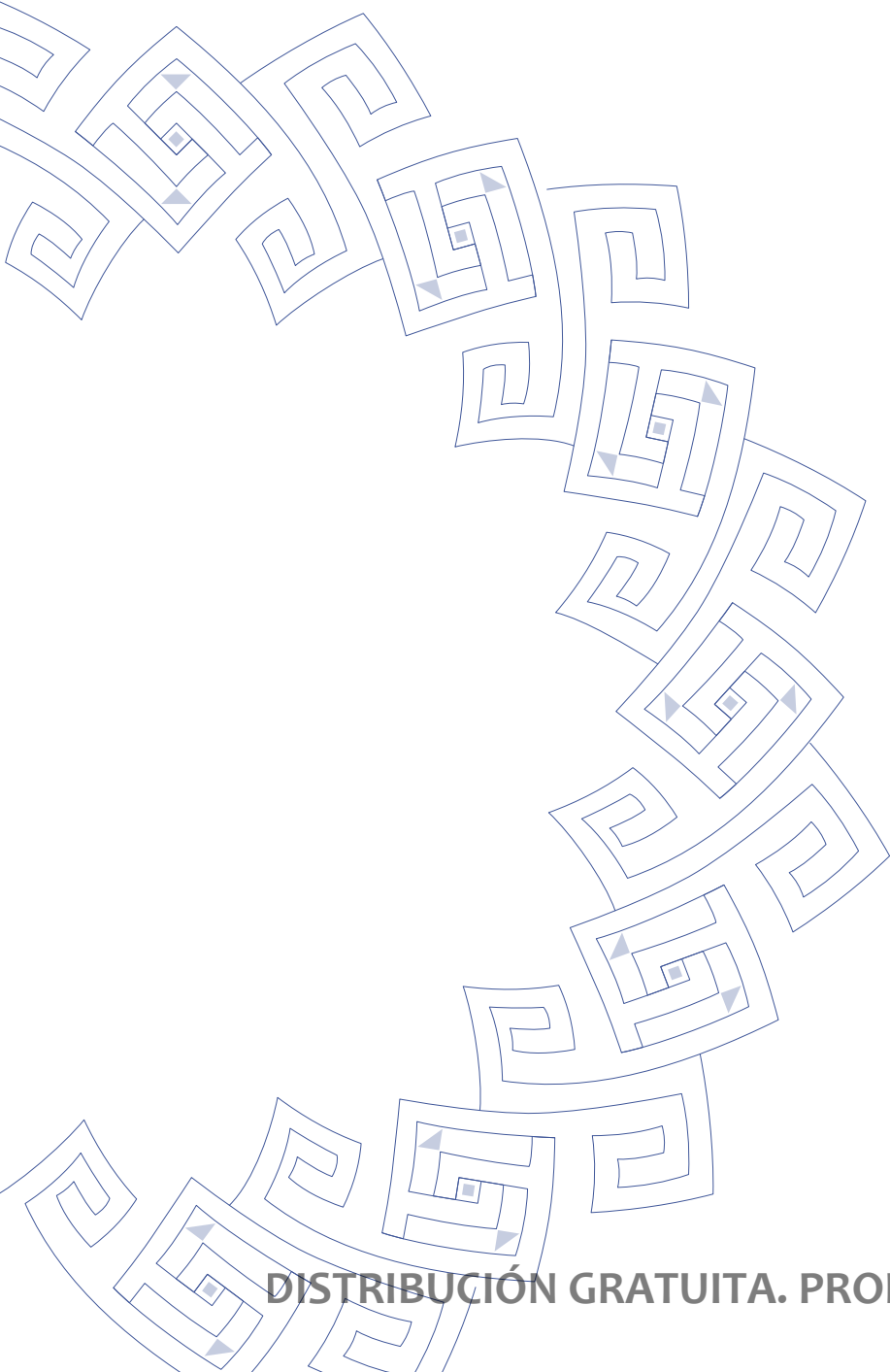
Para lograr tal objetivo, es necesario dar cumplimiento a la legislación ambiental sobre productos químicos agrícolas y efluentes industriales que descargan en los ecosistemas acuáticos, así como las obras de

desazolve que se llevan a cabo en éstos. Los ecosistemas acuáticos de Morelos, deben ser restaurados como parte de un programa de manejo de especies animales y vegetales.

## Referencias

- Bonilla-Román, K.K., I. García-Marquina, R. Castro-Franco *et al.* 2017. *Life-history traits of the Balsas Splitfin Ilyodon whitei (Pisces: Goodeidae) a critically endangered species along the Amacuzac River: Implications for its conservation.* México (inédito).
- Domínguez-Domínguez, O. y G. Pérez-Ponce de León. 2007: Los goodeidos, peces endémicos del centro de México. *Biodiversitas* 75:12-15.
- Meek, S.E. 1904. *The fresh-water fishes of Mexico north of the Isthmus of Tehuantepec. Zoological Series, Vol. v.* Field Columbian Museum, Chicago.
- Mejía-Mojica, H., F.J. Rodríguez-Romero y E. Díaz-Pardo. 2012. Recurrencia histórica de peces invasores en la Reserva de la Biósfera Sierra de Huautla, México. *Revista de Biología Tropical* 60(2):669-681.
- Mezquitillo-Avelar, J., M.G. Bustos-Zagal, R. Castro-Franco *et al.* 2015. Situación actual de la ictiofauna del río Amacuzac, Morelos. En: *Memorias del IV Congreso de Biodiversidad y Ecología Tropical.* La Habana.
- Miller, R.R., W.L. Minckley y S.M. Norris. 2005. *Freshwater fishes of Mexico.* University of Chicago Press, Chicago.
- Rapport, D.J., H.A. Regier y T.C. Hutchinson. 1985. Ecosystem behavior under stress. *The American Naturalist* 125:617-640.

- Trujillo-Jiménez, P. y E. Díaz-Pardo. 1996. Espectro trófico de *Ilyodon whitei* (Pisces: Goodeidae) en el río del Muerto, Morelos, México. *Revista de Biología Tropical* 44(2):795-801.
- Trujillo-Jiménez, P., E. López-López, E. Díaz-Pardo y J.A. Camargo. 2010. Patterns in the distribution of fish assemblages in Río Amacuzac, Mexico: influence of abiotic factors and biotic factors. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 20:457-469.
- Turner, B.J. y D.J. Grosse. 1980. Trophic differentiation in *Ilyodon*, a genus of stream-dwelling goodeid fishes: speciation versus ecological polymorphism. *Evolution* 34(2):257-270.
- UICN. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. 2013. *Lista Roja de especies amenazadas de la UICN*. Versión 2013.2. En: <[http://www.iucnredlist.org/static/categories\\_criteria\\_2\\_3#categories](http://www.iucnredlist.org/static/categories_criteria_2_3#categories)>, última consulta: 22 de diciembre de 2015.
- Webb, S.A. 1998. *A Phylogenetic analysis of the goodeid (Teleostei: Cyprinodontiformes)*. Tesis de doctorado en sistemática. Universidad de Michigan, Estados Unidos de América.



**DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA**



# Anfibios

Rubén Castro Franco y María Guadalupe Bustos Zagal

## Descripción

Los anfibios son animales que tienen vértebras al igual que los peces, los reptiles, las aves y los mamíferos, pero su piel es desnuda, es decir, carecen de escamas, plumas o pelo. En la historia geológica de la Tierra, fueron los primeros vertebrados que invadieron el ambiente terrestre, lo que permitió que se formaran varios grupos, de los que ahora sólo viven tres: las cecilias (orden Gymnophiona, anfibios sin extremidades similares a lombrices de tierra, que viven en cavidades del suelo de ambientes tropicales húmedos; figura 1a), las salamandras, ajolotes y tritones (orden Caudata, anfibios con cola durante toda la vida; figura 1b), y las ranas y sapos (orden Anura, anfibios sin

cola en el estadio adulto; figura 1c). Todos ellos necesitan agua y ambientes húmedos para vivir y reproducirse.

La piel de los anfibios tiene gran cantidad de vasos sanguíneos muy pequeños para facilitar el intercambio gaseoso, de la misma forma que los pulmones de otros vertebrados, por lo que se dice que los anfibios también respiran por la piel.

Además, la piel es un órgano importante porque está provisto de gran cantidad de glándulas. Éstas producen sustancias de consistencia mucosa, que sirven de protección al animal contra agentes externos como bacterias, virus, hongos y depredadores (Barra y Simmaco 1995).

Varias de las secreciones tienen actividad biológica y constituyen una fuente importante de moléculas



**Figura 1.** Órdenes de anfibios: a) Gymnophiona, cecilia mexicana (*Dermophis mexicanus*), de las cuales no se reporta ninguna especie de este orden para Morelos; b) Caudata, tlaconete morelense (*Pseudoeurycea altamontana*), presente en Morelos; y c) Anura, rana de árbol mexicana (*Smilisca baudinii*), reportada para Morelos. Fotos: Luis Canseco Márquez/Banco de imágenes CONABIO (a, b), Elí García Padilla/Banco de imágenes CONABIO (c).

Castro-Franco, R. y M.G. Bustos-Zagal. 2020. Anfibios. En: *La biodiversidad en Morelos. Estudio de Estado 2*. Vol. II. CONABIO, México, pp. 289-294.

con potencial médico, entre las que se puede citar a la batracotoxina (producida por la piel de ranas flecha de la familia Dendrobatidae), tetradotoxina (producida por la piel de salamandras de la familia Salamandridae) y bufonina (producida por la piel de sapos de la familia Bufonidae), entre otras (Zasloff 2002).

La reproducción de los anfibios ocurre en la temporada de lluvias, y a diferencia de otros animales, la mayoría produce huevos sin cascarrón que generalmente se desarrollan en ambientes acuáticos o muy húmedos. Las larvas se alimentan de plancton (micro organismos que dan el color verde al agua estancada) y los adultos de insectos acuáticos y terrestres. Algunas especies no producen estadios larvarios porque tienen desarrollo directo.

## Diversidad y distribución

Se estima que existen en el mundo alrededor de 3 900 especies de anfibios, de las cuales las ranas son el grupo más abundante y diverso (Frost 2018). En la entidad, este grupo se estudia desde hace varios años por diversos autores (Smith y Taylor 1948, Davis y Smith 1953, Smith y Smith 1976, Castro-Franco y Bustos 1992, Castro-Franco y Bustos-Zagal 2006, Castro-Franco *et al.* 2006, Aréchaga *et al.* 2008). Esta compilación de especies es producto de varios años de trabajo en condiciones de campo en todos los tipos de vegetación, y de la consulta de varias colecciones herpetológicas (Castro-Franco *et al.* 2006). Derivado de estos estudios, para 2017 se tiene una lista confirmada de 38 especies que pertenecen a 11 familias (apéndice 49).

Específicamente, las 38 especies de anfibios en Morelos representan 10.52% de total de las especies conocidas en México (Flores-Villela y Canseco-Márquez 2004). Esto revela una diversidad local muy notable, sobre todo si se compara con la extensión territorial del estado, de tan sólo 4 958.22 km<sup>2</sup> (INEGI y DGG 1999).

Del total de especies de anfibios, 32 son del orden de los anuros (84.21%), sólo seis en los caudatos (15.78%). Un hecho notable es que, del total de especies de Morelos, 47.36% son endémicas de México, aunque en la entidad no hay endemismos. Lo anterior se debe a que en los límites territoriales del estado se encuentra la zona de contacto entre las regiones biogeográficas Neártica en el norte, y Neotropical en el sur.

Aunque los anfibios tienen preferencia para vivir en ambientes acuáticos o muy húmedos, a través de su historia evolutiva han desarrollado varias adaptaciones que hoy les permiten vivir en ambientes tropicales secos.

Entre estas adaptaciones están la sincronización de su actividad reproductora con los periodos de lluvia; y refugiarse en los periodos de sequía entre la hojarasca o incluso llegan a enterrarse en el suelo rico en materia orgánica de barrancas y cañadas. Estas cualidades contribuyen a explicar la presencia de varias especies en los lugares húmedos y con gran altitud de la parte norte de Morelos y en lugares secos de la región centro-sur.

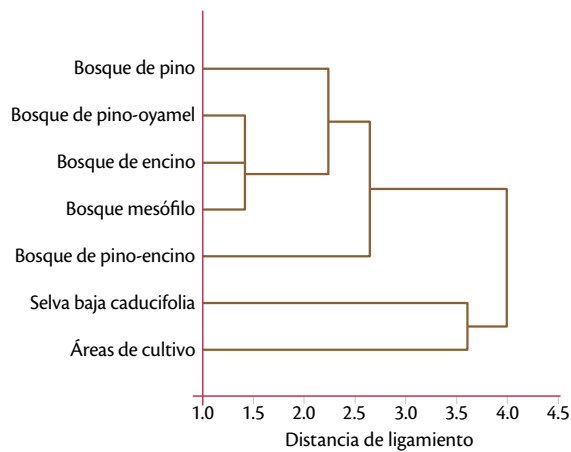
De acuerdo con estudios previos de Castro-Franco y Bustos (1992) y Castro-Franco *et al.* (2006), la mayor diversidad de anfibios se encuentra en dos grandes áreas (figura 2):

1. Región norte del estado, donde se ubican las zonas de bosques de pino y asociaciones de pino-encino (1 700-2 000 msnm), y se distribuyen especies de ranas como *Hyla eximia* (figura 3a), *H. plicata* (figura 3b), *Lithobates montezumae*, el ajolote de Zempoala (*Ambystoma altamirani*) y las salamandras *Aquiloerycea cephalica*, *Chiropterotriton chiropterus*, *Pseudoeurycea bellii*, *P. altamontana* y *P. leprosa*, dentro de los límites del área natural protegida (ANP) Corredor Biológico Chichinautzin;
2. Región centro-sur (1 000 a 1 400 msnm), donde se concentra el mayor número de especies en áreas de selva baja caducifolia (76.3%), así como áreas de cultivo (52.6%).

## Importancia

Por sus hábitos de alimentación y forma de vida, los anfibios son componentes importantes de los ecosistemas, debido a que consumen grandes cantidades de artrópodos (insectos, arañas, alacranes) que podrían llegar a constituir plagas, y otros como larvas de mosco, insectos semiacuáticos y arácnidos de los márgenes de ríos o charcas, incluso alacranes como *Centruroides limpidus limpidus*, que consumen durante la noche y a los que parecen ser inmunes las ranas verdes (*Lithobates zweifeli*, figura 4; Mendoza *et al.* 2008).

Por otro lado, los anfibios adultos sirven de alimento a otros grupos de vertebrados entre los que destacan las serpientes como los tilcoates de panza roja (*Drymarchon melanurus*) y los mamíferos como los mapaches



**Figura 2.** Diagrama de similitud de las especies por tipo de vegetación. En el eje horizontal (distancia de ligamiento), los números cercanos al valor 1 indican mucha similitud en los ensambles de especies de anfibios de los tipos de vegetación. Los tipos de vegetación bosque de pino, pino-oyamel, encino, mesófilo y pino-encino, constituyen la primera gran área de distribución de diversidad de anfibios; mientras que la selva baja caducifolia y las áreas de cultivo constituyen la segunda. Fuente: elaboración propia con datos de Castro-Franco *et al.* 2006.

(*Procyon lotor*). Asimismo, los renacuajos también sirven de alimento para varias especies de peces carnívoros, incluso de adultos de ranas y aves. El canibalismo es una práctica común de alimentación en anfibios (Mendoza *et al.* 2008).



**Figura 3.** Ejemplares de: a) rana de árbol de montaña (*Hyla eximia*) y b) rana de árbol plegada (*Hyla plicata*). Fotos: Matías Domínguez Laso/Banco de imágenes CONABIO (a), Jesús Ortega Esquinca/Banco de imágenes CONABIO (b).



**Figura 4.** Ejemplar de rana verde (*Lithobates zweifeli*). Foto: Luis Canseco Márquez/Banco de imágenes CONABIO.

En Morelos no hay registros documentados y consistentes sobre el uso tradicional de anfibios; sin embargo, registros ocasionales de tipo anecdótico (Franco 1987), reportan usos en los altos de Yautepec, en algunas localidades de Totolapan, Atlatlahucan y Tetelcingo donde hay raíces indígenas.

Los lugareños capturaban renacuajos en la temporada de lluvias. Para limpiar las larvas y consumirlas, les extraían del tracto digestivo con un ganchito de alambre y se utilizaba para hacer un tamal condimentado con cebolla, epazote y chile envuelto en totemoxtle (hojas de tamal) cuyo sabor era parecido al del pescado. Indudablemente, dicho alimento constituye una rica fuente de proteínas de uso tradicional que ahora casi ya no se usa, pero tiene potencial por la digestibilidad de las proteínas.

En la región poniente de Morelos, en el área de Michapa, era práctica común capturar adultos de ranas de fango para consumirlas fritas con ajo (observación personal). Hoy en día, ya no se tienen registros del uso tradicional de anfibios.

Con motivo del establecimiento de varias granjas de peces de ornato en la región centro-sur de Morelos, la recolecta de renacuajos se ha generalizado para utilizarlos como alimento vivo (observación personal).

Esto mismo ocurre con la captura de varias especies para utilizarlos como mascotas, entre las que se puede mencionar a la rana verde arborícola (*Agalychnis dacnicolor*, figura 5), la rana de árbol de montaña (*Hyla eximia*) y la rana de árbol plegada (*H. plicata*; observación personal). Al respecto, cabe señalar que si existe un mercado que demanda estas especies, el desarrollo de granjas con el formato de unidades de manejo y conservación de la vida silvestre (UMA) sería una alternativa para el uso de estos recursos.

### Situación y estado de conservación

Básicamente, los anfibios se ven afectados por la ampliación de la frontera agrícola y el cambio de uso del suelo. A esto se deben sumar las sequías prolongadas, que en forma progresiva se han presentado más a menudo en el estado. Específicamente, las especies de este grupo de vertebrados que habitan al norte de Morelos enfrentan la sustitución de las zonas boscosas con alta concentración de humedad por la ampliación de zonas de cultivo de avena, y los de la parte sur, la sustitución de zonas agrícolas con asentamientos humanos.

En este sentido, se deberían cumplir los compromisos de los programas de ordenamiento territorial. De acuerdo



Figura 5. Ejemplar macho de rana verde (*Agalychnis dacnicolor*) en un área de selva baja caducifolia en asecho nocturno en el cerro el Chumil. Foto: Carlos A. Montalván Huidobro.

con la UICN (2018), las especies cuyas poblaciones se encuentran severamente fragmentadas y decreciendo son: *Plectrohyla binstincta*, *Lithobates maculatus*, *L. montezumae*, *L. pustulosus*, *L. spectabilis*, *L. vaillanti*, *L. zwefeli*, *Ambystoma altamirani*, *Aquiloerycea cephalica*, *Pseudoeurycea bellii* y *P. leprosa*.

La salamandra pie plano (*Chiropterotriton chiropterus*), es una especie en estado crítico, e incluso se ha llegado a considerar como extinta porque su población está severamente fragmentada y disminuida, y además no se han vuelto a encontrar individuos desde principios de la década de los ochenta (UICN 2018).

Otra especie que sigue la misma ruta es el tlaconete morelense (*Pseudoeurycea altamontana*), que está en proceso de extirpación en el estado por la remoción de bosque y el establecimiento de cultivos de avena en sus áreas de distribución. Su actual área de distribución se estima en menos de mil kilómetros cuadrados.

## Factores de presión

Los anfibios, por sus hábitos semiacuáticos y su notable dependencia del agua para reproducirse, son un grupo vulnerable que enfrenta serias amenazas. Esto se acentúa por la recurrente contaminación de barrancas y ríos, donde generalmente se descargan aguas residuales urbanas.

Otro problema es la sustitución de antiguas áreas de selva baja caducifolia y bosque templado por zonas de cultivo, con la subsecuente extracción de tierra, hojarasca, la quema tradicional de desechos agrícolas y los frecuentes incendios forestales que modifican severamente los hábitats.

Si a esto se suma que 52.6% de las especies vive en zonas de cultivo (Castro-Franco *et al.* 2006), y estas áreas se están perdiendo por la ampliación de las zonas urbanas, el problema de sobrevivencia es aún más grave.

Otra amenaza de la que no se tiene una evaluación de su impacto sobre las poblaciones de anfibios, es la captura de larvas para alimento vivo y la extracción de individuos adultos, a partir de poblaciones naturales, para ser comercializados como mascotas.

## Acciones de conservación

Si bien es cierto que en Morelos hay 14 áreas naturales protegidas (ANP), las de mayor extensión territorial son

el Corredor Biológico Chichinautzin, la Reserva de la Biosfera de la Sierra de Huautla (REBIOSH) y la Reserva Estatal Sierra Monte Negro-Las Trincheras (SDS 2017).

En estas áreas, aunque existen programas de manejo, el componente fauna y en particular los anfibios no siempre son bien evaluados y son de los primeros grupos que reciben el mayor impacto, en su mayoría por cambios en el uso del suelo.

En el Corredor Biológico Chichinautzin se tiene el registro de nueve especies de anfibios (Castro-Franco y Bustos 1992), en la REBIOSH 11 especies (Castro-Franco y Bustos 2006) y en la Reserva Estatal Sierra Monte Negro-Las Trincheras 14 (Castro-Franco y Bustos 2016).

## Conclusiones y recomendaciones

Entre todos los vertebrados, los anfibios son los animales que más problemas enfrentan para sobrevivir. La contaminación de cuerpos de agua, la pérdida progresiva de la cobertura vegetal, la ampliación de la frontera agrícola y los asentamientos humanos son sus mayores problemas. Por ello, se recomienda implementar en las ANP programas de conservación y educación ambiental, cuyo impacto sea medido en muy corto plazo.

Por otro lado, las ranas del género *Lithobates* tienen potencial para su explotación como fuente de proteína, por lo que se sugiere promover la investigación y desarrollo tecnológico en este campo.

## Referencias

- Aréchaga, O.S., C.A. Montalbán y R. Castro-Franco. 2008. Nuevos registros de anfibios y reptiles en el estado de Morelos, México. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.) 24(2):231-233.
- Barra, D. y M. Simmaco. 1995. Amphibian skin: a promising resource for antimicrobial peptides. *Trends Biotechnology* 13(6):205-209.
- Castro-Franco, R. y M.G. Bustos-Zagal. 1992. Herpetofauna de la zona de reserva Ajusco Chichinautzin, Morelos, México. *Universidad Ciencia y Tecnología* 2(2):67-70.
- . 2006. *Herpetofauna de las áreas naturales protegidas Corredor Biológico Chichinautzin y la Sierra de Huautla, Morelos, México*. Centro de Investigaciones Biológicas-UAEM/CONABIO, México.
- . 2016. *Anfibios y reptiles de la Sierra Monte Negro-Las Trincheras y el cerro el Chumil, Morelos*. Proyecto SNIB-CONABIO No. JK013. Centro de Investigaciones Biológicas-UAEM, México.

- Castro-Franco, R., G.G. Vergara, M.G. Bustos-Zagal y W. Mena. 2006. Diversidad y distribución de anfibios del estado de Morelos. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.) 22(1):103-117.
- Davis, W. y H.M. Smith. 1953. Amphibians of the Mexican state of Morelos. *Herpetologica* 8:144-49.
- Flores-Villela, O. y L. Canseco-Márquez. 2004. Nuevas especies y cambios taxonómicos para la herpetofauna de México. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.) 20(2):115-144.
- Franco, L. 1987. Habitante indígena de los altos de Morelos. Comunicación personal.
- Frost, D.R. 2018. *Amphibian species of the world: an online reference. Versión 6.0*. American Museum of Natural History. En: <<http://research.amnh.org/herpetology/amphibia/index.html>>, última consulta: 23 de febrero de 2018.
- INEGI y DGG. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática y Dirección General de Geografía. 1999. *Superficie de la República Mexicana por Estados*. INEGI, México.
- Mendoza-Estrada, L.J., R. Lara y R. Castro-Franco. 2008. Dieta de *Lithobates zweifeli* Hillis, Frost y Webb 1984 (Anura: Ranidae) en un río estacional del centro de México. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.) 24(1):169-197.
- sds. Secretaría de Desarrollo Sustentable. 2017. *Áreas naturales protegidas*. En: <<http://sustentable.morelos.gob.mx/categoria/temas/anp/anps>>, última consulta: 16 de junio de 2017.
- Smith, H.M. y E. Taylor. 1948. An annotated checklist and key to the Amphibia of Mexico. *Smithsonian Institution United State Natural Museum Bulletin* 194:1-118.
- Smith, H.M. y R.B. Smith. 1976. *Synopsis of the Herpetofauna of Mexico, vol. iv: Source analysis and index for Mexican amphibians*. John Johnson, North Bennington.
- UICN. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. 2018. *Lista Roja de especies amenazadas de la uicn. Versión 2017.3*. En: <<https://www.iucn.org/es/regiones/am%C3%A9rica-del-sur/nuestro-trabajo/pol%C3%ADticas-de-biodiversidad/lista-roja-de-uicn>>, última consulta: 23 de febrero de 2018.
- Zasloff, M. 2002. Antimicrobial peptides of multicellular organisms. *Nature* 415(6870):389-395.

# Reptiles

María Guadalupe Bustos Zagal y Rubén Castro Franco

## Descripción

Los reptiles son animales vertebrados como los peces, los anfibios, las aves y los mamíferos; su cuerpo está cubierto de escamas de queratina, que les ayuda a evitar la pérdida de agua. Sin embargo, estas escamas se convierten en un problema cuando crecen, porque los cuerpos cada vez más grandes, también requieren cubiertas más grandes.

Por esta razón es que los reptiles cambian de piel con frecuencia, a este proceso se le llama ecdisis y el producto es la muda (figura 1). El cambio regularmente ocurre dos o tres veces al año, depende de la especie, la humedad y la disponibilidad de alimento para el desarrollo.

Todos los reptiles tienen respiración pulmonar, y en la mayor parte de las especies la reproducción es por medio de huevos (especies ovíparas), los cuales incuban en nidos construidos en el suelo. No obstante, hay especies que desarrollan embriones en el interior del abdomen y paren crías vivas como lo hacen los mamíferos (especies vivíparas); o especies que desarrollan embriones dentro de huevos en el abdomen de las hembras, hasta el final de la gestación, y paren crías vivas dentro de un saco transparente de consistencia proteinoide, que se rompe justo en el momento del parto (ovovivíparas; Blackburn 1998).

Hay otra forma de reproducción muy particular que sólo se da en un pequeño grupo de serpientes y lagartijas, las cuales producen huevos y desarrollan embriones sin haber sido fecundados por los machos; porque simplemente no existen. Esta forma de reproducción se llama partenogénesis y todas las crías así producidas son hembras. El desarrollo del huevo es por efecto de las hormonas que producen las mismas hembras, después de haber realizado pseudocópulas (cópulas falsas sin transferencia de esperma) con otras hembras al inicio de la temporada de reproducción (Neaves y Baumann 2011).



Figura 1. Muda de culebra índigo (*Drymarchon corais*), obtenida en las inmediaciones de la estación biológica El Limón de Cuauchichinola, Tepalcingo. Foto: Rodolfo Guzmán Ramírez.

A diferencia de las aves y mamíferos, que tienen un termostato fisiológico interno para controlar la temperatura del cuerpo (homeotermos), los reptiles son organismos que dependen de fuentes externas de calor para regular su temperatura. Esto es, son ectotermos y se calientan por exposición directa al sol (heliotermia), o por contacto con sustratos más calientes (tigmotermia).

Bustos-Zagal, M.G. y R. Castro-Franco. 2020. Reptiles. En: *La biodiversidad en Morelos. Estudio de Estado 2*. Vol. II. CONABIO, México, pp. 295-301.

Al grupo de reptiles pertenecen los tuataras (reptiles en forma de lagartos endémicos de Nueva Zelanda), las tortugas, los cocodrilos, las lagartijas y las serpientes (Uetz y Hosek 2015). Este grupo de vertebrados pueden vivir en ambientes acuáticos de agua dulce, salada y ambientes terrestres.

Por una parte, las tortugas tienen un caparazón que está fusionado con las vértebras, las costillas, y las cinturas pélvica y pectoral (excepto el cuello y cola). La parte ventral de la concha se llama plastrón y el dorso caparazón. En las mandíbulas no tienen dientes, sino un pico córneo con bordes cortantes. Todas las tortugas son ovíparas, de hábitos terrestres, semi-acuático, acuáticos y marinas.

En el caso de los cocodrilos, éstos son de cuerpo alargado con mandíbulas largas y fuertes. La cola es muy larga y sirve para la natación por movimientos ondulatorios; viven en zonas tropicales en ambientes de agua dulce, salobre o salada.

Específicamente, las serpientes no tienen extremidades, ni párpados, y el ojo está cubierto por una escama translúcida. Viven en ambientes terrestres, semi acuáticos y marinos.

Finalmente, la gran mayoría de lagartijas tienen cuatro extremidades, con párpados visibles, con excepción de los geckos, que tienen una escama translúcida como las serpientes. Viven en ambientes terrestres, sobre los árboles, y en el mar como las iguanas marinas. La mayoría son de hábitos diurnos pero también tienen hábitos crepusculares y nocturnos, como las cuijas o besuconas (*Hemidactylus frenatus*), muy comunes en la zona sur del estado.

## Diversidad y distribución

A nivel mundial se estima que existen alrededor de 10 400 especies de reptiles (Uetz y Hosek 2015); de éstas, en México se tienen registradas 864 (8.30% del mundo; Flores-Villela y García-Vázquez 2014). Lo anterior sitúa a México en el segundo lugar mundial entre los países con mayor riqueza, después de Australia.

A nivel local y a través del tiempo, diversos autores han estudiado la diversidad de reptiles en Morelos. Entre los trabajos más importantes se pueden citar a: Smith (1936, 1939, 1941, 1949), Martín del Campo (1940), Burt y Myers (1942), Davis y Smith (1953a, b), Duellman y Wellman (1960), Duellman y Zweifel (1962),

Lara-Góngora (1983), Castro-Franco y Aranda (1984), Castro-Franco (1987), Gadsden (1987) y Gadsden *et al.* (1989), quienes hicieron las primeras exploraciones herpetológicas con fines taxonómicos y análisis de distribución.

En la última década del siglo xx y la primera del xxi, los trabajos se diversificaron en temas como análisis de los patrones de distribución de las especies, en función de los tipos de vegetación (Castro-Franco y Bustos-Zagal 1992, 1994), taxonomía (Zaldívar-Riverón y Nieto-Montes de Oca 2002), historia natural (Castro-Franco 2002), faunas regionales (Castro-Franco y Bustos-Zagal 2003, 2006), y ciclos de reproducción (Bustos-Zagal *et al.* 2011, Castro-Franco *et al.* 2011), entre otros.

En 2017 se tienen registros de un total de 91 especies, distribuidas en 21 familias y 50 géneros (apéndice 50; Castro-Franco 1987, Castro-Franco y Bustos-Zagal 1992, 1994, 2003, 2004, 2006). Estos valores son relevantes si se toma en cuenta que Morelos representa sólo 0.25% del territorio nacional (INEGI 2004).

Las familias con el mayor número de géneros y especies son Colubridae (15 y 21) y Phrynosomatidae (3 y 17). Las lagartijas del género *Sceloporus* son las más diversas (13 especies) y por lo general se les conoce localmente como chintetes (Castro-Franco y Aranda 1984).

Entre las serpientes, la más común es la culebra café de occidente (*Coluber mentovarius*, figura 2), localmente conocida con el nombre de neshgua (derivación local del nahuatl *nextli coatl*= serpiente ceniza). Estas serpientes son de color gris plomo y son comunes en zonas agrícolas donde se alimentan de ratones y lagartijas.

La mayoría de las especies se concentra en dos grandes regiones: 1) zonas bajas y calientes de la región centro-sur del estado, donde se encuentran las áreas de selva baja caducifolia (65.93%) y áreas de cultivo (20.88%); y 2) zonas altas y frías del norte, donde ocurren el bosque de pino (24.18%), bosque de pino-oyamel (18.68%) y bosque de pino encino (16.48%).

Este patrón de distribución se explica porque en el territorio del estado, ocurre la zona de contacto entre las regiones biogeográficas Neártica y Neotropical (Castro-Franco y Bustos-Zagal 1994).

En el Corredor Biológico Chichinautzin se tiene el registro de 42 especies de reptiles (Castro-Franco y Bustos-Zagal 1992), 44 en la Sierra de Huautla (Castro-Franco y Bustos-Zagal 2006) y 30 en la Sierra Monte Negro - las Trincheras (Castro-Franco y Bustos-Zagal 2017).





**Figura 2.** Culebra café de occidente (*Coluber mentovarius*) consumiendo un ejemplar de lagartija perteneciente al género *Aspidoscelis*. Foto: Rubén Castro-Franco.

Las especies con distribución más amplia en la entidad son el chintete (*Sceloporus horridus horridus*, figura 3) que se puede encontrar sobre árboles, rocas, suelo y arbustos, en altitudes no mayores a 1 400 msnm (Bustos-Zagal *et al.* 2013); la lagartija escamosa llanera (*Urosaurus bicarinatus bicarinatus*, figura 4), sobre árboles; y la cuija (*Aspidoscelis sackii gigas*, figura 5), que habita sobre el suelo.

En Morelos no se tiene registro de especies endémicas al estado. Sin embargo, existen 59 especies endémicas de México que tienen distribución en el territorio morelense, esto representa 64.83% de los reptiles locales (Castro-Franco y Bustos-Zagal 1994, 2003).



**Figura 3.** Ejemplar de un macho del chintete (*Sceloporus h. horridus*) con morfo (forma) azul sobre un árbol. Foto: María Guadalupe Bustos Zagal.



**Figura 4.** Un individuo de lagartija escamosa llanera (*Urosaurus bicarinatus bicarinatus*) asoleándose sobre un tronco en una zona de cultivos. Foto: Rubén Castro-Franco.



**Figura 5.** Huico manchado (*Aspidoscelis sackii gigas*) descansando bajo un árbol de guamúchil (*Pithecellobium dulce*) en una zona de cultivos. Foto: Rubén Castro-Franco.

## Importancia

Los reptiles son importantes en los ecosistemas debido a que son parte de las cadenas de alimentación y son fuente de alimento para otras especies de vertebrados (Zug *et al.* 2001). La dieta de varias especies de reptiles es la base de insectos, por lo cual, contribuyen a regular las poblaciones y evitan que se conviertan en plagas (Quiroz *et al.* 1986). Las serpientes también son importantes debido a que diferentes especies se alimentan de roedores, por lo que es común encontrarlas en zonas de cultivo, donde los ratones encuentran alimento.

En zonas rurales desde tiempos prehispánicos, es bien conocida la captura y consumo de iguanas y garrobos (*Ctenosaura pectinata*), porque son una fuente de proteína animal. Otra forma de uso es el consumo de la sangre fresca que se toma mezclada con refresco para mejorar la vista y proporcionar energía. Desafortunadamente, esto es sólo un mito sin fundamento científico. Se usa el término *Ctenosaura* para hacer referencia de *C. pectinata*, en lugar del nombre tradicional de iguana.

Otro grupo de reptiles que se usan con frecuencia son las serpientes de cascabel del género *Crotalus*, que se capturan y consumen en forma de cápsulas para curar el cáncer. A la fecha no hay evidencia científica que respalde este mito, pero ha generado problemas de sobrevivencia para estas serpientes.

La culebra *Drymarchon corais* (figura 6) es la especie de serpiente de dorso negro y vientre rojo, protagonista de varios mitos locales en los que recibe el nombre de tilcuate (*tilcoatl*). Entre los mitos más famosos se encuentra aquel donde las serpientes suelen corretear a las personas, o el otro donde chupan la leche de mujeres lactando y a los bebés les dan la cola de la serpiente. Todo esto es completamente falso, no toman leche, su alimento es a base de ranas y peces por eso viven junto a cuerpos de agua.

## Situación y estado de conservación

De acuerdo con la NOM-059 (SEMARNAT 2010), 45 de las especies de Morelos (apéndice 50) tienen alguna categoría de protección lo cual es un número relativamente alto. Como mecanismo de protección, en el estado se tienen 14 áreas naturales protegidas, entre las que destaca el Corredor Biológico Chichinautzin en el norte y Sierra de Huautla en el sur de la entidad. Sin embargo, a esta fecha, no existen datos sobre tamaño de poblaciones.



Figura 6. Culebra indigo (*Drymarchon corais*) al acecho de ranas junto a un riachuelo. Foto: Rubén Castro-Franco.

## Factores de presión

Al igual que el resto de los vertebrados, la pérdida de la cobertura vegetal es el mayor problema para los reptiles. En los últimos 40 años, los ecosistemas de Morelos han sido severamente perturbados por frecuentes incendios forestales, la ampliación de la frontera agrícola y urbana, y los subsecuentes cambios en el uso del suelo.

Tan sólo en el período 1993-2000, entre enero y junio, hubo 2 254 incendios (281 por año) con una afectación de 6 932 ha en las zonas boscosas del norte del estado (Castro-Franco y Bustos-Zagal 2003).

A la fecha, no se dispone de datos confiables sobre el número de nuevas zonas urbanas asentadas en antiguas y actuales zonas de cultivo.

Otro problema que ha colocado en riesgo a los reptiles, es la falta de educación ambiental de los habitantes locales. Muchas especies son eliminadas por el simple hecho de que la cultura popular las considera venenosas (véase *Reptiles venenosos: veneno y tratamientos* en esta obra). Ejemplos de esto son las lagartijas del género *Barisia* sp. (también llamadas localmente escorpiones de montaña) en las zonas boscosas del norte, o las serpientes en las zonas urbanas y agrícolas de la región centro-sur.

Algunas veces también los usos y costumbres actúan en detrimento de la fauna. Las hembras de *Ctenosaura*, con huevos en el vientre, frecuentemente se consumen en caldo, en mole o en salsa verde. Situación que las pone en grave peligro de sobrevivencia a lo largo de sus áreas de distribución. Por esta razón, ahora las *Ctenosaura* están protegidas.

Un factor determinante para el establecimiento de varias especies introducidas es el clima. Ejemplo de ello son los geos (*Hemidactylus frenatus*), originarios de la Isla de Java que fueron introducidos por el puerto de Acapulco a través del navío la Nao de China o Galeón de Manila. El primer registro de esta especie en el estado ocurrió en la zona urbana de Jojutla y Zacatepec (Castro-Franco 1987).

Otro ejemplo son las serpientes de reproducción por partenogénesis *Indotyphlops braminus* (Typhlopidae) originarias de África y Asia, que también fueron introducidas a México con productos agrícolas (Castro-Franco y Bustos-Zagal 1994).

La venta de fauna exótica en tiendas de mascotas en varias regiones del estado, también contribuye significativamente a la introducción de especies como las tortugas de caparazón blando (*Apalone spinifera*).

## Acciones de conservación

A pesar de que en la entidad hay 14 áreas naturales protegidas de competencia municipal, estatal y federal, casi todos los casos los programas se orientan a la protección de la flora con un enfoque paisajístico; donde el componente fauna y en particular los reptiles, no siempre son bien evaluados aun cuando se trata de uno de los grupos de mayor impacto en los ecosistemas.

## Conclusiones

Morelos, con una extensión de tan sólo 0.25% del territorio nacional, cuenta con 91 especies de reptiles, entre ellas 60 especies endémicas de México. Las familias Colubridae y Phrynosomatidae son las más diversas y abundantes. En las áreas de selva baja caducifolia se concentra 60% de las especies, mientras que en la región centro-sur del estado y áreas de cultivo se tiene 20.21%. Otro porcentaje importante (27.16%) se concentra en las zonas altas y frías del norte.

Los incendios forestales, el cambio de uso del suelo y la falta de educación ambiental son los factores que más presionan la sobrevivencia de las especies.

## Referencias

- Blackburn, D.G. 1998. Structure, function, and evolution of the oviducts of squamate reptiles, with special reference to viviparity and placentation. *Journal of Experimental Zoology* 282:560-617.
- Burt, M.C. y G.S. Myers. 1942. *Neotropical lizards in the collections at the Natural History Museum of Stanford University*. Vol. 2. Stanford University Press, California.
- Bustos-Zagal, M.G., R. Castro-Franco, J. Manjarrez y V. Fajardo. 2014. Variación morfológica asociada a los patrones de color de la garganta, en lagartijas *Sceloporus horridus* (Sauria: Phrynosomatidae). *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.) 30(2):357-368.
- Bustos-Zagal, M.G., J. Manjarrez y R. Castro-Franco. 2013. Uso de microhábitat y termorregulación en *Sceloporus horridus horridus* (Wiegmann 1939) (Sauria: Phrynosomatidae). *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.) 29(1):153-163.
- Bustos-Zagal, M.G., F.R. Méndez-de la Cruz, R. Castro-Franco y M. Villagrán-Santa Cruz. 2011. Ciclo reproductor de *Sceloporus ochoteranae* en el estado de Morelos, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82:589-597.
- Castro-Franco, R. 1987. New records of reptiles from the Mexican State of Morelos. *Bulletin of the Chicago Herpetological Society* 22:69-70.
- . 2002. *Historia natural de lagartijas de Morelos, México*. Tesis de maestría en ciencias. Facultad de Ciencias-UNAM, México.
- Castro-Franco, R. y E. Aranda. 1984. *Estudio preliminar sobre la ecología de los reptiles del estado de Morelos*. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias Biológicas-UAEM, Cuenavaca.
- Castro-Franco, R. y M.G. Bustos-Zagal. 1992. Herpetofauna de la zona de reserva Ajusco Chichinautzin, Morelos, México. *Universidad Ciencia y Tecnología* 2(2):67-70.
- . 1994. List of reptiles of Morelos, México, and their distribution in relation to vegetation types. *The Southwestern Naturalist* 39(2):171-175.
- . 2003. Lagartijas de Morelos, México: distribución, hábitat y conservación. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.) 88:123-142.
- . 2004. Additional records and range extensions of reptiles from Morelos, México. *Herpetological Review* 35(2):196-197.
- . 2006. *Herpetofauna de las áreas naturales protegidas Corredor Biológico Chichinautzin y la Sierra de Huautla, Morelos, México*. Centro de Investigaciones Biológicas-UAEM/CONABIO, México.
- . 2017. *Guía de campo de los anfibios y reptiles de la Sierra Monte Negro-las Trincheras y el Cerro El Chumil, Morelos*. México (inédito).

- Castro-Franco, R., M.G. Bustos-Zagal y F.R. Méndez-De la Cruz. 2011. Variation in parental investment and relative clutch mass of the spiny-tail iguana, *Ctenosaura pectinata* (Squamata: Iguanidae) in central México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82:199-204.
- Davis, W.B. y H.M. Smith. 1953a. Lizards and turtles of the Mexican state of Morelos. *Herpetologica* 9(2):100-108.
- . 1953b. Snakes of the Mexican state of Morelos. *Herpetologica* 8(4):133-143.
- Duellman, W.E. y J. Wellman. 1960. A systematic study of the lizards of the *depei* group (genus *Cnemidophorus*) in Mexico and Guatemala. *Miscellaneous Publications Museum of Zoology University of Michigan* (111):1-81.
- Duellman, W.E. y R.G. Zweifel. 1962. A synopsis of the lizards of the *sexlineatus* group (genus *Cnemidophorus*). *Bulletin of the American Museum of Natural History* 123(3):155-210.
- Flores-Villela, O. y U.O. García-Vázquez. 2014. Biodiversidad de reptiles en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85:467-475.
- Gadsden, E.H. 1987. *Comparación altitudinal de algunos caracteres del complejo Sceloporus grammicus (Sauria: Iguanidae) en la Sierra de Tepoztlán, Morelos*. Tesis de doctorado. Facultad de Ciencias-UNAM, México.
- Gadsden, E.H., G. Casas-Andreu y J.W. Sites. 1989. Comparación altitudinal morfológica entre poblaciones de dos citotipos cromosómicos del complejo *Sceloporus grammicus* (Sauria: Iguanidae) en la Sierra de Tepoztlán, Morelos, México. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s) 31:1-25.
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. 2004. *Anuario estadístico del estado de Morelos 2004*. INEGI/Gobierno del Estado de Morelos, Aguascalientes.
- Lara-Góngora, G. 1983. Two new species of the lizard genus *Sceloporus* (Reptilia, Sauria: Iguanidae) from the Ajusco and Ocuilan Sierras, México. *Maryland Herpetological Society* 19(1):1-14.
- Martín del Campo, S.R. 1940. Nota acerca de algunos vertebrados de las lagunas de Zempoala y sus alrededores. *Anales del Instituto de Biología-UNAM* 11(2):741-743.
- Neaves, W.B. y P. Baumann. 2011. Unisexual reproduction among vertebrates. *Trends Genetic* 27(3):81-8.
- Quiroz, R.L., E. Aranda y R. Castro-Franco. 1986. La lagartija *Sceloporus spinosus horridus* (Sauria: Iguanidae) como un factor regulador de las poblaciones de insectos. En: *Memorias del XXI Congreso Nacional de Entomología*. UANL, Monterrey.
- SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. *Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010*. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.
- Smith, H.M. 1936. Description of new lizards of the genus *Sceloporus* from Mexico and Southern United States. *Transactions of the Kansas Academy of Science* 37:263-285.
- . 1939. *The Mexican and Central American lizards of the genus Sceloporus*. Field Museum of Natural History, Chicago.
- . 1941. An analysis of the biotic provinces of Mexico as indicated by the distributions of the lizards of the genus *Sceloporus*. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas* 2(1):95-110.
- . 1949. Miscellaneous notes on Mexican lizards. *Journal of the Washington Academy of Sciences* 31(9):34-43.
- Uetz, P. y J. Hosek. 2015. *The Reptile Database*. En: <<http://www.reptile-database.org>>, última consulta: 27 de noviembre de 2017.
- Zaldivar-Riverón, A. y A. Nieto-Montes de Oca. 2002. Variation in the rare lizard *Barisia rudicollis* (Wiegman) (Anguinae) with description of a new species from Central México. *Herpetologica* 58(3):313-326.
- Zug, G.R., L.J. Vitt y J.P. Caldwell. 2001. *Herpetology: an introductory biology of amphibian and reptiles*. Academic Press, San Diego.

## El lagarto cornudo (*Phrynosoma orbiculare alticola*)

Esmeralda Urzua Vázquez

Los lagartos cornudos son reptiles pertenecientes a la familia Phrynosomatidae, a la cual, también pertenecen los sceloporinos, conocidos comúnmente como chintetes. En Morelos se encuentran tres especies de lagartos cornudos de las 17 que conforman el género *Phrynosoma* (Nieto-Montes de Oca 2014): *P. asio*, *P. taurus* y *P. orbiculare* (Castro-Franco y Bustos-Zagal 2003, 2004).

A diferencia de la mayoría, estos lagartos se caracterizan por tener un cuerpo circular con una hilera lateral de escamas (figura 1), como rasgo característico su cabeza presenta cuernos en la parte trasera de la misma (figura 2), lo que recuerda a un dinosaurio en miniatura.

Tienen la capacidad de romper los capilares ubicados en la parte inferior del ojo cuando tienen estrés, para



Figura 1. *Phrynosoma orbiculare alticola* variaciones en tamaño y color. Fotos: Esmeralda Urzua-Vázquez.

Urzua-Vázquez, E. 2020. El lagarto cornudo. En: *La biodiversidad en Morelos. Estudio de Estado 2. Vol. II.* CONABIO, México, pp. 303-305.



**Figura 2.** Detalles de ejemplares de *P. orbiculare alticola*, se pueden observar: a) cuernos característicos de las especies del género y b) hileras laterales de escamas en el cuerpo y la distribución profusa de escamas puntiagudas. Fotos: Esmeralda Urzua-Vázquez.

arrojar un chorro de sangre. Por esta razón, también se les llama llora sangre.

Muchas de las especies de lagartos cornudos se alimentan principalmente de hormigas, pueden comer cientos de ellas al mismo tiempo (Sherbrooke 1981, Lazcano-Villarreal y Sherbrooke 1999). En cuanto a su reproducción, existen especies vivíparas (nacen vivas y completamente desarrolladas) y ovíparas (nacen de un huevo).

La especie *P. orbiculare* es una lagartija vivípara que tiene una amplia distribución en México, se encuentra desde Oaxaca hasta Chihuahua (Méndez-de la Cruz *et al.* 2003). Sin embargo, se encuentra bajo la categoría de especie amenazada de acuerdo a los listados de la NOM-059 (SEMARNAT 2010).

En Morelos se distribuye en la parte norte del estado, en ambientes templados del complejo de áreas naturales protegidas del Corredor Biológico Chichinautzin, en

altitudes que van desde los 1 371 hasta los 3 352 msnm. Vive entre la vegetación en la que predominan zacatonales del género *Muhlenbergia* (figura 3), en muchos casos, se encuentran interactuando con campos de cultivo de avena para forrajeo y haba.

Dichos zacatonales les sirven como refugio cuando las temperaturas no son favorables, es decir, cuando la temperatura del ambiente está por debajo de los 12°C y por encima de los 46.2°C (Urzua-Vázquez 2008).

Debido a que sus poblaciones no son numerosas, son pocos los estudios realizados con estos lagartos. En la comunidad de Tres Marías, municipio de Huitzilac, Urzua-Vázquez (2005) estimó un tamaño poblacional de 215 individuos en un área aproximada de 10 000 m<sup>2</sup>.

De acuerdo a Frankham *et al.* (2002), poblaciones con un tamaño estimado menor a 500 individuos no están en riesgo de extinción, pero sí están seriamente comprometidas. Dicha situación se complica debido a



**Figura 3.** Hábitat de *P. orbiculare alticola* caracterizado por la presencia de pastos o zacatonales de los géneros *Festuca* y *Muhlenbergia*. Foto: Rosa Cerros Tlaltipa.

que los llora sangre se reproducen una sola vez al año y el periodo de gestación es superior a seis meses.

La sobrevivencia de estos lagartos en ambientes templados (la temperatura del mes más frío, enero, puede llegar a los 2°C; Taboada 1981), se explica desde el punto de vista de la termorregulación. Al no poder regular la temperatura de su cuerpo de manera interna (son organismos ectotermos), recurren a lo que se denomina comportamiento termorregulador para tener el control de su temperatura (Pianka y Vitt 2003).

Cuando la temperatura del suelo o la del aire (la capa de aire a 1 cm de alto del dorso de la lagartija) son muy elevadas, entonces se refugia bajo la vegetación. Esto provoca que la temperatura corporal disminuya y eviten el riesgo de muerte por sobrecalentamiento. En contraste, cuando las temperaturas corporales de la lagartija son bajas (sus movimientos son torpes y muy lentos), sale a calentarse y para hacerlo más rápido, contrae su cuerpo como si fuera una tortilla y la coloración se vuelve más oscura para absorber más calor.

Los lagartos durante los meses de diciembre a enero pasan la mayor parte del tiempo enterradas bajo los zacatonales (observación personal).

Urzua-Vázquez (2008) utilizó un método para el estudio de la regulación de la temperatura de estos organismos. Tomó la temperatura de modelos de cobre (de forma y tamaño aproximado de *P. orbiculare*) que fueron colocados en los sitios en los que se había observado que los lagartos tomaban el sol y en aquellos en los que se refugiaban.

Se colectaron 57 ejemplares de *P. orbiculare* en el sitio de captura, se les tomó la temperatura corporal con ayuda de un termómetro que fue introducido en la abertura cloacal, y se trasladaron al laboratorio.

En las condiciones controladas del laboratorio, los organismos se colocaron en un gradiente térmico, y se tomó nuevamente la temperatura corporal cuando se observó que los lagartos estaban en postura de absorber calor.

Con estas tres temperaturas se concluyó que el ambiente no ofrecía temperaturas adecuadas para la sobrevivencia de los organismos, es decir, el hábitat tuvo una baja calidad térmica. Sin embargo, los lagartos obtenían temperaturas altas gracias al comportamiento termorregulador.

El cambio climático es una de las principales presiones en la sobrevivencia de los reptiles. Lo anterior se debe a que para especies que habitan en ambientes templados, como el caso de *P. orbiculare*, un aumento en las temperaturas podría llevar a la extinción a sus poblaciones.

Sin embargo, hay además otros factores que ponen en riesgo a las poblaciones, como los incendios forestales, la conversión de pastizales a zonas de cultivo, e incluso, las reforestaciones en áreas de zacatonales, aun cuando éstos constituyen un tipo de vegetación natural en Morelos.

El comercio ilegal es otro factor que pone en riesgo a las poblaciones de lagartos cornudos, ya que en muchas tiendas de mascotas de la entidad se pueden encontrar ejemplares de esta especie. No obstante, debido al tipo de alimentación tan específica (hormigas de la región en la que habitan), su reproducción y mantenimiento en cautiverio usualmente es poco exitoso, se rehúsan a alimentarse y mueren por inanición (Casas-Andreu 2000).

De acuerdo con Monroy y García (2013), como parte de los mitos y leyendas que existen alrededor de los lagartos cornudos son sacrificados para utilizarlos como adorno o como amuletos y así atraer la buena suerte o alejar las envidias, lo que significa una presión más en la sobrevivencia de estas especies.



Estos lagartos tienen importancia evolutiva (la evolución en el mantenimiento de sus temperaturas corporales a través del comportamiento termorregulador, del modo de reproducción y la colonización de distintos tipos de ambientes, desde desiertos hasta zonas de alta montaña) y ecológica (son importantes reguladores de las poblaciones de hormigas y a su vez, son presa de diferentes vertebrados como serpientes de cascabel, zorros y aves rapaces).

Por lo tanto, es fundamental proteger las áreas de zacatonales donde habitan estos organismos, sancionar a los comercios que ofrezcan a esta especie como mascota y divulgar información sobre la biología, la ecología y los servicios ecosistémicos que brindan estas lagartijas, para contribuir a su conservación.

## Referencias

- Casas-Andreu, G. 2000. Mitos, leyendas y realidades de los reptiles en México. *Ciencia ergo sum* 7(3):286-291.
- Castro-Franco, R. y M.G. Bustos-Zagal. 2003. Lagartijas de Morelos, México: distribución, hábitat y conservación. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.) 88:123-142.
- . 2004. Additional records and range extensions of reptiles from Morelos, México. *Herpetological Reviews* 35(2):196-197.
- Frankham, R., J.D. Ballou y D.A. Briscoe. 2002. *Introduction to conservation genetics*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Lazcano-Villareal, D. y W. Sherbrooke. 1999. Los camaleones de México. *México Desconocido* 271:50-57.
- Méndez-de la Cruz, R.F., O. Hernández-Gallegos y F. Rodríguez-Romero. 2003. *Phrynosoma orbiculare*. Elaboración de fichas de 5 especies de lacertilios: PROY-NOM-059-ECOL-2000. Proyecto W033. Instituto de Biología-UNAM/Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad-CONABIO, México.
- Monroy, R. y A. García-Flores. 2013. La fauna silvestre con valor de uso en los huertos frutícolas tradicionales de la comunidad indígena de Xoxocotla, Morelos, México. *Etnobiología* 11(1):44-52.
- Nieto-Montes de Oca, A., D. Arenas-Moreno, E. Beltrán-Sánchez et al. 2014. A new species of horned lizard (genus *Phrynosoma*) from Guerrero México, with an updated multilocus phylogeny. *Herpetologica* 70:241-257.
- Pianka, E.R. y L.J. Vitt. 2003. *Lizards: windows to the evolution of diversity*. University of California Press, Berkeley.
- SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. *Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010*. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.
- Sherbrooke, W.C. 1981. *Horned lizards. Unique reptiles of western North America*. Southwest Park and Monuments Association, Arizona.
- Taboada, S.M. 1981. *Aportación al conocimiento frutícola con enfoque etnobotánico y ecológico en el Estado de Morelos*. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias Biológicas-UAEM, Cuernavaca.
- Urzua-Vázquez, E. 2005. *Contribución a la historia natural de Phrynosoma orbiculare alticola*. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias Biológicas-UAEM, Cuernavaca.
- . 2008. *Termorregulación de la lagartija vivípara Phrynosoma orbiculare (Phrynosomatidae) en zonas de alta montaña*. Tesis de maestría. Instituto de Biología-UNAM, México.

# Reptiles venenosos: veneno y tratamiento

Edgar Enrique Neri Castro y Alejandro Alagón Cano

## Introducción

Las serpientes de importancia médica se dividen en dos familias: Viperidae (víboras de cascabel y cantiles) y Elapidae (serpientes de coral o coralillos). De los envenenamientos por mordedura de serpientes en el hemisferio norte, 98% están involucrados ejemplares de la familia Viperidae, mientras que, los miembros de la familia Elapidae ocasionan pocas mordeduras. No obstante, éstos se consideran graves ya que de no ser tratadas en tiempo puede llevar a la muerte del paciente (Campbell y Lamar 2004).

Entre los lagartos sólo existe una familia venenosa, Helodermatidae con cinco especies (Reiserer *et al.* 2013). De acuerdo con los cambios taxonómicos, en el territorio

**Cuadro 1.** Especies de reptiles venenosos registrados en Morelos. La cascabel enana (*Crotalus tlaloci*) fue descrita por Bryson *et al.* (2014); la coralillo (*Micrurus tener fitzingeri*) la reportó Campbell y Lamar (2004), sin embargo, hay pocos registros para Morelos, existe un ejemplar fijado en la Colección del Instituto de Biotecnología-UNAM, colectado en Tepoztlán.

Especie	Nombre común
<i>Agkistrodon bilineatus</i>	Cantil o zolcuate
<i>Crotalus culminatus</i>	Cascabel tropical del Pacífico
<i>C. molossus nigrescens</i>	Cascabel de cola negra
<i>C. polystictus</i>	Cascabel ocelada o cabeza de lanza
<i>C. ravus</i>	Cascabel enana
<i>C. tlaloci</i>	Cascabel enana
<i>C. transversus</i>	Cascabel de bandas cruzadas
<i>C. triseriatus</i>	Cascabel transvolcánica
<i>Micrurus laticollaris laticollaris</i>	Coral o coralillo del Balsas
<i>M. tener fitzingeri</i>	Coral o coralillo
<i>Heloderma horridum</i>	Escorpión o lagarto enchaquirado

Fuente: elaboración propia con datos de Campbell y Lamar 2004, Castro-Franco y Bustos 2006, Bryson *et al.* 2014.



**Figura 1.** La cascabel tropical del Pacífico (*Crotalus culminatus*), es la serpiente venenosa más común en el estado, alcanzan tallas de 180 cm. Foto: Edgar Enrique Neri Castro.

morelense habitan 11 especies de reptiles venenosos (cuadro 1, apéndice 51), de las cuales 10 son serpientes (figuras 1 a 4) y una es un lagarto (figura 5; Campbell y Lamar 2004, Castro-Franco y Bustos 2006, Bryson *et al.* 2014).

Neri-Castro, E. y A. Alagón Cano. 2020. Reptiles venenosos: veneno y tratamiento. En: *La biodiversidad en Morelos. Estudio de Estado 2. Vol. II.* CONABIO, México, pp. 306-310.



**Figura 2.** Cascabel cabeza de lanza (*Crotalus polystictus*), es una serpiente de talla mediana y poco común en Morelos. Ilustración: Mario Alberto Reyna Rojas.



**Figura 3.** Coralillo del Balsas (*Micrurus laticollaris laticollaris*), es una de las dos serpientes pertenecientes a la familia Elapidae distribuidas en la entidad, son animales de los cuales se sabe poco sobre su distribución en Morelos. Foto: Edgar Enrique Neri Castro.

## Venenos

Las serpientes venenosas poseen dos glándulas productoras de veneno que se encuentran situadas a los lados de la cabeza y detrás de los ojos, conectadas a colmillos que inyectan el veneno.



**Figura 4.** Serpiente de coral o coralillo (*Micrurus tener fitzingeri*), es la especie de serpiente venenosa con menos registros en el estado, se sabe muy poco sobre su historia natural. Foto: Edgar Enrique Neri Castro.

El veneno es una mezcla compleja de componentes proteicos y otras sustancias (Klauber 1956), de los cuales las proteínas y péptidos corresponden a 70-90% del peso seco (Tu 1977). Ayuda a las serpientes a obtener su alimento sin tener que enfrentar a la presa. La mayoría de las víboras muerde a sus presas y espera a que el veneno lleve a cabo su efecto, al inactivar sus respuestas de defensa o matarlas. Asimismo, el veneno participa en su digestión, debido a que gran parte de las moléculas que lo componen, son enzimas que se encargan de degradar los tejidos para facilitar la digestión de las presas.

Frente a alguna amenaza las serpientes pueden usar su veneno para protegerse y es aquí donde ocurren las mordeduras a los humanos (accidentes ofídicos). Los componentes proteicos del veneno son los responsables de ocasionar la sintomatología en los pacientes.

La cantidad de veneno que inyectan las serpientes varía desde unos cuantos miligramos (coralillos) hasta casi un cuarto de gramo (cascabeles grandes). Hay que recalcar que un número importante de las mordeduras (10 a 30%) son secas, es decir, no hay inyección de veneno.

El veneno de las coralillos interfiere con la comunicación entre los nervios y los músculos, por lo cual causan síntomas como la caída de párpados, parálisis muscular e insuficiencia respiratoria, que puede llegar a la asfixia cuando el diafragma está involucrado (Bucaretschi *et al.* 2006).



Figura 5. Escorpión o lagarto enchaquirado (*Heloderma horridum*), es el único lagarto venenoso en Morelos. Foto: Edgar Enrique Neri Castro.

En cambio, el veneno de las cascabeles y cantiles causa mucho dolor, edema, amoratamiento y ampollas en el sitio de la mordedura y, en ocasiones, destrucción de tejidos (necrosis), mayormente de músculo y piel (Gutiérrez y Lomonte 1989). El efecto sistémico más importante que ocasiona es la alteración de la coagulación de la sangre, por la caída de niveles de fibrinógeno y plaquetas, que puede resultar en hemorragias de encías, tubo digestivo, útero en embarazadas e, incluso, intracraniales que pueden ser fatales.

Los venenos de varias especies de serpientes de cascabel (*Crotalus*) poseen también componentes neurotóxicos que juegan un papel relevante en el envenenamiento. Por lo anterior, los pacientes pueden presentar parálisis de los músculos, entre ellos el diafragma, que de afectarse puede llevar a un paro respiratorio (Neri-Castro *et al.* 2013).

El veneno de los helodermas causa dolor intenso y prolongado en el sitio de la mordedura y caída rápida de la presión arterial, pero rara vez son graves ya que requieren masticar durante varios minutos para introducir cantidades significativas de veneno.

En Morelos, como en gran parte del país, no se cuentan con estadísticas sobre el accidente ofídico, ya que no se lleva un registro adecuado en los hospitales. Sin embargo, cabe resaltar que la mayoría de los accidentes ocurren en el campo cuando las personas pisan o tocan a las serpientes por accidente, y éstas responden a una posible amenaza mordiendo.

## Remedios tradicionales

Para el caso de Morelos hay poca información documentada sobre los tratamientos caseros-tradicionales para mordeduras de serpientes venenosas. Se sabe que es común utilizar remedios caseros para tratar envenenamientos por serpientes, tales como colocar hielo en el sitio de la mordedura, tomar leche con ajo y colocar cataplasmas de varias plantas en el sitio de la mordedura (Rebolledo-Río 2013).

La medicina tradicional ha sido base importante para el desarrollo de una gran cantidad de fármacos. Sin embargo, los tratamientos utilizados para un envenenamiento son poco efectivos, ya que los venenos de serpiente se

encuentran compuestos por una gran cantidad de proteínas diferentes que tienen distintos sitios de acción. Hasta la fecha no se ha demostrado que algún extracto de planta o algún tratamiento casero neutralice la acción de todos los componentes (Bénard-Valle *et al.* 2015b).

Cabe mencionar que el uso de remedios tradicionales perjudica al paciente, ya que se pierde tiempo durante el cual progresan los daños locales y sistémicos ocasionados por el veneno.

## Antiveneno

Hasta la fecha, el único tratamiento eficaz para la mordedura de serpientes es el uso de antivenenos. Éstos se componen de proteínas llamadas anticuerpos, que son los encargados de reconocer y neutralizar la acción tóxica de los componentes de los venenos. Los antivenenos actuales se obtienen a partir del plasma sanguíneo de caballos inmunizados (vacunados) con venenos de serpientes.

Los anticuerpos se tratan con pepsina, una enzima proteolítica que los fragmenta, y se refinan por varios procedimientos hasta lograr una pureza mayor a 90%.

El uso de este tipo de antivenenos es muy seguro, debido a que la incidencia de efectos indeseables tales como reacciones anafilácticas o la enfermedad del suero, son mínimos (Bénard-Valle *et al.* 2015a). En México existen antivenenos para el tratamiento, por un lado, de envenenamientos por vipéridos y, por otro, por elápidos. Los antivenenos deben estar disponibles en los hospitales del sector salud (SS, IMSS e ISSSTE).

## Acciones en caso de mordedura de serpiente

La prioridad en caso de mordedura de serpiente debe ser la búsqueda de ayuda médica. De preferencia debe ser en un hospital del sector salud, donde puedan administrar rápidamente antiveneno en condiciones y en dosis adecuadas, así como proporcionar el tratamiento médico complementario que sea necesario (Sánchez-Villegas 2015).

Es importante resaltar que aún pasadas varias horas después de la mordedura el uso de antiveneno es muy benéfico, y puede hacer la diferencia en la magnitud del daño residual e, incluso, en la sobrevivencia del paciente.

Durante el traslado al hospital pueden tomarse algunas medidas como tranquilizar al paciente, registrar la

hora en que ocurrió la mordedura y la remoción de cualquier joyería (anillos, pulseras) del miembro afectado. Está contraindicado el uso de remedios caseros como, tomar alcohol, aplicar torniquetes y realizar incisiones o succiones, de cualquier tipo, en el sitio de la mordedura (Bénard-Valle *et al.* 2015b).

## Conclusiones y recomendaciones

Las mordeduras por serpientes venenosas deben ser atendidas inmediatamente en un hospital bajo la supervisión de médicos capacitados. No se recomienda el uso de remedios caseros ya que éstos pueden complicar el envenenamiento y retrasar el tiempo de atención hospitalaria. El uso de antiveneno es el único tratamiento validado científicamente para tratar a los pacientes envenenados.

Por último, es necesario mencionar que las serpientes cumplen funciones importantes en el medio ambiente, por ejemplo como depredadores al regular principalmente las poblaciones de roedores, por lo tanto, su conservación es de gran importancia.

## Referencias

- Bénard-Valle, M., E. Neri-Castro, L. Boyer *et al.* 2015a. Ineffective traditional and modern techniques for the treatment of snakebite. En: *Venomous reptiles and their toxins: evolution, pathophysiology and biodiscovery*. B. Fry (ed.). Oxford University Press, Nueva York, pp. 73-88.
- Bénard-Valle, M., E. Neri-Castro, B. Fry *et al.* 2015b. Antivenom research and development. En: *Venomous reptiles and their toxins: evolution, pathophysiology and biodiscovery*. B. Fry (ed.). Oxford University Press, Nueva York, pp. 61-72.
- Bryson, R.W., C.W. Linkem, M.E. Dorcas *et al.* 2014. Multilocus species delimitation in the *Crotalus triseriatus* species group (Serpentes: Viperidae: Crotalinae), with the description of two new species. *Zootaxa* 3826:475-496.
- Bucaretschi, F., S. Hyslop, R.J. Vieira *et al.* 2006. Bites by coral snakes (*Micrurus* spp.) in Campinas, State of São Paulo, southeastern Brazil. *Revista Do Instituto de Medicina Tropical de Sao Paulo* 48(3):141-145.
- Campbell, J.A. y W.L. Lamar. 2004. *The venomous reptiles of the Western Hemisphere*. Vol. 1 y 2. Cornell University Press, Ithaca.
- Castro-Franco, R. y M.G. Bustos-Zagal. 2006. *Herpetofauna de las áreas naturales protegidas Corredor Biológico Chichinautzin y la Sierra de Huautla, Morelos, México*. Centro de Investigaciones Biológicas-UAEM/CONABIO, México.

- Gutiérrez, J.M. y B. Lomonte. 1989. Local tissue damage induced by Bothrops snake venoms: a review. *Memorias Do Instituto Butantan* 51:211-223.
- Klauber, L.M. 1956. *Rattlesnakes: their habits, life histories, and influence on mankind*. Vol. 1 y 2. University of California Press, Berkeley.
- Neri-Castro, E., B. Lomonte, M. Gutiérrez et al. 2013. Intraspecies variation in the venom of the rattlesnake *Crotalus simus* from Mexico: Different expression of crotoxin results in highly variable toxicity in the venoms of three subspecies. *Journal of Proteomics* 87:103-121.
- Rebolledo-Río, M.A. 2013. Responsable legal de la Unidad de Manejo para la Conservación de Vida Silvestre "Iguana Negra", Tlaltizapán, Morelos. Comunicación personal, abril.
- Reiserer, S.R., W.G. Schue y D.D. Beck. 2013. Taxonomic reassessment and conservation status of the Beaded Lizard, *Heloderma horridum* (Squamata: Helodermatidae). *Amphibian and Reptile Conservation* 7:74-96.
- Sánchez-Villegas, M.C. 2015. Accidente ofídico. En: *Envenenamiento por animales ponzoñosos*. M.C. Sánchez-Villegas (ed.). Ediciones y Distribuciones Universum, Estado de México.
- Tu, A.T. 1977. *Venoms: Chemistry and molecular biology*. John Wiley and Sons, Chichester.

# Aves

Fernando Urbina Torres

## Introducción

Las adaptaciones que caracterizan a las aves son las que permiten el vuelo, como el cuerpo cubierto de plumas, los huesos huecos y fusionados para formar las alas. Otras características son la capacidad que tienen para mantener su temperatura constante mediante un elevado metabolismo, y carecer de dientes (Miller y Harley 1996).

En la elaboración del presente capítulo se utilizaron cuatro fuentes de información: 1) la consulta de las publicaciones que hacen referencia a la ornitofauna de Morelos; 2) datos sobre especímenes de aves en el extranjero (Navarro-Sigüenza *et al.* 2003) y las colecciones nacionales (Urbina-Torres 2005); 3) la base de datos del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB) de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) que incluye los registros de aVerAves (Berlanga *et al.* 2008); y 4) los registros visuales, fotográficos y de anillamiento derivados de trabajos de campo realizados por el laboratorio de ornitología del Centro de Investigaciones Biológicas de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (CIB-UAEM).

La información se recopiló en una base de datos que integra en el apéndice 52 y que incluye la clase, los órdenes, las familias, los géneros, las especies de acuerdo con la séptima edición del Listado de Aves de Norteamérica y sus suplementos (AOU 1998). Para la identificación de las subespecies se consultó la AOU (1957) y se actualizó mediante la consulta de Gordillo-Martínez y Navarro-Sigüenza (2006), ITIS (2017) y Lepage (2017).

## Diversidad y distribución

Se estima que existen 10 404 especies de aves en el mundo (Clements *et al.* 2016). México ocupa el octavo lugar mundial de riqueza de especies con 1 107 (Berlanga *et al.* 2015), así como el cuarto lugar en endemismos con 104 especies (Navarro-Sigüenza *et al.* 2014).

Para determinar el número de especies registradas en Morelos se efectuó una compilación, que incluyó 17 843 registros de 6 265 especímenes de aves en colecciones, 2 152 especímenes de 22 museos extranjeros (Navarro-Sigüenza *et al.* 2003) y 4 113 especímenes depositados en tres colecciones nacionales (Navarro-Sigüenza *et al.* 1991, Urbina-Torres 2005). De la consulta del SNIB, se obtuvieron 5 028 registros del proyecto aVerAves (Berlanga *et al.* 2008), y 6 550 registros de campo y datos de anillamientos del Laboratorio de Ornitología del CIB-UAEM.

La avifauna de Morelos incluye 460 especies y subespecies (430 identificadas), 247 géneros, 65 familias y 21 órdenes que equivalen a 38.8% de las aves de México.

Diez familias concentran 51% de las especies, del orden de los Passeriformes las familias más numerosas son: Icteridae, que incluye las calandrias, tordos (figura 1), praderos, zanates y caciques; Cardinalidae, con los cardenales, colorines (figura 2), picogordos, pirangas, granatelos, semilleros y arrozeros; Passerellidae, donde destacan los gorriones (figura 3), rascadores, zacatoneiros y juncos; Parulidae que incluye a los chipes (figura 4), mascaritas y pavitos; y Tyrannidae, en la cual destacan los mosqueros (figura 5), mosqueritos, papamoscas, luisis, luisitos y tiranos; en conjunto estas familias incluyen 117 especies.

De los órdenes no Passeriformes las familias más numerosas son: Strigidae, en donde se encuentran los búhos y los tecolotes (figura 6); Scolopacidae, que incluye playeros, patamarillas, zarapitos, costureros, agachonas y falaropos; Anatidae, en donde destacan patos, cercetas y pijijes (figura 7); Accipitridae, con milanos, águilas, aguilillas y gavilanes (figura 8); Trochilidae, con zumbadores, esmeraldas, zafiros y colibríes (figura 9); Psittacidae, en donde se incluyen los loros y guacamayos (figura 10); Picidae, con los carpinteros (figura 11); Ardeidae, con las garzas (figura 12); en conjunto estas familias contienen 115 especies (cuadro 1, apéndice 52).



**Figura 1.** El tordo sargento (*Agelaius phoeniceus*) es un ave abundante y junto con otras especies de la familia Icteridae (*Molothrus aeneus*, *M. ater* y *Quiscalus mexicanus*) representan plagas agrícolas en el sur del estado. Foto: Fernando Urbina-Torres.



**Figura 3.** El gorrión serrano (*Xenospiza baileyi*) es una especie endémica en peligro de extinción (SEMARNAT 2010, UICN 2017); se distribuye en los zacatonales del norte del estado y sur de la Ciudad de México. Foto: Miguel Ángel Sicilila Manzo/Banco de imágenes CONABIO.



**Figura 2.** El colorín pecho naranja (*Passerina leclancherii*) es una especie endémica de la vertiente del Pacífico y la cuenca del Balsas, pertenece a la familia Cardinalidae con 18 especies en Morelos, se considera como un ave canora y de ornato. Foto: Fernando Urbina-Torres.



**Figura 4.** El chiipe lores negros (*Geothlypis tolmiei*), está en la categoría de amenazada (A) de la NOM-059-SEMARNAT-2010, forma parte de la familia Parulidae con 37 especies en Morelos, en su mayoría migratorios invernales que consumen una gran cantidad de insectos. Foto: Fernando Urbina-Torres.

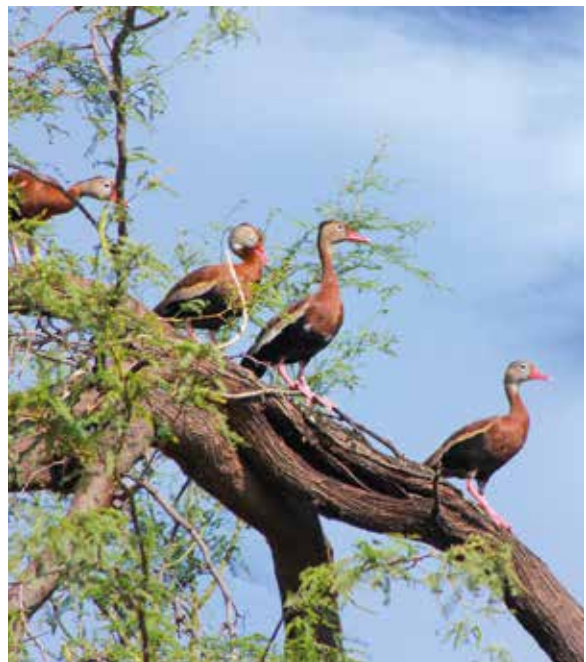




**Figura 5.** El mosquero del Balsas (*Xenotriccus mexicanus*) es una especie endémica del centro de México, fue descrito en Cuernavaca (Zimmer 1938), pertenece a la familia Tyrannidae que cuenta con 37 especies identificadas en Morelos. Foto: Fernando Urbina-Torres.



**Figura 6.** El tecolote del Balsas (*Megascops seductus*) es una especie endémica del centro del país, que de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010 se encuentra en la categoría de amenazada (A) debido a la ampliación de la frontera agrícola sobre la selva baja caducifolia, su principal hábitat. Foto: Fernando Urbina-Torres.



**Figura 7.** El pijije alas blancas (*Dendrocygna autumnalis*) es una especie de pato residente en Morelos, de las 18 especies de anátidos de la entidad, 14 son ocasionales o migratorias en invierno. Foto: Fernando Urbina-Torres.



**Figura 8.** El gavilán de Cooper (*Accipiter cooperii*) es residente de los bosques templados en el norte del estado, presenta una población migratoria en invierno en todo el país, y de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 se encuentra sujeta a de protección especial (Pr). De las 18 especies de la familia Accipitridae registradas en Morelos, 13 (72.6%) se encuentran en riesgo (SEMARNAT 2010). Foto: Fernando Urbina-Torres.



**Figura 10.** La guacamaya verde (*Ara militaris*) es una especie en peligro de extinción (SEMARNAT 2010) y vulnerable (UICN 2013), se distribuye de manera natural en el sur del estado y se ha introducido accidentalmente en norte. Foto: Fernando Urbina-Torres.



**Figura 9.** El colibrí mixteco (*Calothorax pulcher*) es una especie endémica del centro sur del país, pertenece a la familia Trochilidae una de las más numerosas en Morelos con 21 especies (36.8% del país) y de las cuales seis son migratorias invernales. Foto: Fernando Urbina-Torres.



**Figura 11.** El carpintero del Balsas (*Melanerpes hypopolius*) es una especie endémica del suroeste de México, se asocia a los cactus columnares de las regiones áridas. Foto: Fernando Urbina-Torres.



**Figura 12.** El avetoro norteño (*Botaurus lentiginosus*) habita entre los tulares de Coatetelco, de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010 se encuentra en la categoría de amenazada y es una de las 12 especies de la familia Ardeidae registradas en Morelos. Foto: Fernando Urbina-Torres.

**Cuadro 1.** Resumen de las especies de aves registradas en Morelos, de acuerdo a la familia taxonómica y su estatus estacional.

Familias	Especies	Estatus estacional				
		R	MI	RV	O	MP
Accipitridae	18	11	4		2	1
Aegithalidae	1	1				
Alaudidae	1	1				
Alcedinidae	4	2	2			
Anatidae	18	4	11		3	
Apodidae	7	6				1
Ardeidae	12	8	4			
Bombycillidae	1		1			
Caprimulgidae	6	5	1			
Cardinalidae	18	12	5			1
Cathartidae	2	2				
Certhiidae	1	1				
Charadriidae	4	1			3	
Ciconiidae	1				1	
Cinclidae	1	1				
Columbidae	10	10				
Corvidae	6	6				
Cracidae	1	1				
Cuculidae	7	4	2	1		
Falconidae	6	3	3			
Fregatidae	1				1	

**Cuadro 1.** Continuación.

Familias	Especies	Estatus estacional				
		R	MI	RV	O	MP
Fringillidae	8	8				
Furnariidae	2	2				
Grallariidae	1	1				
Hirundinidae	8	2	1	3		2
Icteridae	17	13	2		2	
Icteriidae	1					1
Jacaniidae	1	1				
Laniidae	1	1				
Laridae	7		1		5	1
Mimidae	5	4	1			
Momotidae	1	1				
Motacillidae	1	1				
Odontophoridae	5*	5				
Pandionidae	1	1				
Paridae	2	2				
Parulidae	36	9	27		2	
Passerellidae	26	19	6		1	
Passeridae	1	1				
Pelecanidae	2		1		1	
Peucedramidae	1	1				
Phalacrocoracidae	1		1			
Phasianidae	1	1				
Picidae	10	9	1			
Podicipedidae	4	3	1			
Poliophtidae	2	1	1			
Psittacidae	6	6				
Ptilionotidae	2	1	1			
Rallidae	6	5	1			
Recurvirostridae	2		2			
Regulidae	2	1	1			
Scolopacidae	16		6		7	3
Sittidae	2	2				
Strigidae	14	11	4		2	
Sturnidae	1	1				
Thraupidae	5	5				
Threskiornithidae	3		1		2	
Tityridae	2	2				
Trochilidae	21	15	6			
Troglodytidae	12	11	1			
Trogonidae	2	2				
Turdidae	13	11	2			
Tyrannidae	37	20	11	2	2	2
Tytonidae	1	1				
Vireonidae	13	6	6	1		

Los términos que se utilizan para definir el estatus estacional son: R: residente permanente; MI: migratoria invernal; RV: residente de verano; O: ocasional; MP: migratorio de paso. \*Incluye una especie no identificada. Fuente: Navarro-Sigüenza *et al.* 2003, Urbina-Torres 2005, Berlanga *et al.* 2008 y datos obtenidos por el autor de este trabajo.

De las 430 especies registradas hasta la fecha en la entidad, 48 son endémicas de México (46.2% del país), 27 semiendémicas (25.9%) y 11 cuasiendémicas (10.6%).

Veinte familias concentran dichas especies, y destaca por un lado la familia de los colibríes (Trochilidae), que presenta el mayor número de especies semiendémicas; mientras que la de los gorriones (Passerellidae) presenta el mayor número de especies endémicas de México. En conjunto ambas familias suman casi una cuarta parte (21.2%) de las especies con algún grado de endemismo

en Morelos. Por la cantidad de especies endémicas al país sobresalen los saltaparedes (Troglodytidae, figura 13).

La mayoría de las especies que se registran en Morelos están en la selva baja caducifolia, el bosque ripario y el bosque de pino-encino. Aunque, el ambiente acuático en Morelos presenta una superficie que no supera las 1 666 ha (Gómez-Márquez *et al.* 2009), y que representa 0.31% del territorio estatal, se encuentran 100 especies (23.3%) de las aves del estado, lo que demuestra su importancia (figura 14; Rubalcava 1999, Urbina-Torres 2005, Monfil 2014).

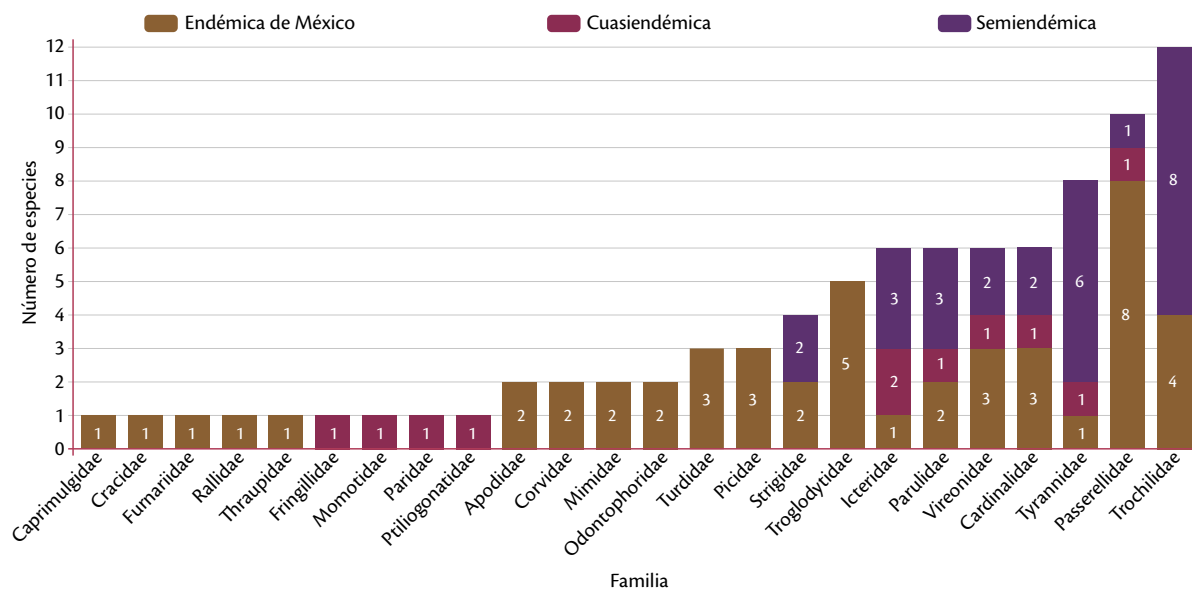


Figura 13. Especies endémicas de México, cuasiendémicas y semiendémicas por familias de aves de Morelos. Fuente: elaboración propia con datos de Navarro-Sigüenza *et al.* 2003, Urbina-Torres 2005, Berlanga *et al.* 2008.

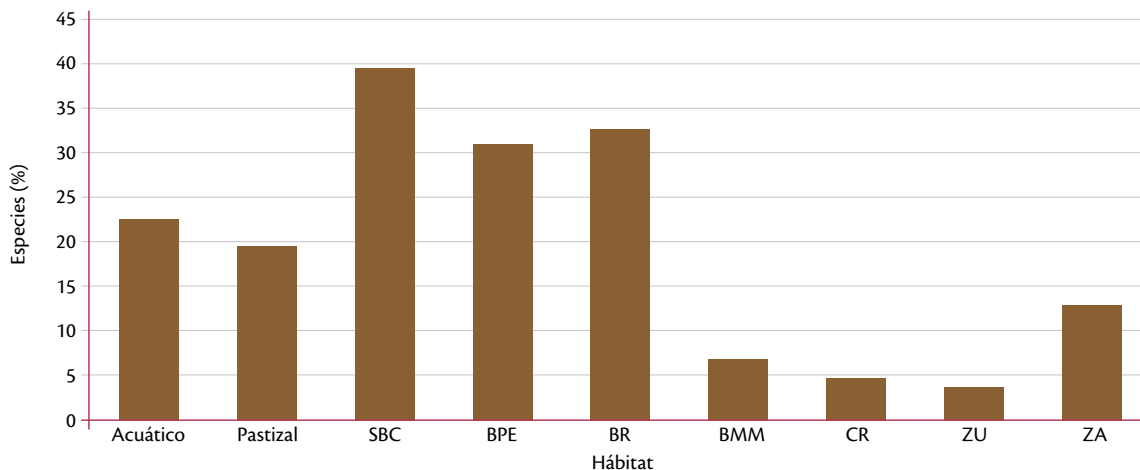


Figura 14. Porcentajes del uso del hábitat de las aves en Morelos. SBC: selva baja caducifolia; BPE: bosque de pino-encino; BR: bosque ripario; BMM: bosque mesófilo de montaña; CR: cañones y riscos; ZU: zonas urbanas; y ZA: zonas agrícolas. La suma no es 100% porque algunas especies se encuentran en más de un ambiente. Fuente: elaboración propia con datos de Navarro-Sigüenza *et al.* 2003, Urbina-Torres 2005, Berlanga *et al.* 2008.

## Registros de aves

Los municipios con más registros de especies de aves corresponden a Huitzilac y Cuernavaca, que presentan las observaciones más antiguas y numerosas, esto se explica debido a que el mayor número de registros se relaciona con el paso de las carreteras (Navarro-Sigüenza 1998).

Por otra parte, en la entidad se tienen colectados y descritos por primera vez 17 especies y subespecies en 10 localidades (cuadro 2). De estas localidades, el mayor número de especies corresponde a Tepoztlán con 198 especies (Urbina-Torres 2005) y Cuernavaca con 209 especies (Urbina-Torres 2016). Esta mayor riqueza puede deberse al hecho que estas áreas comparten los tipos de vegetación de selva baja caducifolia y bosque de pino-encino (Urbina-Torres 2005).

Los municipios con menos registros en el estado son: Tetela del Volcán, Zacualpan, Temoac, Ocuituco, Jonacatepec y Jantetelco. En el mismo caso se encuentran las localidades de Cerro Frío y El Salto, que pertenecen a la Reserva de Biosfera Sierra de Huautla en la zona suroeste del estado (Urbina-Torres 2005).

## Importancia

Los diferentes tipos de alimentación que presentan las aves, impactan en el ambiente al intervenir de manera directa en los ciclos de los ecosistemas, con el aporte de materia orgánica, ya que la mayoría de las aves son insectívoras y participan en el control de algunas plagas agrícolas. Asimismo, los carnívoros grandes y medianos contribuyen en el control de plagas como los roedores (Muñoz-Pedrerros 2014).

Por otro lado, algunas otras funciones importantes que ofrecen las aves en el ambiente son la polinización de una gran cantidad de plantas, que se realiza por las especies nectarívoras (Arizmendi y Berlanga 2014), así como las especies granívoras que ayudan a la dispersión de semillas (Iluz 2010).

Entre las formas de aprovechamiento que tienen las aves en Morelos están la cacería, practicada tradicionalmente por cazadores de la Ciudad de México, Puebla y los clubes locales (Retana-Guiascón 2006, Tello-Leyva *et al.* 2015).

**Cuadro 2.** Formas taxonómicas (especies y subespecies) descritas a partir de especímenes colectados en Morelos.

Especies y subespecies descritas	Localidad tipo	Autoridad taxonómica
<i>Aimophila ruficauda acuminata</i>	Yautepec	Salvin y Godman 1886
<i>Dendrortyx macroura griseipectus</i> <i>Campylorhynchus alticolus</i>	Huitzilac	Nelson 1897
<i>Thryothorus felix grandis</i>	Yautepec	Nelson 1900
<i>Vireolanius melitophrys goldmani</i>	Huitzilac	Nelson 1909
<i>Xenotriccus mexicanus</i>	Cuernavaca	Zimmer 1938
<i>Pachyramphus aglaiae gravis</i>	Puente de Ixtla	Van Rossem 1938
<i>Sitta pigmaea flavinucha</i>	Huitzilac	Van Rossem 1939
<i>Sialia mexicana amabile</i>	Huitzilac	Moore 1939
<i>Sicalis luteola mexicana</i> <i>Geothlypis poliocephala pontilis</i>	Puente de Ixtla	Brodokord 1943
<i>Cyanocitta stelleri atriceps</i>	Popocatepetl	Davis 1945
<i>Oporornis tolmiei monticola</i>	Yautepec	Phillips 1947
<i>Xenospiza baileyi sierrae</i>	La Cima (límites Morelos-Ciudad de México)	Pitelka 1947
<i>Melanerpes chrysogenys morelensis</i>	Cuernavaca	Moore 1950
<i>Pipilo erythrophthalmus vulcanorum</i>	Popocatepetl	Sibley 1950
<i>Agelaius phoeniceus nelsoni</i>	Coatetelco	Dickerman 1965
<i>Icterus pustulatus interior</i>	Cañón de Lobos	Phillips 1995

Fuente: elaboración propia.

Una actividad que se está desarrollando en el estado es la observación de aves, debido a la presencia de especies endémicas, condición que se reconoce por contar con cinco áreas importantes para la conservación de las aves (AICAS): Grutas de Cacahuamilpa, Cañón de Lobos, Sur del Valle de México, Sierra de Huautla y los volcanes Iztaccíhuatl y Popocatepetl (Benítez *et al.* 1999, Howell 1999, Arizmendi y Márquez-Valdelamar 2000).

### Situación y estado de conservación

De acuerdo con los criterios mundiales y nacionales, 68 especies y subespecies de aves de la entidad, están bajo alguna categoría de riesgo o amenaza, lo cual equivale a 14.8% del total estatal (SEMARNAT 2010, UICN 2020).

En el ámbito internacional la Lista Roja de especies amenazadas de la UICN (2020) incluye 15 especies con

alguna categoría de riesgo de las cuales dos están en la categoría en peligro, dos vulnerables, y 11 casi amenazadas. En el ámbito nacional en la NOM-059 (cuadro 3; SEMARNAT 2010) se encuentran 59 especies en alguna categoría de riesgo, siete están en peligro de extinción (P), 19 amenazadas (A) y 33 están sujetas a protección especial (Pr).

Se propone que en Morelos se priorice la protección a cinco especies más, debido a que algunas presentan poblaciones aisladas, como la tortolita pecho liso (*Columbina minuta*) y el granatelo mexicano (*Granatellus venustus*), se encuentran en el límite de su distribución conocida como el zacatonero embreado (*Peucaea mystacalis*), o son especies raras o poco estudiadas como el cuicacoche moteado (*Toxostoma ocellatum*), así como priorizar la conservación de 24 especies que tienen algún grado de endemismo y que se encuentran en riesgo (cuadro 3).

**Cuadro 3.** Listado de las especies de aves registradas en Morelos bajo alguna categoría de riesgo o amenaza de acuerdo a los criterios nacionales de la Norma Mexicana, e internacionales de la Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN, así como especies propuestas para su protección estatal.

Nombre científico	UICN (2013)*	NOM-059-SEMARNAT-2010**	Propuesta para protección estatal
<i>Accipiter cooperii</i>	LC	Pr	
<i>Accipiter striatus velox</i>	LC <sup>1</sup>	Pr <sup>1</sup>	
<i>Amaurospiza concolor relict</i>		P <sup>1</sup>	•
<i>Amazona albifrons</i>	LC	Pr	
<i>Anas platyrhynchos diazi</i>	LC <sup>1</sup>	A	•
<i>Aquila chrysaetos canadensis</i>	LC <sup>1</sup>	A <sup>1</sup>	
<i>Ara militaris mexicanus</i>	VU <sup>1</sup>	P <sup>1</sup>	•
<i>Asio stygius lambi</i>	LC <sup>1</sup>	A <sup>1</sup>	
<i>Basileuterus lachrymosus lachrymosus</i>	LC <sup>1</sup>		•
<i>Botaurus lentiginosus</i>	LC	A	
<i>Bubo virginianus mayensis</i>	LC <sup>1</sup>	A	
<i>Busarellus nigricollis nigricollis</i>	LC <sup>1</sup>	Pr <sup>1</sup>	
<i>Buteo albonotatus</i>	LC	Pr	
<i>B. lineatus texanus</i>	LC <sup>1</sup>	Pr <sup>1</sup>	
<i>B. platypterus platypterus</i>	LC <sup>1</sup>	Pr <sup>1</sup>	
<i>B. swainsoni</i>	LC	Pr	
<i>Buteogallus anthracinus anthracinus</i>	LC <sup>1</sup>	Pr <sup>1</sup>	
<i>B. urubitinga ridgwayi</i>	LC <sup>1</sup>	Pr <sup>1</sup>	
<i>Cairina moschata</i>	LC	P	
<i>Campephilus guatemalensis nelsoni</i>	LC <sup>1</sup>	Pr <sup>1</sup>	
<i>Catharus frantzii omitemensis</i>	LC <sup>1</sup>	A <sup>1</sup>	
<i>Charadrius nivosus</i>	NT	A <sup>2</sup>	
<i>Chondrohierax uncinatus uncinatus</i>	LC <sup>1</sup>	Pr <sup>1</sup>	

Cuadro 3. Continuación.

Nombre científico	UICN (2013)*	NOM-059-SEMARNAT-2010**	Propuesta para protección estatal
<i>Cinclus mexicanus mexicanus</i>	LC <sup>1</sup>	Pr <sup>1</sup>	
<i>Colinus virginianus graysoni</i>	NT <sup>1</sup>		•
<i>Columbina minuta interrupta</i>	LC <sup>1</sup>		•
<i>Contopus cooperi</i>	NT		•
<i>Cypseloides storeri</i>	DD	Pr	•
<i>Cyrtonyx montezumae montezumae</i>	LC <sup>1</sup>	Pr <sup>1</sup>	•
<i>Dendrortyx macroura griseipectus</i>	LC <sup>1</sup>	A <sup>1</sup>	•
<i>Dryobates stricklandi aztecus</i>		A <sup>1</sup>	•
<i>Picoides stricklandi aztecus</i>	LC <sup>1</sup>	A <sup>1</sup>	
<i>Eupsittula canicularis eburnirostrum</i>	LC <sup>1</sup>	Pr <sup>1,3</sup>	
<i>Falco mexicanus</i>	LC	A	
<i>F. peregrinus anatum</i>	LC <sup>1</sup>	Pr <sup>1</sup>	
<i>Geothlypis tolmiei monticola</i>	LC <sup>1</sup>	A <sup>1,4</sup>	
<i>Geranoaetus albicaudatus hypospodius</i>	LC <sup>1</sup>	Pr <sup>1,5</sup>	
<i>Glaucidium palmarum griscomi</i>	LC <sup>1</sup>	A <sup>1</sup>	•
<i>Grallaria guatemalensis binfordi</i>	LC <sup>1</sup>	A <sup>1</sup>	
<i>Granatellus venustus venustus</i>	LC <sup>1</sup>		•
<i>Ixobrychus exilis exilis</i>	LC <sup>1</sup>	Pr <sup>1</sup>	
<i>Leiothlypis crissalis</i>	LC	Pr <sup>6</sup>	•
<i>Megascops seductus</i>	LC	A	•
<i>Myadestes occidentalis</i>	LC	Pr	
<i>Mycteria americana</i>	LC	Pr	
<i>Nyctiphrynus mcleodii mcleodii</i>	LC <sup>1</sup>	Pr <sup>1</sup>	•
<i>Panyptila sanctihieronymi</i>	LC	Pr	
<i>Parabuteo unicinctus harrisi</i>	LC <sup>1</sup>	Pr <sup>1</sup>	
<i>Passerina ciris pallidior</i>	LC <sup>1</sup>	Pr <sup>1</sup>	•
<i>Peucaea mystacalis</i>	LC		•
<i>Psittacara holochlorus</i>	LC	A <sup>7</sup>	•
<i>Rallus limicola limicola</i>	LC <sup>1</sup>	A <sup>1</sup>	
<i>R. tenuirostris</i>	NT	p <sup>8</sup>	•
<i>Ridgwayia pinicola pinicola</i>	LC <sup>1</sup>	Pr <sup>1</sup>	•
<i>Salpinctes obsoletus obsoletus</i>	LC <sup>1</sup>		•
<i>Setophaga chrysoparia</i>	EN	p <sup>9</sup>	•
<i>Sternula antillarum browni</i>	LC	Pr <sup>1,10</sup>	
<i>Streptoprocne semicollaris</i>	LC	Pr	•
<i>Tachybaptus dominicus brachypterus</i>	LC <sup>1</sup>	Pr <sup>1</sup>	
<i>Tigrisoma mexicanum</i>	LC	Pr	
<i>Tilmatura dupontii dupontii</i>	LC <sup>1</sup>	A <sup>1</sup>	
<i>Toxostoma ocellatum villai</i>	LC <sup>1</sup>		•
<i>Turdus infuscatus</i>	LC	A	

Cuadro 3. Continuación.

Nombre científico	UICN (2013)*	NOM-059-SEMARNAT-2010**	Propuesta para protección estatal
<i>Vireo atricapilla</i>	NT	P	•
<i>V. bellii bellii</i>	LC <sup>1</sup>		•
<i>V. brevipennis browni</i>	LC <sup>1</sup>	A <sup>1</sup>	•
<i>V. nelsoni</i>	LC	Pr	•
<i>Xenospiza baileyi</i>	EN	P	•
<i>Xenotriccus mexicanus</i>	LC	Pr	•

\*UICN: En peligro (EN); vulnerable (VU); casi amenazada (NT); datos insuficientes (DD). \*\*SEMARNAT: En peligro de extinción (P); amenazada (A); y sujeta a protección especial (Pr). <sup>1</sup>La especie es la que está reportada bajo alguna categoría de riesgo en la NOM o UICN. <sup>2</sup>En SEMARNAT 2010 está como *Charadrius alexandrinus* subsp. *nivosus*. <sup>3</sup>Sinónimo de *Aratinga canicularis eburnirostrum*. <sup>4</sup>Sinónimo de *Oporornis tolmiei monticola*. <sup>5</sup>Sinónimo de *Buteo albicaudatus hypospodius*. <sup>6</sup>En SEMARNAT 2010 está como *Vermivora crissalis*. <sup>7</sup>En SEMARNAT 2010 está como *Aratinga holochlora*. <sup>8</sup>En SEMARNAT 2010 está como *Rallus elegans tenuirostris*. <sup>9</sup>En SEMARNAT 2010 está como *Dendroica chrysoparia*. <sup>10</sup>Sinónimo de *Sterna antillarum browni*. Fuente: elaboración propia con datos de SEMARNAT 2010, UICN 2020.

Todas las especies rapaces, tanto diurnas como nocturnas, se ven amenazadas directamente por disparos de armas de fuego o el robo de sus nidos para la venta como mascotas. En el caso de los búhos, todavía son sacrificados por el temor que se les tiene y al igual que las rapaces diurnas son cazadas por personas armadas. En la entidad 12 de las 18 especies de la familia Accipitridae se encuentran en la NOM-059 (68.4%; SEMARNAT 2010).

## Factores de presión

Los problemas que enfrentan las aves, y en general la fauna silvestre en Morelos, son derivados de la intervención humana, como las actividades de cacería ilegal, la contaminación de los cuerpos de agua, el severo cambio de uso del suelo (60% es agrícola), el aumento de la población humana (con una tasa de crecimiento anual mayor de 3%), la pérdida de los pastizales por el sobrepastoreo, y la degradación de la selva baja caducifolia y los bosques templados por incendios, extracción de madera, plantas medicinales y leña (Flores-Villela y Gerez 1994, Contreras-MacBeath *et al.* 2006).

A la fecha las actividades de cacería se manejan mediante la figura de unidades de manejo para la conservación de la vida silvestre (SEMARNAP 2000). Sin embargo, en la mayor parte de la entidad hay actividades de cacería en áreas naturales protegidas (ANP) y fuera de temporada, la cual deberá ser vigilada mediante esquemas comunitarios asesorados por las autoridades gubernamentales (observación personal).

Las especies que se utilizan para la cacería en Morelos son codornices y palomas, así como ocasionalmente las

chachalacas (*Ortalis poliocephala*), aunque esta última no está autorizada en el calendario (cuadro 4).

Por otro lado, la cacería de la ganga (*Bartramia longicauda*) y la agachona (*Gallinago delicata*) es una actividad tradicional en Morelos (Flores 2017). Los patos y otras aves acuáticas figuran entre las especies que se aprovechan principalmente de manera local y a pesar de presentar numerosas especies (19 en total), sus poblaciones son reducidas (Urbina-Torres 2005).

De acuerdo con el Calendario época hábil para el aprovechamiento de aves canoras y de ornato para fines de subsistencia en la temporada 2017-2018, en México están autorizadas para su captura 32 especies de aves (SEMARNAT 2017). Específicamente para el estado, en dicho calendario se autoriza la captura de 22 especies, sin embargo, hasta la fecha únicamente se tiene el registro de 17 de éstas (cuadro 4).

Es evidente que existe un mercado para estas especies, ya que pueden verse pajareros en varios puntos de Morelos (Cuernavaca, Chiconcuac) y en mercados municipales (observación personal). En México, existe una organización que agrupa a los que practican esta actividad (Roldán-Clarà y Toledo 2017) y en Morelos esta actividad se realiza en localidades cercanas al volcán Popocatepetl (observación personal).

Los ambientes acuáticos se contaminan con los aportes de los drenajes de las ciudades, los fertilizantes y los pesticidas vertidos en los campos agrícolas abatiendo la fauna acuática y riveriega (Urbina-Torres y Mejía-Mojica 2016). Otra amenaza a la que se enfrentan las aves, es la introducción de especies no nativas y nativas de otras regiones del país, debido a las



**Cuadro 4.** Especies con algún tipo aprovechamiento extractivo por cacería o captura como aves canoras en Morelos.

Nombre científico	Nombre común*	Forma de aprovechamiento	Estatus de conservación
<i>Agelaius phoeniceus</i>	Magallón, tordo sargento	Canora y de ornato	
<i>Anas acuta</i>	Patos y cercetas	Cinegética	
<i>A. americana</i>	Patos y cercetas	Cinegética	
<i>A. clypeata</i>	Patos y cercetas	Cinegética	
<i>A. crecca</i>	Patos y cercetas	Cinegética	
<i>A. discors</i>	Patos y cercetas	Cinegética	
<i>A. platyrhynchos</i>	Patos y cercetas	Cinegética	<i>A. p. diazi</i> amenazada**
<i>A. strepera</i>	Patos y cercetas	Cinegética	
<i>Aythya americana</i>	Patos y cercetas	Cinegética	
<i>A. affinis</i>	Patos y cercetas	Cinegética	
<i>Batramia longicauda</i>	Ganga	Cinegética	
<i>Bombycilla cedrorum</i>	Chinito	Canora y de ornato	
<i>Calocitta colliei</i>	Urraca cara negra	Canora y de ornato	
<i>C. formosa</i>	Urraca cara blanca	Canora y de ornato	
<i>Cardinalis cardinalis</i>	Cardenal rojo	Canora y de ornato	
<i>Colinus virginianus</i>	Codorniz cotui	Cinegética	<i>C. v. graysoni</i> , amenazada** y casi amenazada***
<i>Corvus corax</i>	Cuervo común	Canora y de ornato	
<i>Haemorhous mexicanus</i>	Gorrión mexicano, pinzón mexicano	Canora y de ornato	
<i>Icterus parisorum</i>	Calandria tunera, bolsero tunero	Canora y de ornato	
<i>Mimus polyglottos</i>	Cenzontle norteño	Canora y de ornato	
<i>Molothrus ater</i>	Tordo negro, tordo cabeza café	Canora y de ornato	
<i>Passer domesticus</i>	Gorrión doméstico	Canora y de ornato	
<i>Passerina amoena</i>	Gorrión jaspeado, colorín lázuli	Canora y de ornato	
<i>P. caerulea</i>	Gorrión maicero, picogordo azul	Canora y de ornato	
<i>Phoebastria melanocephala</i>	Tigrillo común, picogordo tigrillo	Canora y de ornato	
<i>Philortyx fasciatus</i>	Codorniz rayada o listada	Cinegética	
<i>Ptilinopus cinereus</i>	Floricano, capulnero	Canora y de ornato	
<i>Sialis sialis</i>	Ventura azul, azulejo	Canora y de ornato	
<i>Spinus psaltria</i>	Dominico, jilguero dominico	Canora y de ornato	
<i>Sporophila torqueola</i>	Chatito, semillero de collar	Canora y de ornato	
<i>Sturnus vulgaris</i>	Estornino	Canora y de ornato	
<i>Toxostoma curvirostre</i>	Huitlacoche común, cuicacoche pico curvo	Canora y de ornato	
<i>Turdus rufipalliatus</i>	Primavera huertera, mirlo dorso canelo	Canora y de ornato	
<i>Volatinia jacarina</i>	Cuervito, semillero brincador	Canora y de ornato	
<i>Xanthocephalus xanthocephalus</i>	Tordo cabeza amarilla	Canora y de ornato	
<i>Zenaida asiatica</i>	Paloma alas blancas	Cinegética	
<i>Z. macroura</i>	Paloma huilota	Cinegética	

\*Nombres utilizados por SEMARNAT 2017. Estatus de conservación de \*\*SEMARNAT (2010) y \*\*\*UICN (2020). Fuente: elaboración propia con datos de SEMARNAT 2010, 2017, UICN 2020.

parasitosis que puedan traer consigo (Gómez de Silva *et al.* 2005).

Entre las especies de las cuales se tiene evidencia de su establecimiento en Morelos, se encuentran las que se distribuyen de manera natural como la garza ganadera (*Bubulcus ibis ibis*); otras introducidas para su reproducción y consumo, como el pato real (*Cairina moschata*); y algunas ornamentales, como la paloma de collar turca (*Streptopelia decaocto decaocto*) y la paloma doméstica (*Columba livia*).

También se han introducido aves para el aprovechamiento cinegético como codornices (*Callipepla* spp.) y el faisán de collar (*Phasianus colchicus*; Urbina-Torres 2005, Urbina-Torres *et al.* 2009).

La mayoría de las especies de aves de ornato introducidas y que se establecieron en la entidad son loros y pericos como: el periquito australiano (*Melopsittacus undulatus*), el perico monje argentino (*Myiopsitta monachus*), el perico mexicano (*Psittacara holochlorus*), el loro frente blanca (*Amazona albifrons*) y el loro cachetes amarillos (*A. autumnalis*).

Recientemente, se han registrado otras cuatro especies de psitácidos en la zona metropolitana del estado, el loro corona lila (*A. finschi*), el loro cabeza amarilla (*A. oratrix*), el periquito ñanday (*Aratinga nenday*) y la cotorra cabecirroja (*Psittacara* sp.), de las cuales aún no se cuenta con evidencia de su establecimiento (Urbina-Torres 2017).

Otras aves ornamentales establecidas en Morelos: son la urraca cara negra (*Calocitta colliei*), el estornino pinto (*Sturnus vulgaris*) y el gorrión doméstico (*Passer domesticus*; Urbina-Torres 2005, observación personal).

## Acciones de conservación

Las políticas de conservación, a través la promoción y establecimiento de ANP en el estado, son proporcionalmente de las mayores del país, entre las reservas estatales y federales, cuenta con una superficie que alcanza 25% del territorio, lo que permite que se encuentre en algún marco jurídico de protección (Urbina-Torres 2005, Contreras-MacBeath *et al.* 2006).

En Morelos se encuentran cinco ANP de carácter federal, siete de carácter estatal y dos municipales, en algunos casos coinciden con las áreas de importancia para la conservación de las aves (AICAS), de las cuales

cinco se encuentran en Morelos (Benítez *et al.* 1999, Arizmendi y Márquez-Valdelamar 2000, Urbina-Torres 2005, Contreras-MacBeath *et al.* 2006).

Asimismo, en el estado se encuentran representados en su totalidad los siete tipos de vegetación dentro de las ANP; los bosques de pino, pino-encino y la selva baja caducifolia son los mejor representados (Contreras-MacBeath *et al.* 2006), mientras que el matorral xerófilo, el pastizal natural, así como el hábitat acuático son los menormente representados (Urbina-Torres 2005).

## Conclusiones y recomendaciones

En Morelos se distribuyen algunas especies que presentan poblaciones aisladas o que tienen algún grado de endemismo. Si para la conservación de especies se toma como criterio de selección que se encuentren en alguna categoría en la UICN (2020), como amenazada (A) o en peligro de extinción (P), de acuerdo con las categorías de la NOM-059 (SEMARNAT 2010) y que sea endémica de México, se propone se consideren en políticas de protección estatal las 30 especies marcadas para tal efecto en el cuadro 3.

Por otra parte, es necesario emprender acciones de monitoreo de especies que pueden ser indicadoras de impacto ambiental (especies carnívoras), como los gavilanes de la familia Accipitridae, cuyas poblaciones están decreciendo notablemente (observación personal), sin que se cuente con registros detallados y sin que se conozcan las causas.

Es necesario investigar acerca del estado de las poblaciones mediante el estudio de los parámetros poblacionales primarios, los cuales son proyectos de monitoreo a largo plazo que permiten conocer indicadores de sobrevivencia de las aves y relacionarlos con la estructura y dinámica del hábitat (Berlanga *et al.* 2010).

Se considera de acuerdo con la riqueza y el endemismo de las especies que es prioritario dar protección a tres zonas:

1. Las sierras del poniente de Morelos, que se encuentran localizadas en los municipios de Tetecala, Coatlán del Río y Miacatlán, con una altitud que va de 1 000 a 1 800 msnm, esta área se encuentra conectada con la sierra de Taxco (AICA).
2. Las sierras del centro, localizadas en los municipios de Tlaquiltenango, Jojutla, Zacatepec, Tlaltizapán, Aya-

la y Yauatepec, con altitudes de 950 a 1 400 msnm, esta área comprende cerros como La Tortuga en Zacatepec (ANP estatal) y los cerros de Jojutla y Tlaquiltenango.

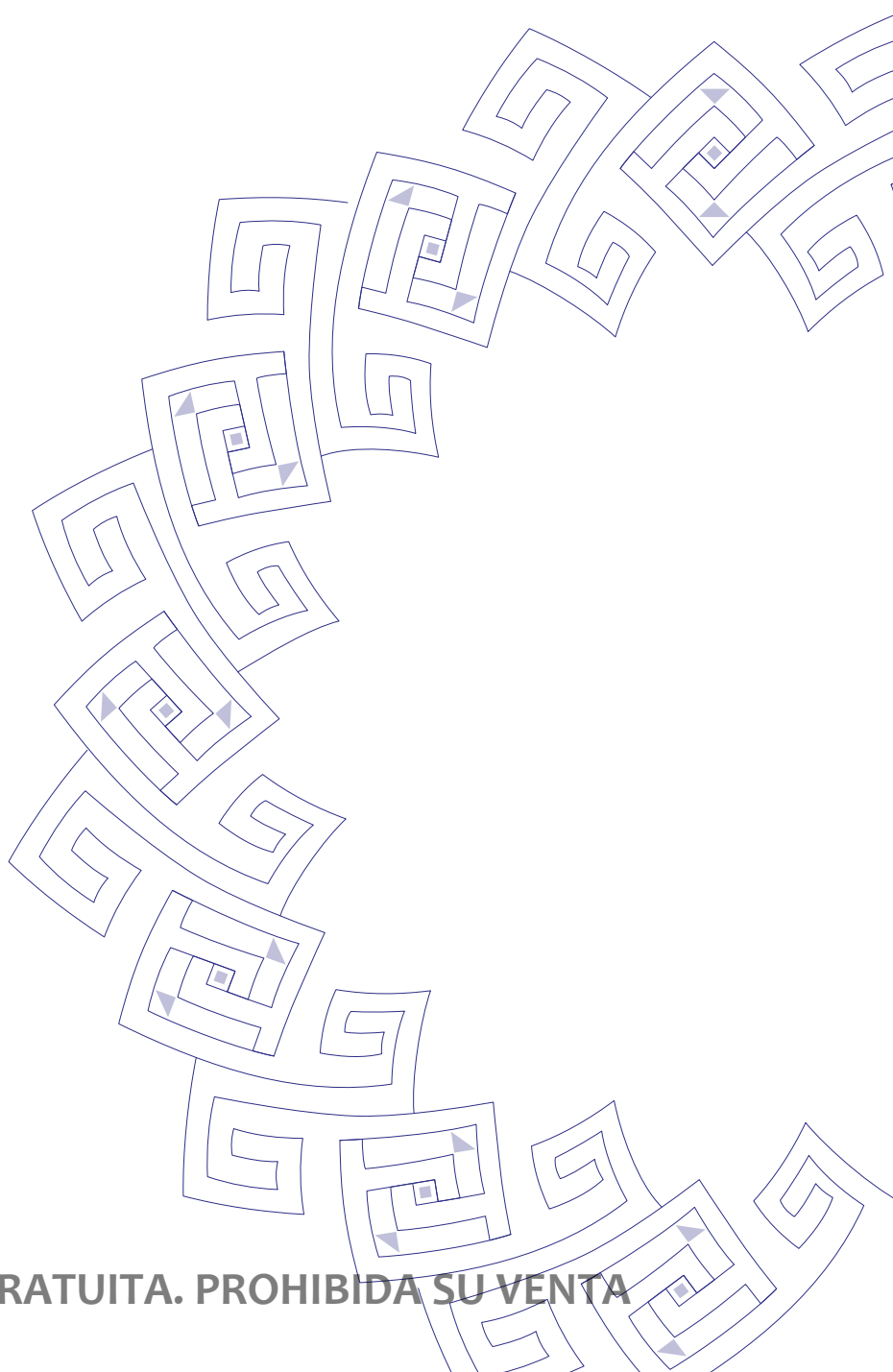
3. La sierra de Tlayca, que se encuentra en el municipio de Jonacatepec, con altitudes entre 1 200 y 1 700 msnm, es una pequeña sierra que no ha sido estudiada desde el punto de vista ornitológico.

La conservación de las aves acuáticas se puede llevar a cabo mediante la habilitación y la suplementación de hábitat de El Rodeo, Miacatlán, que por la variación en los niveles de agua impide el establecimiento de vegetación acuática, que es un importante refugio para las aves acuáticas (Guitart 1999). Así como la promoción para que Coatetelco pertenezca a la convención Ramsar, que entró en vigor en México el 4 de noviembre de 1986 y que tiene 142 sitios designados como humedales de importancia internacional (Ramsar 2014).

## Referencias

- AOU. American Ornithologists' Union. 1957. *Checklist of North American Birds*. AOU, Baltimore.
- . 1998. *Checklist of North American Birds*. AOU, Washington.
- Arizmendi, M.C. y H. Berlanga. 2014. *Colibríes de México y Norteamérica*. CONABIO, México.
- Arizmendi, M.C. y L. Márquez-Valdelamar (eds.). 2000. *Áreas de importancia para la conservación de las aves en México*. CONABIO, México.
- Benítez, H., C. Arizmendi y L. Márquez. 1999. *Base de Datos de las áreas de importancia para la conservación de las aves (AICAS)*. CIPAMEX/BirdLife International/CONABIO/FMCN/CCA. En: <<http://conabioweb.conabio.gob.mx/aicas/doctos/aicas.html>>, última consulta: 29 de noviembre de 2017.
- Berlanga, H., H. Gómez de Silva, V.M. Vargas-Canales et al. 2015. *Aves de México: lista actualizada de especies y nombres comunes*. CONABIO, México.
- Berlanga, H., V. Rodríguez-Contreras, A. Oliveras de Ita et al. 2008. *Red de Conocimientos sobre las Aves de México (AVESMX)*. CONABIO. En: <[avesmx.conabio.gob.mx](http://avesmx.conabio.gob.mx)>, última consulta: 29 de noviembre de 2017.
- Berlanga, H., J.A. Kennedy, T.D. Rich et al. 2010. *Conservando a nuestras aves compartidas: La visión trinacional de Compañeros en Vuelo para la conservación de las aves terrestres*. Cornell Lab of Ornithology, Ithaca.
- Clements, J.F., T.S. Schulenberg, M.J. Iliff et al. 2016. *The eBird/Clements checklist of birds of the world. Versión 2016*. En: <<http://www.birds.cornell.edu/clementschecklist/download/>>, última consulta: 29 de noviembre de 2016.
- Contreras-MacBeath, T., J.C. Boyás y F. Jaramillo. 2006. *La diversidad biológica en Morelos: estudio del estado*. CONABIO/UAEM, México.
- Flores, J.M. 2017. Residente de Morelos. Comunicación personal, septiembre.
- Flores-Villela, O. y P. Gerez. 1994. *Biodiversidad y conservación en México: vertebrados, vegetación y uso de suelo*. CONABIO/UNAM, México.
- Gómez de Silva, H., A. Oliveras de Ita y R.A. Medellín. 2005. *Myiopsitta monachus. Vertebrados superiores exóticos en México: diversidad, distribución y efectos potenciales*. Instituto de Ecología-UNAM/Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad-CONABIO, México.
- Gómez-Márquez, J.L., B. Peña-Mendoza, M.P. Rosas-Hernández et al. 2009. Inventario de los sistemas lénticos del estado de Morelos. En: *Memorias del x Simposio Internacional y v Congreso Nacional de Agricultura Sostenible*. Tuxtla Gutiérrez.
- Gordillo-Martínez, A. y A.G. Navarro-Sigüenza. 2006. *Catálogo de autoridad taxonómica de la avifauna de México*. Facultad de Ciencias-UNAM. Proyecto CS010. Informe técnico final presentado al Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad-CONABIO.
- Guitart, R.S. 1999. *Restauración ecológica de la laguna de El Rodeo para fomentar la presencia de aves acuáticas*. Tesis de licenciatura en ciencias ambientales. Universidad Autónoma de Barcelona/UAEM, Cuernavaca.
- Howell, S.N.G. 1999. *A bird-finding guide to Mexico*. Cornell University Press, Ithaca.
- Iluz, D. 2010. Zoochory: the dispersal of plants by animals. En: *All flesh is grass. Cellular origin, life in extreme habitats and astrobiology*. Vol. 16. Z. Dubinsky y J. Seckbach (eds.). Springer, Dordrecht, pp. 199-214.
- ITIS. Integrated Taxonomic Information System. 2017. *ITIS Data Access*. En: <<https://www.itis.gov/>>, última consulta: 07 de junio de 2018.
- Lepage, D. 2017. *Avibase*. Bird Studies Canada/BirdLife International. En: <<https://avibase.bsc-eoc.org/avibase.jsp?lang=>>>, última consulta: 29 de junio de 2017.
- Miller, A.S. y P.J. Harley. 1996. *Zoology*. Wm. C. Brown publishers, Iowa.
- Monfil V., J.A. 2014. *Avifauna acuática en los bordos de la zona poniente del estado de Morelos*. Tesis de licenciatura en ciencias biológicas. Facultad de Ciencias Biológicas-UAEM, Cuernavaca.
- Muñoz-Pedrerros, A. 2014. Aves rapaces y control biológico de plagas. En: *Aves Rapaces de Chile*. A. Muñoz-Pedrerros, J. Rau y J. Yáñez (eds.). CEA Ediciones, Valdivia, pp. 307-334.

- Navarro-Sigüenza, A.G. 1998. *Distribución geográfica y ecológica de la avifauna de Guerrero, México*. Tesis de doctorado en ciencias biológicas. Facultad de Ciencias-UNAM, México.
- Navarro-Sigüenza, A.G., A.T. Peterson y A. Gordillo-Martínez. 2003. Museums working together: the atlas of the birds of Mexico. *Bulletin of the British Ornithologists' Club* 123A:207-225.
- Navarro-Sigüenza, A.G., M.F. Rebón-Gallardo, A. Gordillo-Martínez et al. 2014. Biodiversidad de aves en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85(Supl.):S476-S495.
- Navarro-Sigüenza, A.G., M.G. Torres y B.P. Escalante. 1991. *Catálogo de aves. Serie de catálogos del museo "Alfonso L. Herrera"*. UNAM, México.
- Ramsar. 2014. *México, todos los sitios en México*. The Ramsar Convention Secretariat. En: <<https://www.ramsar.org/es/humedal/mexico>>, última consulta: 30 de mayo de 2018.
- Retana-Guiascón, Ó.G. 2006. *Fauna silvestre de México: aspectos históricos de su gestión y conservación*. FCE/UACAM, México.
- Roldán-Clará, B. y V.M. Toledo. 2017. Los pajareros de México: semblanza de una actividad biocultural. *Biodiversitas* 133:6-11.
- Rubalcava, C.A. 1999. *Las aves acuáticas en el estado de Morelos*. Tesis de licenciatura en ciencias biológicas. Facultad de Ciencias Biológicas-UAEM, Cuernavaca.
- SEMARNAP. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. 2000. *Ley General de Vida Silvestre*. Publicada el 3 de julio de 2000 en el Diario Oficial de la Federación. Última reforma publicada el 19 de enero de 2018.
- SEMARNAT. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. *Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010*. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.
- . 2017. *Calendario de épocas hábiles y lista de especies de aves canoras y de ornato para captura con fines de subsistencia temporada 2017-2018*. Dirección General de Vida Silvestre-SEMARNAT, México.
- Tello-Leyva, Y.M., S.E. Vázquez-Herrera, A. Juárez-Reina y M. González-Pérez. 2015. Turismo cinegético: ¿una alternativa de desarrollo sustentable? *European Scientific Journal* 11(20):1-16.
- UICN. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. 2020. *Lista Roja de especies amenazadas de la uicn. Version 2020-2*. En: <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>, última consulta: 17 de julio de 2020 .
- Urbina-Torres, F. 2005. *Análisis de la distribución de las aves del estado de Morelos, México*. Tesis de maestría en ciencias biológicas. Facultad de Ciencias-UNAM, México.
- . 2016. Aves con pase directo al campus Chamilpa de la UAEM. *Vórtice* 3(12):10-11.
- . 2017. Especies de pericos (psitácidos) en Morelos. *Inventio. Ciencia y Tecnología* 29:34-38.
- Urbina-Torres, F. y H. Mejía-Mojica. 2016. Propuesta de manejo de áreas naturales protegidas en Cuernavaca, Morelos, México. En: *Territorio, recursos y procesos productivos*. E. Guzmán, N.B. Guzmán e I.S. Aguilar (coords.). UAEM/Editorial El Errante, Cuernavaca, pp. 173-184.
- Urbina-Torres, F., C. Romo de Vivar-Álvarez y A.G. Navarro-Sigüenza. 2009. Notas sobre la distribución de algunas aves en Morelos, México. *Hutzil* 10(1):30-37.



**DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA**

# Monitoreo de aves en San Andrés de la Cal

Juan Carlos Morales Hernández y Cesar Daniel Jiménez Piedrajil

## Introducción

Las aves se pueden encontrar en casi cualquier lugar (bosques, desiertos, selvas, montañas, jardines domésticos), y aunque cada especie es única en cuanto a su ecología y distribución, se ha demostrado que son un componente importante de la biodiversidad de los ecosistemas. Lo anterior se debe a que por sus hábitos alimenticios actúan como polinizadoras, dispersoras de semillas, plantas y animales, así como controladoras de plagas y buenos indicadores de la calidad en el ambiente (Shiels y Walker 2003)

La calidad de un ambiente o hábitat está dada por su alta diversidad, es decir, el número de especies presentes en ese ambiente, la cual depende de factores históricos, geográficos, ecológicos o evolutivos (Gillespie y Walter 2001). Uno de los factores ecológicos más significativos para las aves es la estructura del hábitat, esto es, la composición florística de la vegetación, la cual ofrece sitios donde las aves puedan posar, cantar, proteger de los depredadores, anidar y alimentarse.

De igual forma, la estructura del hábitat también determina la presencia de algunas especies o grupos de aves (Cody 1985, Wolda 1990).

## San Andrés de la Cal

Las regiones donde se localizan los diferentes hábitats que conforman los ecosistemas se constituyen por varios tipos de vegetación que permiten alojar una gran variedad de flora y fauna (Romo de Vivar y Urbina 2006). El caso específico de la localidad de San Andrés de la Cal en el municipio de Tepoztlán, y en particular la composición de la comunidad de aves de ese lugar, se debe a los factores geográficos, ecológicos y florísticos que ahí convergen.

San Andrés de la Cal, es uno de los núcleos urbanos ubicados dentro de la poligonal que delimita el área natural protegida (ANP) Parque Nacional El Tepozteco (figura 1). A pesar de la categoría de protección, el cambio de uso del suelo en la región altera drásticamente los ambientes tanto para el grupo de las aves como para otros grupos taxonómicos (Morales 2009).

En términos biogeográficos la ubicación de San Andrés de la Cal dentro de las regiones Neártica y Neotropical favorece la presencia de especies de aves migratorias de invierno y migratorias de verano (Morales 2009). En términos ecológicos, la convergencia de dos zonas importantes de tipos de vegetación: pino-encino en la parte norte del municipio y selva baja caducifolia al sur, así como la proximidad del Parque Estatal El Texcal y la continuidad con la Reserva Estatal Sierra de Monte Negro, favorecen la presencia de aves residentes y migratorias (Morales 2009).

## Acciones de conservación

A mediados de 2006, la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) implementó diversas estrategias de estudio enfocadas en la observación y registro de especies prioritarias para la conservación. Esta instancia federal a través del personal técnico del ANP Corredor Biológico Chichinautzin y en colaboración con el Centro de Investigaciones Biológicas (CIB) de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM), dio inicio con la elaboración de un protocolo de monitoreo para aves terrestres.

El objetivo principal fue conocer el número de especies de aves presentes en la localidad, y de qué manera las especies estaban asociadas al tipo de vegetación (Romo de Vivar y Urbina 2006). Los esfuerzos también fueron encaminados a la conservación de los sitios de llegada de especies migratorias y residentes.

Morales-Hernández, J.C. y C.D. Jiménez-Piedrajil. 2020. Monitoreo de aves en San Andrés de la Cal. En: *La biodiversidad en Morelos. Estudio de Estado 2. Vol. II*. CONABIO, México, pp. 326-330.

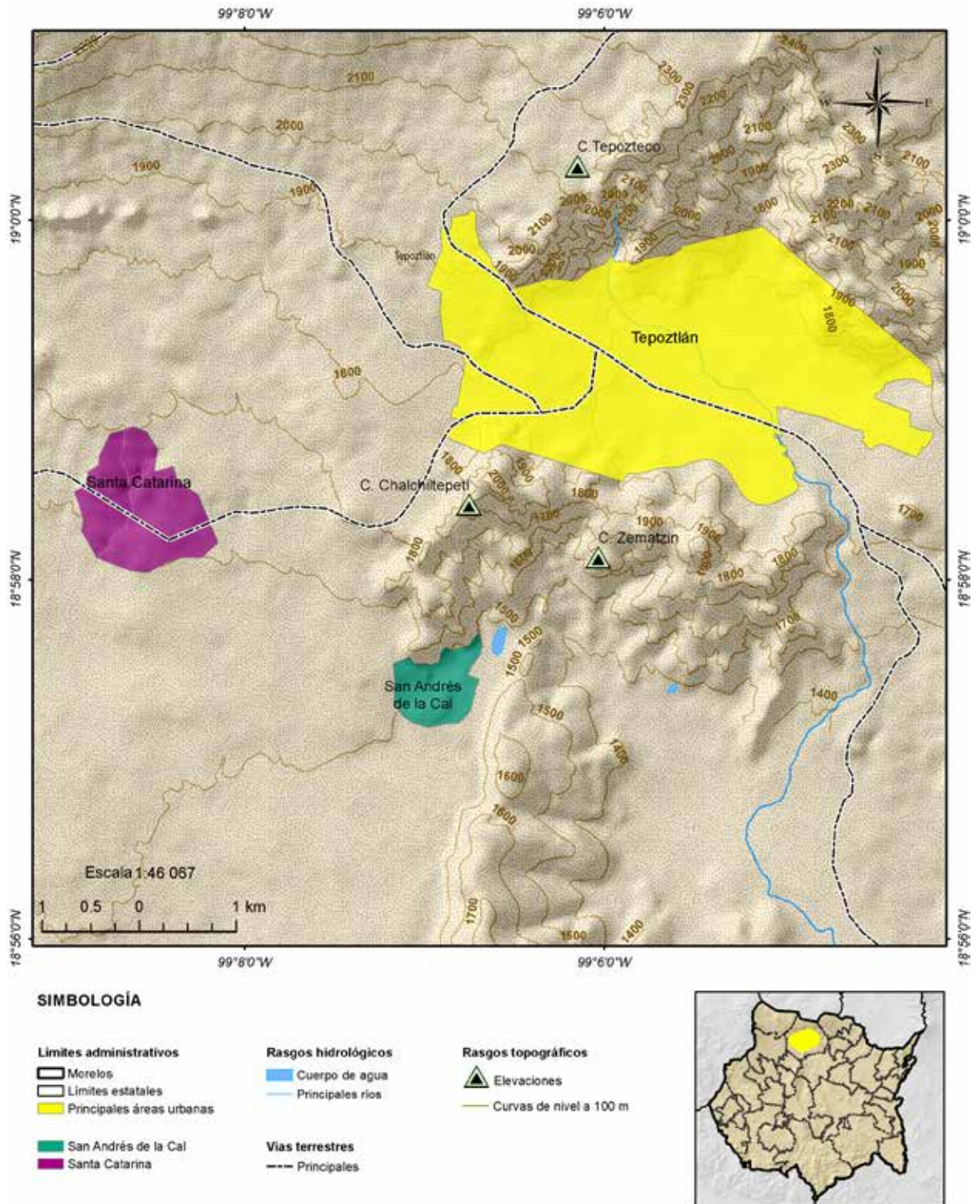


Figura 1. Localización de San Andrés de la Cal, Tepoztlán. Fuente: elaboración propia.

Fue hasta 2007, cuando se puso en práctica el desarrollo de la metodología. Posteriormente, durante los siguientes cuatro años se desarrollaron las actividades de observación y registro por parte del personal técnico del área protegida.

De 2011 a 2014 la CONANP, a través del Programa de Monitoreo Biológico en ANP (PROMOBI) dio la oportunidad a otras instituciones académicas y asociaciones civiles de participar con la elaboración de propuestas de monitoreo para dar continuidad a las actividades de monitoreo de aves.

Como resultado de los siete años de monitoreo (2007 a 2014), se registró un total de 231 especies pertenecientes a 39 familias de 15 órdenes. De acuerdo a la NOM-059, de las especies registradas, cuatro están catalogadas bajo el estatus de protección especial y sólo una está como amenazada (SEMARNAT 2010).

El cuadro 1 muestra el número de especies de acuerdo a la distribución geográfica y la estacionalidad que se han reportado para San Andrés de la Cal.

Las especies más abundantes fueron el colibrí corona violeta (*Amazilia violiceps*, figuras 2a y b), matraca del Balsas (*Campylorhynchus jocosus*, figura 2c), zorzal cara gris (*Catherus minimus*), saltapared barranqueño (*Catherpers mexicanus*), trepatroncos mexicano (*Lepidocolaptes leucogaster*), zacatonero pecho negro (*Peucaea humeralis*), búho cornudo (*Bubo virginianus*, figura 2d), tecolote del Balsas (*Megascops seductus*), aguililla cola roja (*Buteo jamaicensis*, figura 2e), calandria dorso negro menor (*Icterus cucullatus*, figura 2f), gavilán

de Cooper (*Accipiter cooperii*), huilota común (*Zenaida macroura*), y el pájaro reloj (*Momotus mexicanus*).

De los 15 órdenes registrados, el que presentó mayor número de especies fue el de los Passeriformes (aves canoras) con 152.

## Conclusiones y recomendaciones

La localidad de San Andrés de la Cal es una zona importante de recambio de especies entre el bosque de pino-encino de la parte norte del Parque Nacional el Tepozteco y la selva baja caducifolia que se distribuye en zona centro del estado, desde el Parque Estatal El Texcal a través de la Reserva Estatal Sierra de Monte Negro.

En general, la riqueza de aves de la selva baja caducifolia de San Andrés de la Cal, así como la de otras zonas del país, está dada por la diversidad florística que ofrece una gran cantidad de recursos alimenticios, además, la variedad de estratos que presenta permite la apertura de nichos ecológicos y la llegada de diferentes especies.

Otro factor que explica esta diversidad de aves, es la cercanía de otros ecosistemas o tipos de vegetación, que influyen en la presencia ocasional de otras especies o grupos de aves. El nivel de deterioro por el avance del cambio del uso del suelo en la localidad de San Andrés de la Cal, permite resaltar la importancia de implementar otros proyectos de monitoreo y seguimiento con énfasis a la recuperación de ciertas especies de aves, y que permita realizar la toma de decisiones en el manejo de las especies.

**Cuadro 1.** Número de especies reportadas para San Andrés de la Cal por distribución geográfica y la estacionalidad.

	Estatus	Descripción	Número de especies
Distribución geográfica	Endémicas	Únicamente existen en México	15
	Cuasiendémicas	Especies que penetran ligeramente a un país vecino debido a la continuidad de los hábitat o sistemas montañosos	3
	Semiendémicas	Especies que se encuentran en un país o región en una determinada época del año	13
Estacionalidad	Residentes permanentes	Se encuentran a lo largo del año en el país (incluido el periodo de reproducción)	62
	Residentes de invierno	Por lo general, se reproducen en Canadá y Estados Unidos y pasan el invierno en México	18
	Residentes de verano	Se encuentran en México durante la etapa reproductiva en primavera y verano, y pasan el resto del año en Sudamérica	70
	Ocasionales	Especies cuya presencia en México es irregular pero se ha reportado varias veces en el tiempo	8
	Transitorias	Son especies que utilizan el territorio como sitio de paso a sus sitios de reproducción o invernación durante otoño y/o primavera	2

Fuente: elaboración propia.

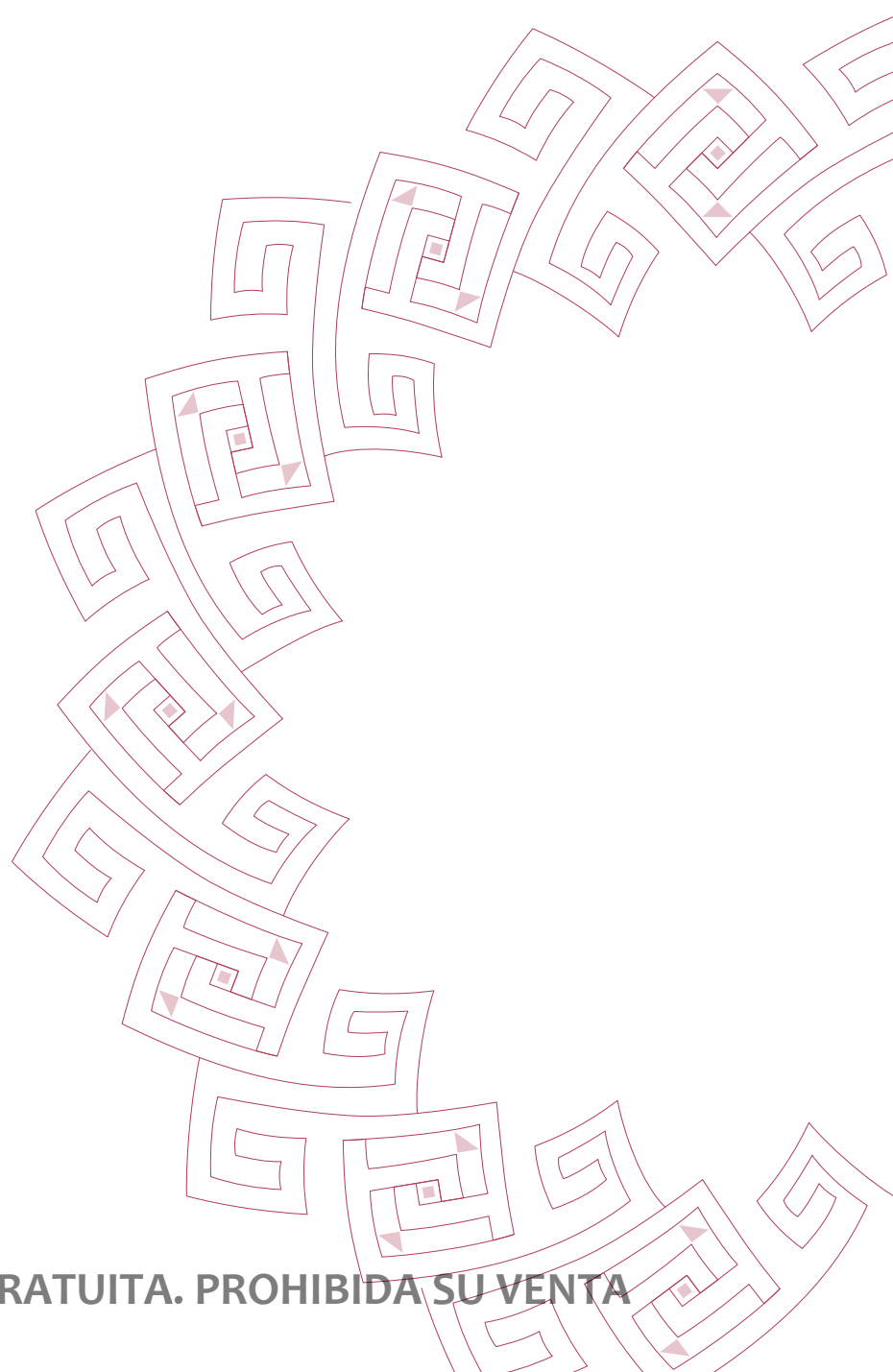




**Figura 2.** Ejemplares de las especies más abundantes reportadas en San Andrés de la Cal: a, b) colibrí corona violeta (*Amazilia violiceps*); c) matraca del Balsas (*Campylorhynchus jocosus*); d) búho cornudo (*Bubo virginianus*); e) aguililla cola roja (*Buteo jamaicensis*); y f) calandria dorso negro menor (*Icterus cucullatus*). Fotos: archivo CONANP.

## Referencias

- Cody, M.L. 1985. *Habitat selection in birds*. Academic Press, Nueva York.
- Gillespie, T.W. y H. Walter. 2001. Distribution of bird species richness at regional scale in tropical dry forest of Central America. *Journal of Biogeography* 28:651-662.
- Morales, J.C., 2009. *Asociación de la riqueza y diversidad de aves en la selva baja caducifolia de San Andrés de la Cal, municipio de Tepoztlán, Morelos*. Tesis de licenciatura en ciencias biológicas. Facultad de Ciencias Biológicas-UAEM, Cuernavaca.
- Romo de Vivar, C. y T.F. Urbina. 2006. *Informe técnico de monitoreo de las aves de San Andrés de la Cal, Municipio de Tepoztlán, Morelos*. CONANP/SEMARNAT, México.
- SEMARNAT. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. *Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010*. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.
- Shiels, A.B. y L.R. Walker. 2003. Bird perches increase forest seed on Puerto Rican Landslides. *Restoration Ecology* 11:457-465.
- Wolda, H. 1990. Food availability for an insectivore and how to measure it. *Studies in Avian Biology* 13:38-143.



**DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA**

# La avifauna del Campus Norte de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos

Aquiles Argote Cortés y Jorge Daniel Ruíz Contreras

## Introducción

Los estudios sobre ecología en ambientes urbanos en particular, y en general ambientes antropizados (con algún tipo de influencia humana), constituyen un enfoque novedoso que busca entender cómo responden los organismos ante dichos entornos para proponer acciones que contribuyan a su conservación (Jones y Pineda-López 2016, MacGregor-Fors 2016).

En este ámbito, dominan las investigaciones en regiones templadas, y son pocas las realizadas en los trópicos (McKinney 2008, Ortega-Álvarez y MacGregor-Fors 2011, MacGregor-Fors y Ortega-Álvarez 2013). Destacan las investigaciones en países como Brasil, Argentina y México, que en conjunto han producido 73% de la literatura sobre avifauna urbana para la región (Ortega-Álvarez y MacGregor-Fors 2011).

Los campus universitarios son localidades idóneas para realizar estudios sobre ecología urbana. Pese a tratarse de ambientes antropizados, dichos espacios tienden a poseer amplias áreas verdes e incluso en algunas ocasiones cuentan con fragmentos de vegetación nativa. En la mayoría de los casos el acceso es restringido, lo cual favorece un menor tráfico vehicular y humano, y por lo tanto el nivel de ruido es bajo comparado al de la ciudad (Duarte-Mondragón 2001, Cupul-Magaña 2003, MacGregor-Fors 2005, Urbina-Torres y Romo de Vivar-Álvarez 2006, Rodríguez-Ruiz 2007, Díaz-Sánchez 2008, Ramírez-Albores 2008, Jiménez-Moreno y Mendoza-Cuaumatzi 2010, Carbó-Ramírez *et al.* 2011, Pablo-López y Díaz-Porras 2011, Acuña-Muñoz 2014, Castro-Torrealblanca y Blancas-Calva 2014, Ruiz-Contreras 2015)

## Localización

El Campus Norte de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (CN-UAEM) se ubica al norte de la ciudad de Cuernavaca, en la localidad de Chamilpa; cubre una superficie de aproximadamente 86 ha y tiene una altitud media de 1 800 msnm. Su clima es semicálido, el más cálido de los templados, con humedad media y con lluvias de verano (Taboada *et al.* 2009).

Una peculiaridad del campus es que limita con el Área de Protección de Flora y Fauna Corredor Biológico Chichinautzin, por lo que en su interior hay elementos de bosque de pino-encino en el lindero norte, y algunos de bosque tropical caducifolio. Cabe señalar que el campus se ubica donde empieza la transición entre ambos tipos de vegetación (Urbina-Torres 2016a).

Existen también zonas de cultivo (de la Facultad de Ciencias Agropecuarias) y ajardinadas donde se sembraron especies arbóreas nativas y no nativas, entre las que destacan: laurel de la india (*Ficus microcarpa*), jacaranda (*Jacaranda mimosifolia*), fresno (*Fraxinus uhdei*) y eucalipto (*Eucalyptus globulosus*; Solalinde-Vargas 2012, Ruiz-Contreras 2015). Asimismo, Ruiz-Contreras (2015) considera al campus como un ambiente moderadamente urbanizado.

## Diversidad

Existen tres estudios específicos sobre las aves del campus en los que se registra la riqueza de especies del grupo: 1) Urbina-Torres y Romo de Vivar-Álvarez (2006) reportan 140 especies; 2) Ruiz-Contreras (2015) quien registra 90 especies en su estudio, estimó un total de 162 al añadir

22 nuevos registros para el campus; y 3) Urbina-Torres (2016a) acumula un total de 216 especies. Este último valor, de acuerdo a Urbina-Torres *et al.* 2009 y Urbina-Torres 2016b, representa 50.9% de las aves registradas para el estado.

De acuerdo con Urbina-Torres (2016b), en Morelos existen 412 especies de aves nativas a México (aquellas que son originarias del área donde se distribuyen) y 12 no nativas. Aproximadamente, 12% de las especies nativas son endémicas (con distribución restringida a un área geográfica determinada) a México (cuadro 1, figura 1; Urbina-Torres 2005). De las 216 especies reportadas en el campus por Urbina-Torres (2016a), 209 son nativas, 24 son endémicas a México/Morelos y 21 están enlistadas en la NOM-059 (cuadro 1; SEMARNAT 2010).

En cuanto a su estatus de residencia, Urbina-Torres (2016a) menciona que 62.9% de las especies de aves son residentes; 28.4% son migratorias de invierno, 1.8% corresponde a las residentes de verano y 6.9% son de paso. Si bien, Ruíz-Contreras (2015) considera sólo 90 especies en su análisis, señala que las aves canoras (Passeriformes) son el orden más diverso, con 72 especies (83%), seguido muy de lejos por los colibríes (Apodiformes: Trochilidae) con siete especies (6.6%; cuadro 2).

Al comparar con lo reportado para otros campus universitarios de México, el CN-UAEM sobresale por su riqueza en aves (cuadro 3). Tal riqueza es atribuida a la presencia de elementos de vegetación nativa del trópico seco y trópico templado al interior del campus (Urbina-Torres 2016a).

Sin embargo, la riqueza no es uniforme al interior del campus, sino que existe una variabilidad impuesta por

las dinámicas propias de los ambientes antropizados. Así, por ejemplo, algunas especies de aves evaden la zona urbana (*urban avoiders*), mientras que otras hacen uso parcial (*suburban adapters* o *urban utilizers*) o total (*urban exploiters* o *urban dwellers*) de los recursos (refugio y alimento) que ofrece la urbanización dentro del campus (Blair 1996, 2004, Fischer *et al.* 2015, Ruiz-Contreras 2015).

De manera más concreta, Ruiz-Contreras (2015) en su estudio sobre los efectos de la urbanización en las aves del campus, estableció la relación que hay entre la riqueza de especies y los tipos de alimentación (gremios tróficos) de las aves que habitan en zonas poco urbanizadas (que denominó periurbano) y las más urbanizadas (que llamó suburbanas).

Encontró que la diversidad de aves responde positivamente a la cobertura y diversidad vegetal, y que los grupos que se alimentan de semillas y de insectos son más abundantes en los ambientes suburbanos, mientras que los que comen insectos de follaje dominaron en áreas mejor conservadas (periurbano).

Entre las aves más abundantes señaladas para los ambientes suburbanos del campus (figura 2), destacan el papamoscas cardenalito (*Pyrocephalus rubinus*) y el pinzón mexicano (*Haemorhous mexicanus*), aunque ambos requieren cierta cobertura vegetal. El gorrión doméstico (*Passer domesticus*) es, según Ruiz-Contreras (2015), la única especie sinantrópica (asociada a ambientes antropizados) y que responde mejor a zonas con mayor incidencia de personas y edificaciones dentro del campus universitario. Otra especie común en el espacio suburbano es el zanate mayor (*Quiscalus mexicanus*).

**Cuadro 1.** Riqueza de especies de aves del Campus Norte de la UAEM (CN-UAEM) de acuerdo a su origen, categoría de protección y estatus de residencia.

Aves del CN-UAEM*	Número de especies
Nativas*	209
Endémicas a México*	24
No nativas*	7
NOM-059-SEMARNAT-2010**	21
Migratorias invernales*	59
Migratoria de verano*	4
<b>Total</b>	<b>216</b>

Fuente: elaboración propia con datos de Urbina-Torres 2016a\*, SEMARNAT 2010\*\*.

**Cuadro 2.** Riqueza de aves por órdenes registrados en el CN-UAEM.

Orden	Número de especies	Porcentaje (%)
Passeriformes	75	83.0
Apodiformes	6	6.6
Piciformes	3	3.0
Columbiformes	2	2.0
Cuculiformes	2	2.0
Coraciformes	1	1.0
Falconiformes	1	1.0

Fuente: elaboración propia con datos de Ruíz-Contreras 2015.



**Figura 1.** Aves endémicas: a) rascador nuca canela (*Melospiza kieneri*) y b) vireo amarillo (*Vireo hypochryseus*); cuasiendémicas: c) capulinero gris (*Ptiliogonys cinereus*) y d) chipe gorra canela (*Basileuterus rufifrons*); y semiendémicas: e) colibrí pico ancho (*Cyanthus latirostris*) y f) colibrí corona violeta (*Amazilia violiceps*). Fotos: Jorge Daniel Ruiz-Contreras.

**Cuadro 3.** Campus universitarios en México con mayor número de aves y su superficie.

Referencias	Campus universitarios	Superficie (ha)	Riqueza específica
Urbina-Torres y Romo de Vivar-Álvarez 2006, Ruiz-Contreras 2015, Urbina-Torres 2016a	Campus Norte-UAEM, Cuernavaca, Morelos	85.9	216
Duarte-Mondragón 2001	Facultad de Estudios Superiores Iztacala-UNAM, Tlalnepantla, Estado de México	22.1	86
Díaz-Sánchez 2008	Jardín Botánico del Instituto de Biología y Viveros de la Unidad de Seminarios Ignacio Chávez-UNAM, Ciudad de México	12.6 6.0	79
Castro-Torreblanca y Blancas-Calva 2014	Campus Sur-UAGRO, Chilpancingo, Guerrero	10.0	76
Jiménez-Moreno y Mendoza-Cuaumatzi 2010	Ciudad Universitaria-BUAP, Puebla, Puebla	ND	75
MacGregor-Fors 2005	Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias-UDG, Zapopan, Jalisco	61.0	70

ND: No determinado. Fuente: elaboración propia.



**Figura 2.** Aves comunes en los espacios suburbanos del CN-UAEM. Especies residentes nativas: a) papamoscas cardenalito (*Pyrocephalus rubinus*); b) pinzón mexicano (*Haemorhous mexicanus*); c) gorrión doméstico (*Passer domesticus*); y d) especie residente no nativa, zanate mayor (*Quiscalus mexicanus*). Fotos: Jorge Daniel Ruiz-Contreras.

## Conclusiones y recomendaciones

La elevada riqueza aviar dentro del CN-UAEM resalta la importancia que este espacio tiene para la subsistencia de la diversidad de aves dentro de Morelos.

Para proteger y mantener tal riqueza es necesario conservar la superficie de las áreas verdes, y dar prioridad a la vegetación arbórea y arbustiva con plantas nativas (Chong *et al.* 2014, Ruiz-Contreras 2015). Otra estrategia viable para la conservación sería la reintroducción de especies nativas en aquellas áreas donde ya no es posible encontrarlas, para sustituir paulatinamente las especies introducidas.

Como se señala anteriormente en el texto, en el estudio de Ruiz Contreras (2015) se observó que las aves responden positivamente a la riqueza y cobertura vegetal, lo cual es importante para la conservación de la avifauna del campus. Esto se debe resaltar, ya que, en los últimos años, el número de nuevas edificaciones ha aumentado, con la consecuente remoción del estrato vegetal (observación personal).

La alta riqueza de aves del campus no es accidental, ya que es producto de eventos evolutivos y patrones biogeográficos, así como de la presencia de un importante remanente de vegetación nativa. Sin embargo, tal riqueza no es necesariamente exclusiva del grupo de las aves, sino que debe ser equivalente para otros grupos taxonómicos (Escalante *et al.* 1998, Navarro-Sigüenza *et al.* 2014).

La conservación de la riqueza biológica dentro del campus debe ser una prioridad dentro de los programas ambientales de la UAEM. En este sentido, se sugiere la implementación de programas de educación ambiental con el objetivo de crear conciencia entre los universitarios sobre el papel que tiene el área para la conservación de la biodiversidad estatal y las ventajas que ésta aporta a la población humana. Entre las estrategias a seguir se puede incluir medios como revistas de divulgación, folletos y fichas monográficas sobre las especies del campus, así como infografías y visitas guiadas para observar la diversidad biológica.

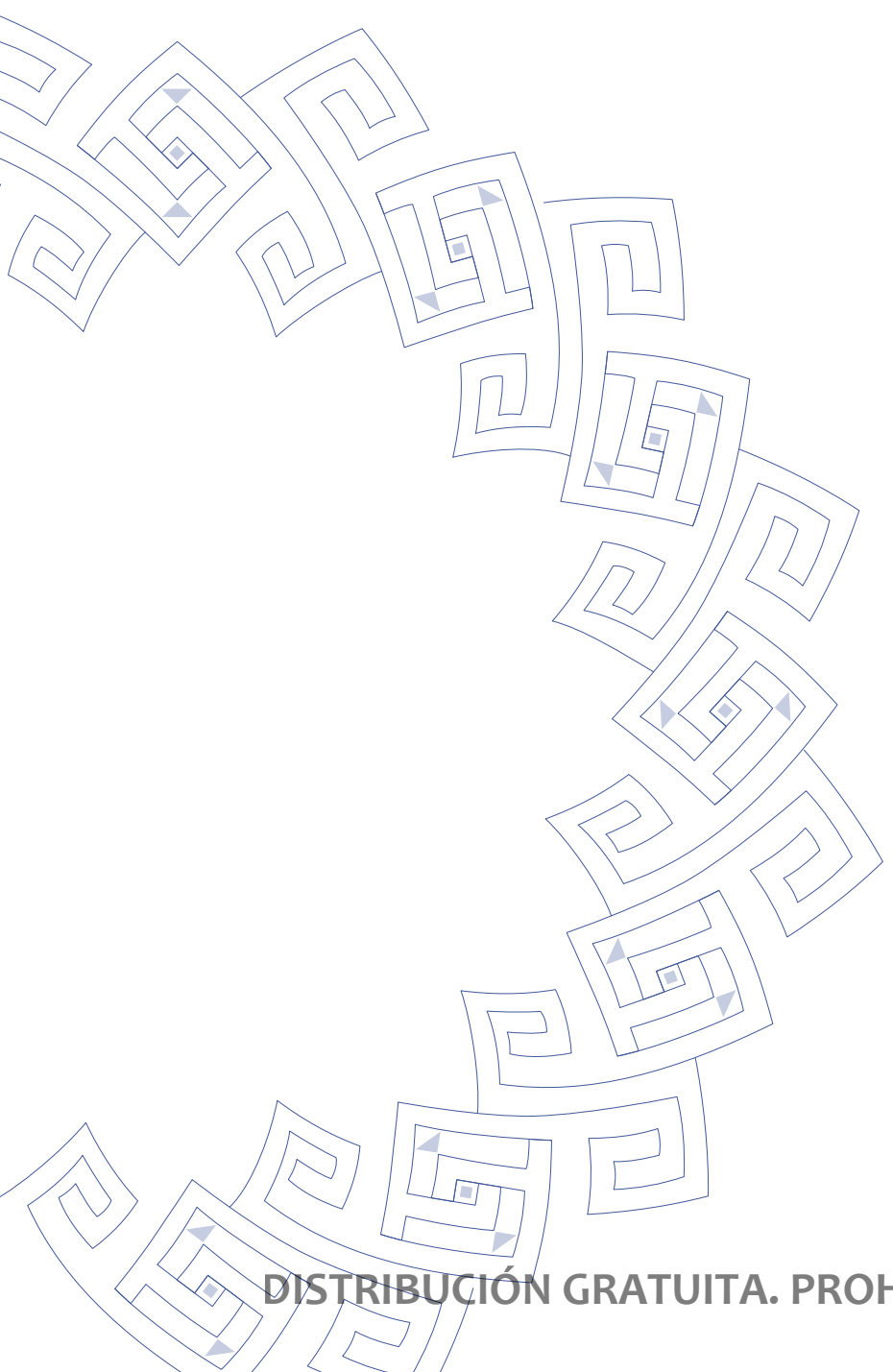
## Referencias

Acuña-Muñoz, J.D. 2014. *Avifauna de la FES Iztacala, UNAM. Estudio comparativo*. Tesis de licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala-UNAM, México.

- Blair, R.B. 1996. Land use and avian species diversity along an urban gradient. *Ecological Applications* 6(2):506-519.
- . 2004. The effects of urban sprawl on birds at multiple levels of biological organization. *Ecology and Society* 9(5):2.
- Carbó-Ramírez, P., P. Zuria y M.P. Romero-González. 2011. Riqueza, abundancia y dinámica espacio-temporal de la comunidad de aves de ciudad universitaria, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Pachuca, México. *El Canto del Cenzontle* 2(1):29-47.
- Castro-Torreblanca, M. y E. Blancas-Calva. 2014. Aves de la ciudad universitaria campus sur de la Universidad Autónoma de Guerrero, Chilpancingo, Guerrero, México. *Huitzil* 15(2):82-92.
- Chong, K.Y., S. Teo, B. Kurukulasuriya *et al.* 2014. Not all green is as good: Different effects of the natural and cultivated components of urban vegetation on bird and butterfly diversity. *Biological Conservation* 171:299-309.
- Cupul-Magaña, F.G. 2003. Nota sobre colisiones de aves en las ventanas de edificios universitarios en Puerto Vallarta, México. *Huitzil* 4(2):17-21.
- Díaz-Sánchez, C. 2008. *Distribución espacio temporal de la avifauna en la zona árida y zona templada del Jardín Botánico del Instituto de Biología y los viveros de la Unidad de Seminarios Ignacio Chávez, UNAM, México, D.F.* Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias-UNAM, México.
- Duarte-Mondragón, M.T. 2001. *Caracterización de la comunidad de aves de la UNAM campus Iztacala*. Tesis de licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala-UNAM, México.
- Escalante, P., A.G. Navarro y A.T. Peterson. 1998. Un análisis geográfico, ecológico e histórico de la diversidad de aves terrestres de México. En: *Diversidad biológica de México. Orígenes y distribución*. T.P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa. (eds.). Instituto de Biología-UNAM, México, pp. 279-304.
- Fischer, J.D., S.C. Schneider, A.A. Ahlers y J.R. Miller. 2015. Categorizing wildlife responses to urbanization and conservation implications of terminology. *Conservation Biology* 29(4):1246-1248.
- Jiménez-Moreno, F.J. y R. Mendoza-Cuaumatzi. 2010. Aves en ciudad universitaria de la BUAP. *Elementos* 79:23-27.
- Jones, R.W. y R. Pineda-López 2016. Prólogo. En: *Fauna nativa en ambientes antropizados*. A. Ramírez-Bautista y R. Pineda-López (eds.). CONACYT/UAQ, Querétaro, pp. 11-12.
- MacGregor-Fors, I. 2005. Listado ornitológico del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara, Jalisco, México: Un espacio suburbano. *Huitzil* 6(1):1-6.
- . 2016. Ecología urbana: Patrones generales y direcciones futuras. En: *Fauna Nativa en Ambientes Antropizados*. A. Ramírez-Bautista y R. Pineda-López (eds.). CONACYT/UAQ, Querétaro, pp. 15-21.
- MacGregor-Fors, I. y R. Ortega-Álvarez. 2013. *Ecología Urbana. Experiencias en América Latina*. INECOL, Xalapa.



- McKinney, M.L. 2008. Effects of urbanization on species richness: A review of plants and animals. *Urban Ecosystems* 11(2):161-176.
- Navarro-Sigüenza, A.G., M.F. Rebón-Gallardo, A. Gordillo-Martínez et al. 2014. Biodiversidad de aves en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85(Supl.):S476-S495.
- Ortega-Álvarez, R. y I. MacGregor-Fors. 2011. Dusting-off the file: A review of knowledge on urban ornithology in Latin America. *Landscape and Urban Planning* 101(1):1-10.
- Pablo-López, R. y D. Díaz-Porras. 2011. Los campus universitarios como refugio de aves: el caso de la Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca (UABJO), Oaxaca, México. *El canto del Cenzontle* 2:48-63.
- Ramírez-Albores, J. 2008. Comunidad de aves de la Facultad de Estudios Superiores de Zaragoza campus II-UNAM, Ciudad de México. *Huitzil* 9:12-19.
- Rodríguez-Ruíz, E.R. 2007. Estudio preliminar de la ornitofauna en el Instituto Tecnológico de Cd. Victoria Tamaulipas, México. *TecnolINTELECTO* 4(2):63-67.
- Ruiz-Contreras, J.D. 2015. *Impacto de la urbanización sobre el ensamblaje de las aves en la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, México*. Tesis de licenciatura. UAEM, Cuernavaca.
- SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. *Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010*. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.
- Solalinde-Vargas, D. 2012. *Caracterización de letrinas y consumo de frutos del Cacomixtle (Bassariscus astutus, Carnívora) en el Campus Norte de la UAEM*. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias Biológicas-UAEM, Cuernavaca.
- Taboada, S.M., A.E. Granjeno-Colín y R.G. Oliver. 2009. *Normales climatológicas (temperatura y precipitación) del estado de Morelos*. Facultad de Ciencias Biológicas-UAEM, Cuernavaca.
- Urbina-Torres, F. 2005. *Análisis de la distribución de las aves del estado de Morelos, México*. Tesis de maestría en ciencias biológicas. Facultad de Ciencias-UNAM, México.
- . 2016a. Aves con pase directo al campus Chamilpa de la UAEM. *Vórtice* 3(12):10-11.
- . 2016b. Registros notables de aves de Morelos, México. *Huitzil* 17(1):163-174.
- Urbina-Torres, F. y C. Romo de Vivar-Álvarez. 2006. *Aves del campus Chamilpa de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos*. Centro de Investigaciones Biológicas-UAEM, Cuernavaca.
- Urbina-Torres, F., C. Romo de Vivar-Álvarez y A.G. Navarro-Sigüenza. 2009. Notas sobre la distribución de algunas aves en Morelos, México. *Huitzil* 10(1):30-37.



**DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA**

# Mamíferos

José Antonio Guerrero Enríquez, Luis Gerardo Ávila Torresagatón, Juan Manuel Uriostegui Velarde y Areli Rizo Aguilar

## Descripción

Los mamíferos (clase Mammalia) son vertebrados y forman un grupo taxonómico que comparten algunas características fundamentales: glándulas mamarias (que producen leche para alimentar a sus crías), el cuerpo (o al menos una parte) cubierto de pelo, tienen diferentes tipos de dientes (heterodoncia), oído medio formado por tres huesos (yunque, estribo y martillo), su corazón es de cuatro cavidades, y son capaces de mantener su temperatura corporal constante (homeotermia) gracias a distintos procesos fisiológicos y metabólicos (Vaughan 1988).

Estas características son la clave para su éxito evolutivo, por lo que son el grupo de vertebrados más diversificado por su forma y función en los ecosistemas. De tal manera, que encontraron la forma de sobrevivir en una amplia variedad de hábitats, desde las heladas tundras hasta los bosques tropicales, e incluso en los desiertos más estériles y áridos.

La variedad de tamaños de los mamíferos es sorprendente, desde las pequeñas musarañas de sólo 2 g hasta la ballena azul de más de 100 t, y entre esos extremos hay una gran diversidad de formas y tamaños.

Los mamíferos también exhiben uno de los comportamientos más complejos del reino animal. La mayoría de las especies puede aprender de la experiencia, y algunos son capaces de acumular y transmitir habilidades y conocimiento a sus crías. Además, otros forman sociedades complejas con sofisticados métodos de comunicación, en las cuales los individuos se ayudan unos a otros para sobrevivir (Eisenberg 1981).

A pesar ello, el estudio de los mamíferos (mastozoología) sigue siendo un reto, debido a que muchas especies son de hábitos nocturnos, habitan lugares poco accesibles y evitan el contacto con los seres humanos.

Sin embargo, su estudio es importante por al menos tres razones. Primero, porque los humanos pertenecen a ese grupo y comparten características fisiológicas, de comportamiento y ecológicas, que permite profundizar en el conocimiento de la especie *Homo sapiens*. Segundo, los mamíferos son útiles a los científicos en la búsqueda de los principios generales de evolución, ecología y comportamiento. Tercero, algunas especies de mamíferos se encuentran en riesgo de extinción, por lo que, para implementar programas de conservación efectivos, es necesario generar una mejor comprensión de ellas.

En este sentido, se puede añadir que los mamíferos son uno de los grupos más vulnerables debido a que desde hace más de 40 mil años, han sido aprovechados como fuente de alimento, vestido y ornato, como animales de compañía y mascotas o bien cazados por deporte o por ser considerados plagas (Goudie 2013). Además, la constante destrucción de sus hábitats, resultado del crecimiento de la población humana, provocó una reducción notable de sus poblaciones, a grado tal que en algunos casos sólo quedan pocos individuos de una especie (Young *et al.* 2016).

## Diversidad y distribución

El conocimiento de la diversidad de mamíferos está aún en crecimiento, y año tras año se descubren nuevas especies, por lo que es difícil saber exactamente la riqueza de este grupo. Sin embargo, la lista más reciente a nivel mundial incluye un total de 6 569 especies de mamíferos (ASM 2018).

Para México, el número más reciente es de 496 especies de mamíferos terrestres, agrupadas en 11 órdenes, 34 familias y 168 géneros (Ramírez-Pulido *et al.* 2014). Lo anterior, ubica al país en el segundo lugar a

Guerrero, J.A., L.G. Ávila-Torresagatón, J.M. Uriostegui-Velarde y A. Rizo-Aguilar. 2020. Mamíferos. En: *La biodiversidad en Morelos. Estudio de Estado 2*. Vol. II. CONABIO, México, pp. 339-347.

nivel mundial, sólo después de Indonesia (Ceballos *et al.* 2014).

Esta riqueza mastofaunística es el producto de una serie de factores, entre los que destacan la ubicación geográfica de México, en la zona de transición e intercambio faunístico entre las regiones Neártica (el norte del continente americano) y Neotropical (el sur del continente americano), una compleja historia geológica y una alta heterogeneidad ambiental que se refleja en una amplia variedad de ecosistemas terrestres y acuáticos (Arita y Ceballos 1997, Escalante *et al.* 2002).

La lista actualizada de los mamíferos de Morelos incluye ocho órdenes, 21 familias y 113 especies (apéndice 53), lo que representa 22.8% de la mastofauna de México (Ceballos y Arroyo-Cabrales 2012, Ramírez-Pulido *et al.* 2014). Esta actualización incluye 17 registros de especies adicionales a la lista de mamíferos del estado compilada por Álvarez-Castañeda (1996).

El orden con mayor riqueza de especies es Chiroptera (murciélagos, 55 especies), seguido de Rodentia (roedores, 30), mientras que los órdenes Didelphimorphia (marsupiales, 2), Artiodactyla (2) y Cingulata (1) son los que menos especies aportan a la riqueza de mamíferos del estado (figura 1).

Especialmente, la riqueza del orden Chiroptera (murciélagos) en el estado es relevante debido a que incluye 39.6% de las 139 especies que habitan en el país (Ramírez-Pulido *et al.* 2014). De los mamíferos terrestres que habitan en México, en el estado no están presentes los órdenes Primates (monos), Perissodactyla

(caballos, tapires y rinocerontes) y Pilosa (perezosos y hormigueros).

Pese a su pequeña extensión territorial (4 879 km<sup>2</sup>; INEGI 2015), la riqueza de mamíferos en la entidad es aproximadamente la mitad de la que poseen los tres estados de la república mexicana con la mayor riqueza (Ramírez-Pulido *et al.* 2016), que son Oaxaca (218), Chiapas (217) y Veracruz (217). Sin embargo, es notable si se compara con los estados menos diversos que son Aguascalientes (69) y Tlaxcala (68).

De las 113 especies registradas en Morelos para 2018, 21 son endémicas de México, y los grupos más numerosos son los roedores con nueve especies y los quirópteros (murciélagos) con siete especies.

A partir de la información de registros geográficos contenidos en bases de datos de biodiversidad de distintas colecciones científicas y de publicaciones recientes sobre registros de mamíferos en la entidad, se construyó un mapa de riqueza de especies (figura 2) para documentar su distribución en las regiones ecológicas propuestas (véase *Diversidad de regiones ecológicas* en esta obra).

La distribución de la riqueza de mamíferos se concentra principalmente en las regiones ecológicas Sierra del Chichinautzin, Valle de Cuauhnáhuac, Lagos de Morelos, en el norte de las Sierras de Occidente y en el centro de la Sierra de Huautla. Las regiones con menos riqueza son Lomas del Norte, Popocatépetl, Valles y Cerros Orientales, Glacis de Buenavista, así como la zona sur de las regiones Sierras Centrales y Valle Agrícola Ayala-Yautepec y el oeste de la Sierra de Huautla.

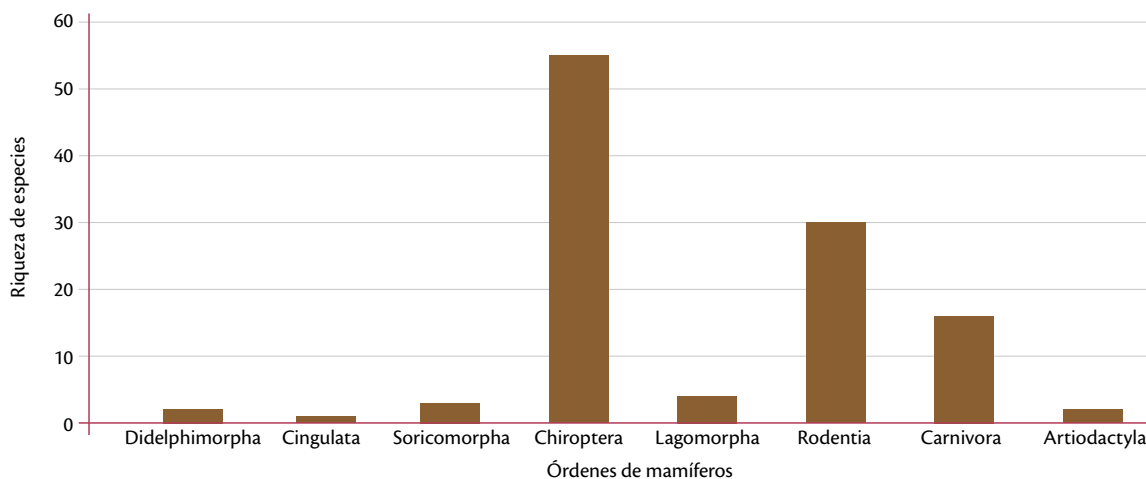
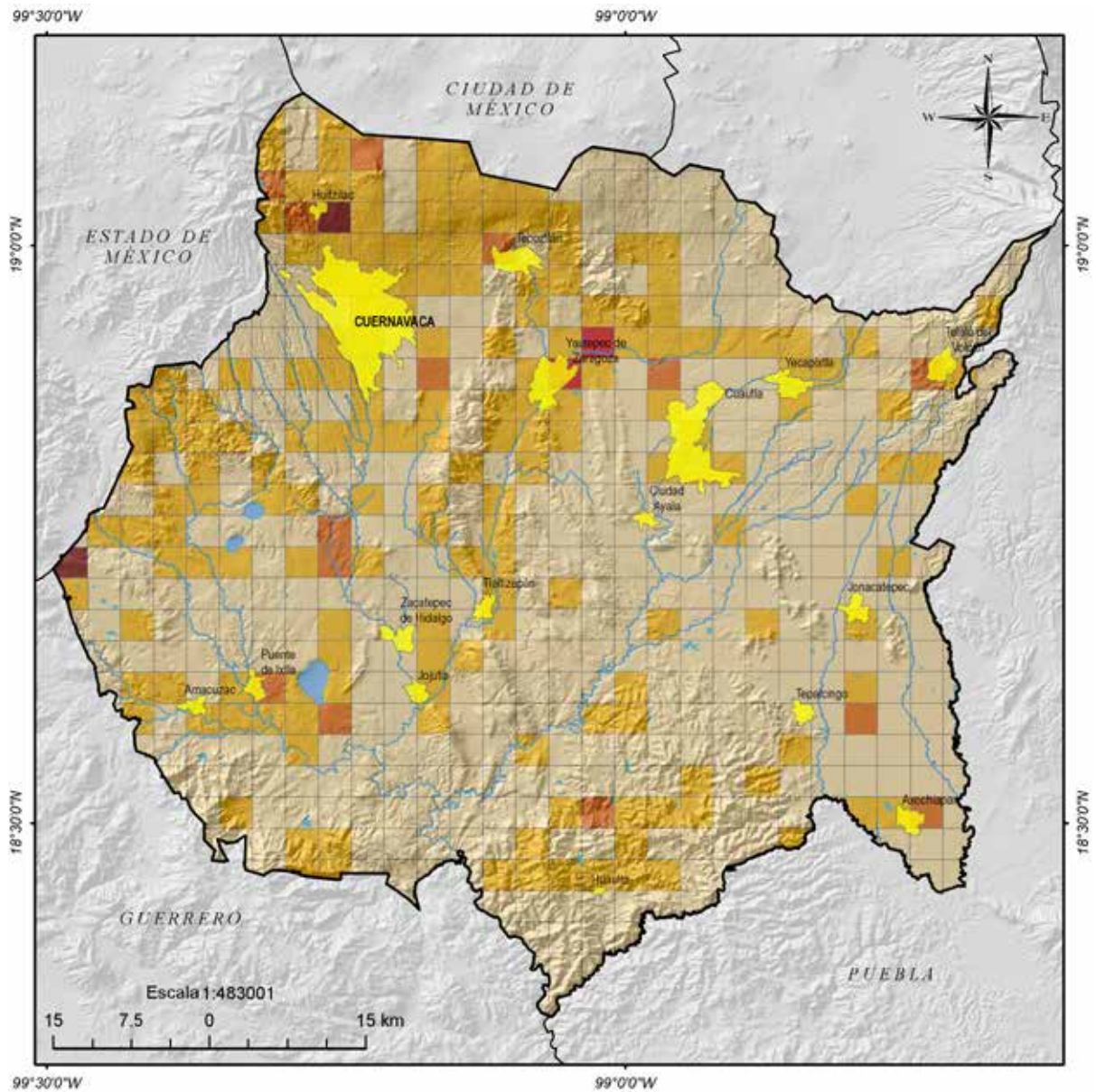


Figura 1. Composición taxonómica de los mamíferos en Morelos. Fuente: elaboración propia con los datos recopilados por los autores de este trabajo, e incluidos en el apéndice 53.



**SIMBOLOGÍA**

<p><b>Límites administrativos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li> Morelos</li> <li> Límites estatales</li> <li> Principales áreas urbanas por región ecológica</li> </ul>	<p><b>Rasgos hidrológicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li> Cuerpo de agua</li> <li> Principales ríos</li> </ul>	<p><b>Riqueza de especies</b></p> <p>Mamíferos</p> <ul style="list-style-type: none"> <li> 0</li> <li> 1 - 9</li> <li> 10 - 18</li> <li> 19 - 27</li> <li> 28 - 36</li> </ul>
---	--	---

Figura 2. Distribución de la riqueza de especies de mamíferos en Morelos. Fuente: elaboración propia con datos de CONABIO 2015, GBIF 2015.

La poca riqueza de especies en estas regiones se debe posiblemente a que han sido poco exploradas.

## Importancia

La importancia de los mamíferos dentro de un ecosistema es sumamente grande, debido a que abarcan una gran diversidad de nichos y funciones ecológicas. Son dispersores de semillas, polinizadores, depredadores y controladores de plagas, e intervienen en una gran cantidad de procesos ecológicos dentro de los ecosistemas que habitan.

De este modo, la presencia de un determinado tipo de especies indica el grado de mantenimiento de un ecosistema, lo que posibilita el uso de ciertos mamíferos como indicadores de la calidad de hábitat (Cheyne *et al.* 2016).

En Morelos existen comunidades indígenas y rurales que conservan conocimientos sobre el uso tradicional de la fauna silvestre, particularmente por razones culturales (como el uso) e históricas (Colín y Monroy 2004).

Algunos trabajos documentan estos conocimientos, a través de estudios etnozoológicos en varios municipios del estado. Por ejemplo, García-Flores *et al.* (2014) realizaron un estudio sobre el uso de la fauna silvestre dentro del Parque Nacional El Tepozteco, donde se reportaron 16 especies de mamíferos aprovechadas como alimento, adorno, remedio o como mascotas.

Un segundo trabajo de Monroy-Martínez y García-Flores (2013) realizado en la localidad indígena de Xoxocotla, municipio de Puente de Ixtla, documentó el uso de 10 especies de mamíferos como alimento, remedio y como adornos. Asimismo, Monroy-Martínez *et al.* (2011) realizaron un estudio en los municipios de Tepoztlán y Tlayacapan, donde se reportó que 15 especies de mamíferos se aprovechan de manera tradicional, 61% de dichas especies se utiliza para alimentación, 22% con fines medicinales, mientras que 11% tienen uso místico-religioso y artesanal.

Por su valor de uso, es decir aquel que fue asignado por los varios tipos de aprovechamiento que se da a las especies, sobresalen: el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), el coyote (*Canis latrans*, figura 3), el armadillo (*Dasypus novemcinctus*) y el conejo montés (*Sylvilagus cunicularius*).

Por lo menos tres especies son cazadas con fines comerciales para venta de carne o como mascotas. La carne se negocia por kilogramo en algunos restaurantes de la región: la de venado se paga en 300 pesos, el jabalí en 200 pesos y el armadillo en 150 pesos; las crías de mamíferos llegan a venderse entre 200 pesos por un tejón (*Nasua narica*) o por un mapache (*Procyon lotor*) y entre 500 y 800 pesos por un venado (Monroy-Martínez *et al.* 2011). Aunque este comercio no es frecuente, contribuye a la defaunación y constituye una actividad ilegal.



Figura 3. Ejemplar de coyote (*Canis latrans*). Foto: José Antonio Guerrero Enríquez.

De las especies reportadas en estos estudios de aprovechamiento de fauna, ninguna se encuentra en alguna categoría de protección por la legislación mexicana. Sin embargo, el conocimiento del impacto que tiene este tipo de aprovechamiento para la conservación de las poblaciones de mamíferos es nulo, por lo que deberían iniciarse estudios que permitan conocer cuáles son las especies que más se aprovechan, el número de ejemplares aprovechados, los sitios o localidades que realizan esta actividad, entre otros.

## Situación y estado de conservación

En la NOM-059 (SEMARNAT 2010) se encuentran 13 de las 113 especies de mamíferos con registros en la entidad. De éstas, cinco se encuentran en la categoría de peligro de extinción, cinco como amenazadas y tres están sujetas a protección especial

Las especies bajo la categoría en peligro de extinción son: el ocelote (*Leopardus pardalis*, figura 4), del cual se tienen sólo un par de registros en Morelos (Vargas *et al.* 1992, Altamirano *et al.* 2009); el tigrillo o margay (*Leopardus wiedii*); el jaguar (*Panthera onca*), cuya presencia en la entidad se confirmó recientemente mediante fototrampeo (Aranda y Valenzuela-Galván 2015, Valenzuela-Galván *et al.* 2013, 2015); el conejo zacatuche (*Romerolagus diazi*) del que aún existen poblaciones abundantes en los zacatonales amacollados del norte del



Figura 4. Ejemplar de ocelote (*Leopardus pardalis*). Foto: Juan Carlos Faller y Mederic Calleja (Pronatura)/Banco de imágenes CONABIO.

estado (Rizo-Aguilar *et al.* 2015, 2016); y el murciélago platanero (*Musonycteris harrisoni*).

Las especies amenazadas son: el jaguarundi (*Herpailurus yagouaroundi*), los murciélagos *Choeronycteris mexicana*, *Leptonycteris yerbabuena* (figura 5) y *L. nivalis*, y *Reithrodontomys microdon* un ratón que utiliza preferentemente hábitat arbóreo y que fue capturado por primera vez en el estado en 2009 (González-Cózatl y Arellano 2015). Para el caso de una subespecie de nutria (*Lontra longicaudis* subsp. *annectens*, amenazada conforme a la NOM-059), cabe indicar que sólo se cuenta con registros históricos de su distribución para los ríos del estado (Sierra-Huelsz y Vargas Contreras 2002).

Finalmente, las especies que están sujetas a protección especial son: el murciélago *Enchisthenes hartii*, registrado hace pocos años en Morelos, en las barrancas del noroeste del municipio de Cuernavaca (Orozco-Lugo *et al.* 2008); el ratón *Nelsonia goldmani* capturado por primera vez en el estado en 2011 (González-Cózatl *et al.* 2016); y la musaraña (*Cryptotis goldmani*).

## Factores de presión

Los principales factores de presión para las poblaciones de mamíferos son: la pérdida de la cobertura vegetal que constituye su hábitat (impulsada principalmente por el cambio de uso del suelo resultado de la expansión de la frontera agropecuaria y urbana), el crecimiento de la



Figura 5. Murciélago (*Leptonycteris yerbabuena*) cubierto de granos de polen. Foto: Luis Gerardo Ávila-Torresagatón.

población humana, la construcción de infraestructura (construcción de carreteras, redes eléctricas y represas), los incendios forestales, y el cambio climático global (McKee *et al.* 2003).

La construcción de carreteras provoca la fragmentación de las áreas de vegetación natural, la pérdida de conectividad estructural y funcional (Forman *et al.* 2003; véase *Desarrollo acelerado de megaproyectos* en esta obra), así como la muerte de los animales por atropellamientos (González-Gallina *et al.* 2013). En la entidad, la mastofauna se enfrenta a una red de carreteras pavimentadas de 1 700 km (Guerrero *et al.* 2015) cuyos efectos en las poblaciones se desconocen.

En el estudio de caso *Impacto por atropellamiento de la fauna silvestre en una carretera de la región norte del estado* en la sección de Factores de presión en esta obra, se documenta este impacto en un tramo de 21 km de la carretera 115D México-Cuernavaca-Cuatla que atraviesa el Parque Nacional El Tepozteco y el Área de Protección de Flora y Fauna Corredor Biológico Chichinautzin.

Los efectos de los incendios sobre los ecosistemas son diversos y dependen de su intensidad y frecuencia, como se menciona en los capítulos *Factores de presión* y *Análisis de la cambio de la cobertura vegetal y su efecto en la biodiversidad* en esta obra. Sin embargo, se desconoce el efecto que estos eventos tienen en poblaciones de mamíferos, sobre todo de roedores, musarañas y conejos, que habitan en los zacatonales del norte del estado, donde ocurre el mayor número de siniestros.

El cambio climático es y será uno de los factores de presión más importantes para la persistencia de los ecosistemas y sus especies en el mundo (Dawson *et al.* 2011). Se prevé que sus efectos provocarán el cambio en la distribución de muchas especies de plantas y animales, a una tasa que, en muchos casos superará su capacidad de adaptación, lo que las llevará irremediablemente a su extinción (Gitay *et al.* 2002, Glick *et al.* 2011).

En el estado se tienen dos ejemplos del efecto del cambio climático sobre la mastofauna. Por una parte, Anderson *et al.* (2009) modelaron la viabilidad poblacional y la distribución del conejo zacatucho en un escenario de cambio climático para el año 2100. Encontraron que el límite inferior del rango de distribución altitudinal se desplazaría hacia arriba en aproximadamente 700 m, lo que reduciría en gran medida el área de hábitat disponible para las poblaciones de este lagomorfo endémico del país.

Por otra parte, Pérez-Gil *et al.* (2013) realizaron un análisis de la vulnerabilidad de 11 especies de mamíferos de Morelos listados en alguna de las categorías de la NOM-059 (SEMARNAT 2010) frente a escenarios de cambio climático para 2050 y 2080, usando tres criterios: riesgo de exposición, vulnerabilidad intrínseca y capacidad de adaptación. Sus resultados indicaron que seis especies tienen valores altos de vulnerabilidad frente al cambio climático: los murciélagos *L. yerbabuena*, *L. nivalis*, *Choeronycteris mexicana* y *M. harrisoni*, la nutria y el conejo zacatucho.

## Acciones de conservación

La conservación de los mamíferos debe considerarse prioritaria por los beneficios directos e indirectos que traen a los ecosistemas y al ser humano, como la cacería de autoconsumo que genera un beneficio directo al proporcionar a pobladores locales proteína de origen animal, o la reducción de las poblaciones de insectos que pueden ser una plaga, realizada todas las noches por los murciélagos insectívoros. Debido a ello, se desarrollaron diferentes estrategias o instrumentos para la conservación de la biodiversidad y de los mamíferos en particular.

Las áreas naturales protegidas (ANP) son uno de los instrumentos más importantes de política ambiental para abordar la conservación *in situ* de los ecosistemas y la biodiversidad. En el estado existen 14 ANP, cinco federales, siete estatales y dos municipales; las primeras protegen una superficie de 108 985.56 ha, que representa 22.34% del territorio estatal, mientras que las siete ANP estatales protegen 9 110.99 ha, es decir, sólo 1.87% del territorio del estado, y las municipales apenas 392 ha.

El ANP federal con el mayor número de mamíferos es la Reserva de la Biósfera Sierra de Huautla, con 72 especies registradas (Dorado *et al.* 2005, Orozco-Lugo *et al.* 2014, Valenzuela-Galván *et al.* 2015), seguida del complejo de ANP Corredor Biológico Chichinautzin, con 65 especies (Santillán-Alarcón *et al.* 2010, Aranda *et al.* 2014, Aranda y Valenzuela-Galván 2015, González-Cózatl y Arellano 2015, González-Cózatl *et al.* 2016).

Las ANP estatales protegen una pequeña fracción de la riqueza de mamíferos. Entre estas últimas destacan el Cerro de la Tortuga y la Sierra de Monte Negro, con 26 y 24 especies registradas, respectivamente.

Las unidades de manejo y aprovechamiento de la vida silvestre (UMA) se establecieron en 1997 en el marco



del Programa de conservación de la vida silvestre y diversificación productiva del sector rural 1997-2000. Su objetivo es promover esquemas alternativos de producción compatibles con el cuidado del ambiente, mediante el uso racional, ordenado y planificado de los recursos naturales renovables contenidos en ellas y mediante los cuales se favoreciera la conservación del hábitat de la vida silvestre, la reducción de las tasas de pérdida de especies prioritarias y la recuperación de las poblaciones de especies en riesgo (Gallina-Tessaro *et al.* 2009).

En Morelos, el número de UMA ha variado a través de los años y por consiguiente la superficie que protegen. En 2016 la Dirección General de Vida Silvestre de la SEMARNAT reportó 54 UMA extensivas, que incluyen una superficie de 69 250 ha. Sin embargo, el conocimiento de la riqueza mastofaunística en estas superficies es nulo.

Existen también estrategias dirigidas a proteger una especie o grupos de especies en particular, como el Programa de monitoreo biológico de especies (PROMOBI) y el Programa de conservación de especies en riesgo (PROCER), ambos operados por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP).



**Figura 6.** Conejo zacatuche (*Romerolagus diazi*) en su hábitat. Foto: José Antonio Guerrero Enríquez.

El PROMOBI busca contribuir a la generación de información sobre el estado de conservación de las especies o grupos taxonómicos prioritarios.

Por su parte, el PROCER es un programa federal diseñado para que, conjuntamente con diversos sectores de la sociedad, se promuevan y desarrollen diversas acciones en pro de la conservación de especies consideradas prioritarias en el país.

En la entidad, la CONANP operó durante 2011 y 2012 un PROMOBI, y durante 2014 un PROCER, los tres relacionados con acciones para proteger al conejo zacatuche (figura 6) y su hábitat. Además, durante 2014 hubo otro PROCER enfocado a la protección y manejo de cuevas de importancia para la conservación de murciélagos en riesgo. Desafortunadamente, desde ese año no ha habido apoyos en estos programas federales, ni ningún programa estatal para atender las especies de mamíferos prioritarias de la entidad y llevar a cabo acciones para su conservación.

## Conclusiones y recomendaciones

La riqueza de especies de mamíferos conocida para el estado es sobresaliente. En los últimos 20 años, se documentó por primera vez la presencia de 17 mamíferos en la entidad, por lo que es posible que aún no se conozca la riqueza total de este grupo de vertebrados en Morelos.

Aunado a lo anterior, el territorio estatal está poco explorado en cuanto a la presencia de mamíferos, como lo evidencia el mapa de distribución de la riqueza. Por ello, se recomienda realizar estudios en las zonas con pocos registros de mamíferos usando distintos métodos, como trampas para animales vivos, cámaras trampa, redes y monitoreo acústico para complementar la información sobre la distribución y documentar la presencia de mamíferos.

Por otro lado, es necesario que se consideren acciones para mitigar los efectos de los factores de presión que enfrentan los mamíferos. Particularmente, se requiere de evaluar el impacto de la cacería y de la pérdida de hábitat por el cambio de uso del suelo, así como iniciar acciones que protejan a la mastofauna estatal de los efectos del cambio climático.

Finalmente, es indispensable que los programas estatales y federales enfocados a la conservación de especies prioritarias garanticen su continuidad a través de los años y los gobiernos. Todo ello, con la finalidad

de monitorear poblaciones de dichas especies, puesto que el monitoreo a largo plazo es la única manera de saber el estado que guardan.

## Referencias

- Altamirano A., T.A., M. Soriano, A.J. García-Bernal *et al.* 2009. Mamíferos medianos y grandes de la comunidad El Paredón, Miacatlán, Morelos, México. *Revista de Zoología* 20:17-29.
- Álvarez-Castañeda, S.T. 1996. *Los mamíferos del estado de Morelos*. Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste, S.C., La Paz.
- Anderson, B.J., H.R. Akçakaya, M.B. Araújo *et al.* 2009. Dynamics of range margins for metapopulations under climate change. *Proceedings of The Royal Society B* 276:1415-1420.
- Aranda, M., F. Botello, E. Martínez-Meyer *et al.* 2014. Primer registro de ocelote (*Leopardus pardalis*) en el Parque Nacional Lagunas de Zempoala, Estado de México y Morelos, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85:1300-1302.
- Aranda, M. y D. Valenzuela-Galván. 2015. Registro notable de margay (*Leopardus wiedii*) en el bosque mesófilo de montaña de Morelos, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 86:1110-1112.
- Arita, H.T. y G. Ceballos. 1997. Los mamíferos de México: distribución y estado de conservación. *Revista Mexicana de Mastozoología* 2:33-71.
- ASM. American Society of Mammalogists. 2018. *Mammal Diversity Database*. En: <www.mammaldiversity.org>, última consulta: 1 de junio de 2018.
- Ceballos, G. y J. Arroyo-Cabrales. 2012. Lista actualizada de los mamíferos de México 2012. *Revista Mexicana de Mastozoología* (n.e.) 2:27-80.
- Ceballos, G., J. Arroyo-Cabrales, R.A. Medellín *et al.* 2014. Diversity and conservation. En: *Mammals of Mexico*. G. Ceballos (ed.). Johns Hopkins University Press, Baltimore, pp.1-45.
- Cheyne, S.M., W.J. Sastramidjaja, Muhahir *et al.* 2016. Mammalian communities as indicators of disturbance across Indonesian Borneo. *Global Ecology and Conservation* 7:157-173.
- Colín, H. y R. Monroy. 2004. Formas de apropiación tradicional en el Corredor Biológico Chichinautzin, Morelos, México. En: *Aportes etnobiológicos. Red Regional de Recursos Bióticos (Red Bio)*. R. Monroy y H. Colín (eds.). Centro de Investigaciones Biológicas-UAEM/Facultad de Ciencias Biológicas-UAEM, Cuernavaca, pp. 19-48.
- Dawson, T.P., T.J. Stephen, J.I. House *et al.* 2011. Beyond predictions: Biodiversity conservation in a changing climate. *Science* 332:53-58.
- Dorado, O., B. Maldonado, D.M. Arias *et al.* (comps.). 2005. *Programa de conservación y manejo Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla*. CONANP, México.
- Eisenberg, J.F. 1981. *The mammalian radiations*. University of Chicago Press, Chicago.
- Escalante, T., D. Espinoza y J.J. Morrone. 2002. Patrones de distribución geográfica de los mamíferos terrestres de México. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.) 87:47-65.
- Forman, T.T., D. Sperling, J.A. Bissonette *et al.* 2003. *Road ecology: Science and Solutions*. Island Press, Washington.
- Gallina-Tessaro, S.A., A. Hernández-Huerta, C.A. Delfín-Alfonso *et al.* 2009. Unidades para la conservación, manejo y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre en México (UMA). Retos para su correcto funcionamiento. *Investigación Ambiental* 1:143-152.
- García-Flores, A., M.A. Lozano-García, A.L. Ortiz-Villaseñor *et al.* 2014. Uso de mamíferos silvestres por habitantes del Parque Nacional El Tepozteco, Morelos, México. *Etnobiología* 3:57-67.
- Gitay, H., A. Suárez, R. Watson y D.J. Dokken. 2002. *Climate change and biodiversity: IPCC Technical Paper v. IPCC*, Ginebra.
- Glick, P., B. Stein y N. Edelson. 2011. *Scanning the conservation horizon: A guide to climate change vulnerability assessment*. National Wildlife Federation, Washington.
- González-Cózatl, F.X. y E. Arellano. 2015. Notes on the ecology of *Reithrodontomys microdon* based on new records in the Eje Neovolcánico, México. *Western North American Naturalist* 75(3):377-379.
- González-Cózatl, F.X., R.M. Vallejo y E. Arellano. 2016. First record of *Nelsonia goldmani* in the state of Morelos, Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 87:545-547.
- González-Gallina, A., G. Benítez-Badillo, O.R. Rojas-Soto *et al.* 2013. The small, the forgotten and the dead: highway impact on vertebrates and its implications for mitigation strategies. *Biodiversity and Conservation* 22:325-342.
- Goudie, A.S. 2013. *The human impact on the natural environment. Past, present and future*. John Wiley and Sons, Oxford.
- Guerrero, J.A., A. Rizo-Aguilar, R. Cerros-Tlatilpa y E. Urzua-Vázquez. 2015. Indicadores de Biodiversidad en el Estado de Morelos: situación actual. En: *Los indicadores ambientales como herramienta para la sustentabilidad: estudio de caso en Morelos*. L. Ortiz-Hernández, E. Sánchez-Salinas, M.L. Castrejón-Godínez y M. Romero-Aguilar (comps.). UAEM/CONACYT, México, pp. 55-90.
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2015. *Panorama sociodemográfico de México*. INEGI, México.
- McKee, J.K., P.W. Sciulli, C.D. Foose *et al.* 2003. Forecasting global biodiversity threats associated with human population growth. *Biological Conservation* 115:161-164.
- Monroy, R., J.M. Pino, M.A. Lozano-García *et al.* 2011. Estudio etno-mastozoológico en el Corredor Biológico Chichinautzin (COBIO), Morelos, México. *Sitientibus série Ciências Biológicas* 11:16-23.

- Monroy, R. y A. García-Flores. 2013. La fauna silvestre con valor de uso en los huertos frutícolas tradicionales de la comunidad indígena de Xoxocotla, Morelos, México. *Etnobiología* 11(1):44-52.
- Orozco-Lugo, L., D. Valenzuela-Galván, L.B. Vázquez *et al.* 2008. Velvety Fruit-Eating Bat (*Enchistenes hartii*: Phyllostomidae) in Morelos, Mexico. *The Southwestern Naturalist* 53:517-520.
- Orozco-Lugo, L., D. Valenzuela-Galván, A. Guillén-Servet *et al.* 2014. First record of four bat species for the state of Morelos and new bat records for the Sierra de Huautla Biosphere Reserve, Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85:38-47.
- Pérez-Gil, S.R., V.H. Flores, A. Guevara *et al.* 2013. Análisis de vulnerabilidad de la biodiversidad frente al cambio climático en el Estado de Morelos. En: *Cambio Climático. Vulnerabilidad de sectores clave en el estado de Morelos*. L. Ortiz-Hernández y E. Sánchez-Salinas (comps.). UAEM, Cuernavaca, pp. 101-153.
- Ramírez-Pulido, J., N. González-Ruiz, A.L. Gardner *et al.* 2014. List of recent mammals of México, 2014. *Special Publications of the Museum of Texas Tech University* 63:1-69.
- Ramírez-Pulido, J., N. González-Ruiz, G. Amenyro *et al.* 2016. Panorama del conocimiento de los mamíferos de México: con énfasis a nivel estatal. En: *Riqueza y conservación de los mamíferos en México a nivel estatal*. Vol. I. M. Briones-Salas, Y. Hortelano-Moncada, G. Magaña *et al.* (eds.). Instituto de Biología-UNAM/AMMAC/UG, México, pp. 39-62.
- Rizo-Aguilar, A., C.A. Delfín-Alfonso, A. González-Romero *et al.* 2016. Distribution and density of the zacatuche rabbit (*Romerolagus diazi*) at the Protected Natural Area "Corredor Biológico Chichinautzin". *Therya* 7:333-342.
- Rizo-Aguilar, A., J.A. Guerrero, M.G. Hidalgo-Mihart *et al.* 2015. Relationship between the abundance of the endangered volcano rabbit *Romerolagus diazi* and vegetation structure in the Sierra Chichinautzin mountain range, Mexico. *Oryx* 49:360-365.
- Santillán-Alarcón, S., M.A. Lozano-García, A.L. Ortiz-Villaseñor *et al.* 2010. Estado actual de la mastofauna silvestre. En: *Biodiversidad, conservación y manejo en el Corredor Biológico Chichinautzin, Condiciones actuales y perspectivas*. J.R. Bonilla-Barbosa, M.V. Mora, J. Luna-Figueroa *et al.* (eds.). Centro de Investigaciones Biológicas-UAEM/CCYTEM/Gobierno del Estado de Morelos, Cuernavaca, pp. 123-134.
- SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. *Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010*. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.
- Sierra-Huelsz, J.A. y J.A. Vargas-Contreras. 2002. Registros notables de *Lontra longicaudis annectens* (Carnivora: Mustelidae) en el Río Amacuzac en Morelos y Guerrero. *Revista Mexicana de Mastozoología* 6:129-135.
- Valenzuela-Galván, D., A. de León-Ibarra, A. Lavalle-Sánchez *et al.* 2013. The margay *Leopardus wiedii* and bobcat *Lynx rufus* from the dry forest of southern Morelos, Mexico. *The Southwestern Naturalist* 58:118-120.
- Valenzuela-Galván, D., F. Castro-Campos, J. Servín *et al.* 2015. First contemporary record of jaguar in Morelos state and the Sierra de Huautla Biosphere Reserve, Mexico. *Western North American Naturalist* 75:370-373.
- Vargas, R., C. Sánchez y M.L. Romero. 1992. Registro de felinos para el centro y sur del estado de Morelos, México. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural* 43:97-99.
- Vaughan, T.A. 1988. *Mamíferos*. Interamericana McGraw-Hill, México.
- Young, H.S., D.J. McCauley, M. Galetti y R. Dirzo. 2016. Patterns, causes, and consequences of anthropocene defaunation. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 47:333-358.

# Los murciélagos insectívoros en las zonas urbanas de Cuernavaca y Zacatepec

Areli Rizo Aguilar, Ana Cristel Lara Nuñez, Perla Zavala Ramos y Ada Concepción Flores Fernández

## Introducción

La urbanización se considera como una seria amenaza a la biodiversidad, ya que es causante de la pérdida y destrucción del hábitat, debido al cambio drástico del paisaje natural. Ante estos cambios, las respuestas que puedan tener las especies animales dependerán de sus características ecológicas (Threlfall *et al.* 2012).

La presencia de los murciélagos insectívoros en las ciudades representa un importante servicio ecosistémico para la regulación de poblaciones de insectos (Medellín *et al.* 2007). Por lo tanto, es relevante conocer la manera en que estos mamíferos voladores utilizan los recursos en los paisajes urbanos, para poner en práctica estrategias de conservación adecuadas.

## Cuernavaca

La ciudad de Cuernavaca, capital de Morelos, tiene como una de sus principales características la presencia de 46 barrancas (Alvarado-Rosas y Di Castro-Stringher 2013). Éstas forman importantes corredores biológicos que sirven para: el establecimiento de flora y fauna silvestre adaptadas a condiciones urbanas, reabastecen los mantos acuíferos, como captadores de dióxido de carbono e importantes reguladores del agradable clima que caracteriza a Cuernavaca (Dorado *et al.* 2012, Alvarado-Rosas y Di Castro-Stringher 2013).

Se seleccionaron nueve sitios dentro de la ciudad de Cuernavaca con características contrastantes, agrupados según tres grados de urbanización y cobertura vegetal que se definieron: 1) parques urbanos, caracterizados por una densa cobertura de vegetación, principalmente nativa, así como por la presencia de cuerpos de agua; 2) zonas residenciales, donde se presenta una combi-

nación de cobertura vegetal, generalmente de especies introducidas y viviendas; y 3) zonas con alta densidad de viviendas, donde existe escasa cobertura vegetal.

A través de un muestreo acústico (grabación de los sonidos de alta frecuencia que emiten los murciélagos mientras vuelan sin tener que capturarlos) con un detector de ultrasonidos Echo Meter 3+ (Wildlife Acoustics), y el programa computacional especializado BatSound 3.1 se evaluó la riqueza de especies de murciélagos insectívoros aéreos y se comparó su actividad, es decir si sólo vuelan o si además capturan insectos, en el paisaje urbano de la ciudad de Cuernavaca.

Se logró la identificación de nueve especies y tres fonotipos de cuatro familias: Emballonuridae, Mormoopidae, Molossidae y Vespertilionidae. Los fonotipos se identificaron hasta nivel de género, dado que por sus características no fue posible identificarlos hasta especie.

La mayor riqueza de especies y actividad se registró en los parques urbanos, que sumaron nueve especies, con el Parque Estatal Urbano Barranca de Chapultepec como el parque que más registros obtuvo con un total de ocho especies, de las cuales dos son nuevos registros para Morelos: el molósido *Promops centralis* y el embalonúrido *Saccopteryx bilineata* (figura 1). Por el contrario, en las zonas con alta densidad de viviendas sólo se registraron cinco especies (cuadro 1).

## Edificaciones históricas como refugio de murciélagos

Cuernavaca es el escenario donde el Palacio de Cortés y la Catedral, muestran el poder civil y eclesiástico del siglo XVI (Lépez-Vela 2002). En el siglo XIX, se edificó la finca el Olindo, actual Jardín Etnobotánico. A principios del siglo XX, se construyó la parroquia de San José, el Calvario,

Rizo-Aguilar, A., A.C. Lara-Nuñez, P. Zavala-Ramos y A.C. Flores-Fernández. 2020. Los murciélagos insectívoros en las zonas urbanas de Cuernavaca y Zacatepec. En: *La biodiversidad en Morelos. Estudio de Estado 2. Vol. II.* CONABIO, México, pp. 348-352.

**Cuadro 1.** Riqueza de especies de murciélagos por sitios de muestreo y grado de urbanización.

Familia	Especies	Sitios de muestreo								
		Parques urbanos			Zonas residenciales			Zonas con alta densidad de viviendas		
		BC	JE	MO	RC	PAL	RF	CEN	CC	LA
Emballonuridae	<i>Balantiopteryx plicata</i>				•	•		•	•	
	<i>Saccopteryx bilineata</i>	•								
Mormoopidae	<i>Mormoops megalophylla</i>	•	•	•		•				
	<i>Pteronotus davyi</i>	•				•				
Molossidae	<i>Molossus sinaloae</i>	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	<i>Nyctinomops</i> sp. A			•	•					•
	<i>Nyctinomops</i> sp. B				•					
	<i>Promops centralis</i>	•								
Vespertilionidae	<i>Myotis yumanensis</i>							•		
	<i>Lasiurus blossevillii</i>	•		•	•		•	•		
	<i>L. intermedius</i>	•	•							
	<i>Rhogeessa</i> sp.	•	•							
<b>Total</b>	<b>12</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>2</b>

Barranca de Chapultepec (BC); Jardín Etnobotánico (JE); Melchor Ocampo (MO); Rancho Cortés (RC); Palmira (PAL); Reforma (RF); Centro (CEN); Ciudad Chapultepec (CC); Lomas de Ahuatlán (LA). Fuente: elaboración propia.

frente al Chapitel de la virgen de Guadalupe, única en México (STDE 2013), y el Castillito durante el Porfiriato, hoy museo fotográfico.

Se estudió la presencia de murciélagos en cada una de las edificaciones históricas que se muestran en la figura 2, por medio de la observación de rastros como manchas de heces en paredes y suelo, además de restos de frutos e insectos. También se hizo una búsqueda de murciélagos a través de la revisión de los posibles lugares utilizados como percha o refugio, entre los que encuentran: tejados, vigas de madera, grietas en paredes y techos, marcos de ventanas, puertas y escaleras, donde los murciélagos pueden tener un fácil acceso.

Los resultados de este estudio fueron diferentes para cada edificación. En la Catedral se obtuvo un registro visual de las especies *Myotis velifer* y *M. californicus* (figura 3), con una frecuencia constante de rastros, al igual que en el Jardín Etnobotánico. En el Palacio de Cortés y el Calvario la presencia de rastros fue escasa y en el Castillito no se observaron rastros.

Es evidente que los murciélagos hacen uso de espacios urbanos como algunas edificaciones históricas, que difieren de otras en cuanto a sus características de uso y construcción. Al respecto, este tipo de construcción tiende a utilizarse con menor frecuencia y la altura de los entresijos es marcadamente superior, por lo que el acceso a las partes altas de los espacios arquitectónicos es difícil, y se generan sitios tranquilos para los murciélagos.



Figura 1. Murciélago *Saccopteryx bilineata*. Foto: Roberto Flores Diego.



Figura 2. Sitios de muestreo, edificaciones históricas en Cuernavaca: a) Palacio de Cortés; b) la Catedral; c) el Castillito; y d) Jardín Etnobotánico. Fotos: Ada Concepción Flores Fernández.

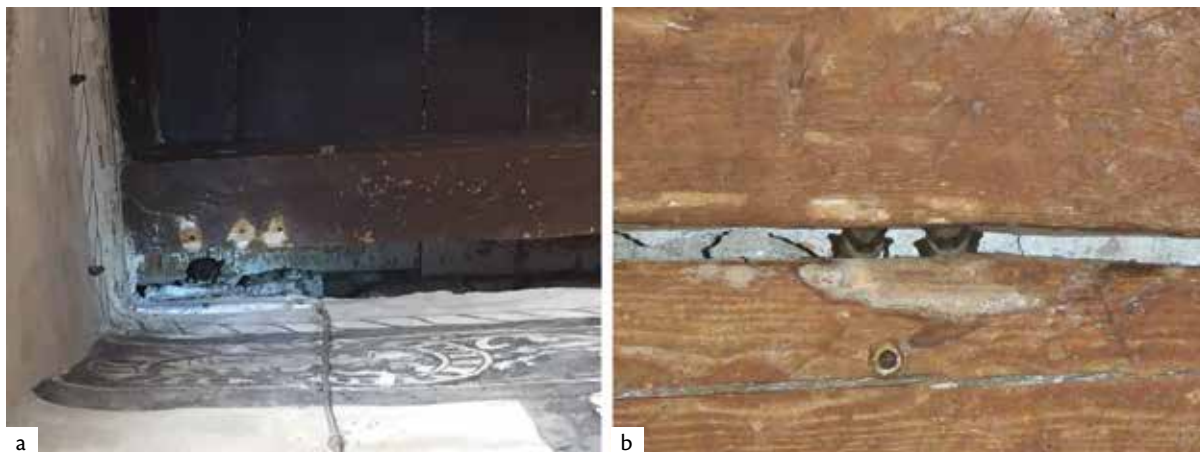


Figura 3. Registros visuales de las especies a) *Myotis velifer* y b) *M. californicus* en la Catedral. Fotos: Ada Concepción Flores Fernández.

Adicionalmente, los materiales utilizados en estas construcciones históricas facilitan las condiciones de habitabilidad para los murciélagos tanto por su calidad, que tiende a ser más rústica, como por la formación de hendiduras y espacios pequeños que resultan convenientes como escondite de estos pequeños mamíferos voladores.

## Zacatepec

El municipio de Zacatepec se encuentra al sur de Morelos, su entorno urbano se caracteriza por sus atributos peculiares como la presencia de campos de cultivo y canales irrigados por el río Apatlaco, con pocos componentes de vegetación original y con presencia de contaminantes. La caña de azúcar es el cultivo de mayor importancia económica para el municipio. La agricultura ocupa 36.28% del total del territorio municipal (SDS 2015), mientras que la superficie urbanizada representa 33.05%; de este último porcentaje 27.36% es exclusivo de mancha urbana (SDS 2015).

Se emplearon las mismas herramientas acústicas para medir la actividad y conocer la riqueza de murciélagos insectívoros aéreos en ambientes con influencia de cuerpos de agua y sin cuerpos de agua.

Se eligieron nueve sitios de muestreo distribuidos en toda la zona urbana de Zacatepec que correspondieron con tres tipos de ambientes: tres sitios en el río Apatlaco, tres en canales de riego y tres en áreas sin presencia de cuerpos de agua. Lo anterior se realizó con la finalidad

de evaluar su importancia para sostener el ensamble de murciélagos insectívoros aéreos.

La actividad de murciélagos en los sitios con cuerpos de agua fue mayor. Las secuencias de ultrasonido de murciélagos volando, y el número de secuencias de ultrasonido que indicaron maniobras de captura de insectos presa, que fueron interpretadas como alimentación de los murciélagos, fue similar en los sitios con y sin cuerpos de agua.

Se identificaron 11 especies de murciélagos insectívoros (cuadro 2), todas ellas registradas en los sitios del río Apatlaco, y sólo se determinaron ocho especies en ambientes sin cuerpos de agua.

A pesar de los altos niveles de contaminación del agua en el río Apatlaco, más de 50% de la actividad de forrajeo ocurrió en este ambiente. De igual forma, todas las especies registradas en la zona urbana del municipio ocurren en este ambiente.

El estudio sugiere que los murciélagos insectívoros que residen en zonas urbanas pueden beneficiarse de la presencia de corrientes de agua. El río Apatlaco contribuye a la composición del hábitat urbano para los murciélagos insectívoros aéreos en el paisaje de Zacatepec.

## Conclusiones

Estos estudios evidencian la importancia de la cobertura vegetal y de los cuerpos de agua en los ambientes urbanizados, para favorecer la presencia de murciélagos

**Cuadro 2.** Riqueza de especies por sitio de muestreo y tipo de ambiente.

Familia	Especies	Canales			Río			Sin cuerpos de agua		
		CC	MR	BJ	PF	IG	SEG	ES	SN	SR
Emballonuridae	<i>Saccopteryx bilineata</i>	•			•	•	•			•
	<i>Balantiopteryx plicata</i>			•		•				
Mormoopidae	<i>Mormoops megalophylla</i>	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	<i>Pteronotus davyi</i>	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	<i>P. parnellii</i>		•		•					
Molossidae	<i>Molossus sinaloe</i>		•	•	•	•		•		
	<i>Promops centralis</i>				•					
	<i>Eumops sp.</i>	•		•	•		•	•		
Vespertilionidae	<i>Lasiurus intermedius</i>	•	•	•		•	•	•	•	•
	<i>L. blossevillii</i>				•		•		•	•
	<i>Myotis velifer</i>		•		•	•		•		•
<b>Total</b>	<b>11</b>	<b>9</b>			<b>11</b>			<b>8</b>		

CC: Canal cerro; MR: Mirador; BJ: Benito Juárez; PF: Puente de Fierro; IG: Iguazú; SEG: Seguro; ES: Estadio; SN: San Nicolás; SR: Santa Rosa. Fuente: elaboración propia.

insectívoros aéreos y la conservación de sus poblaciones en ambientes transformados. Particularmente en Cuernavaca, donde se conjuntan la presencia de las barrancas, edificaciones antiguas y parques, hacen que la ciudad tenga mayor riqueza de especies de murciélagos insectívoros aéreos.

Para Zacatepec, otro paisaje urbano de Morelos, rodeado de un entorno agrícola, un área natural protegida y diferentes cuerpos de agua, el estudio sugiere que los murciélagos insectívoros que residen en zonas urbanas pueden beneficiarse de la presencia de corrientes de agua, lo cual concuerda con otros reportes.

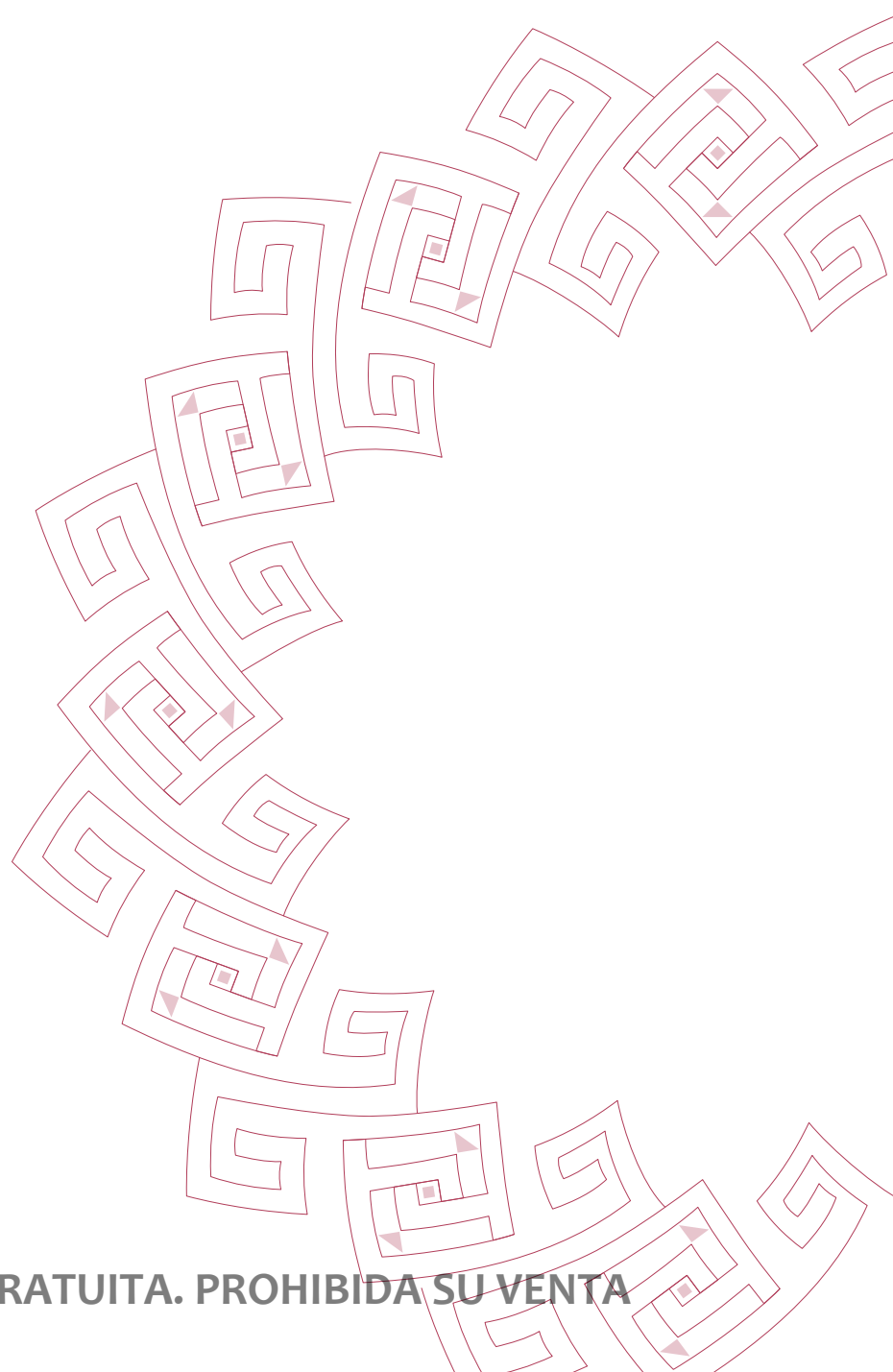
El río Apatlaco contribuye de manera importante a la composición del hábitat urbano para murciélagos insectívoros aéreos en la zona urbana de Zacatepec, es posible se deba a la producción de insectos.

Los murciélagos insectívoros aéreos podrían estar controlando las poblaciones de insectos plaga al interior de la ciudad y en los campos agrícolas de la región. Particularmente, los integrantes de las familias Molossidae y Vespertilionidae se consideran explotadores de ambientes urbanos, ya que su actividad se asocia a zonas con iluminación artificial, como el alumbrado público y las luces de estadios y parques, donde es común verlos cazando a los insectos que son atraídos por la luz.

## Referencias

- Alvarado-Rosas, C. y M.R. Di Castro-Stringher. 2013. *Cuernavaca ciudad fragmentada: sus barrancas y urbanizaciones cerradas*. Juan Pablos/UAEM, Cuernavaca.
- Dorado, O., A. Flores-Castorena, J.M. De Jesús-Almonte *et al.* 2012. *Árboles de Cuernavaca nativos y exóticos, guía para su identificación*. Trópico Seco Ediciones/UAEM, Cuernavaca.
- López-Vela, R. 2002. El Centro Histórico de Cuernavaca. *El Tlacuache. Suplemento cultural La Jornada Morelos/Centro INAH Morelos* 38:1-4.
- Medellín, R.A., H.T. Arita y O. Sánchez. 2007. *Identificación de los murciélagos de México, clave de campo*. Instituto de Ecología-UNAM, México.
- sds. Secretaría de Desarrollo Sustentable. 2015. *Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Zacatepec*. En: <<http://sustentable.morelos.gob.mx/categoria/temas/pt/programas-municipales>>, última consulta: 22 de noviembre de 2015.
- STDE. Secretaría de Turismo y Desarrollo Económico. 2013. *El Calvario*. Gobierno Municipal de Cuernavaca. En: <[http://www.cuernavaca.gob.mx/turismo/?page\\_id=2916](http://www.cuernavaca.gob.mx/turismo/?page_id=2916)>, última consulta: 8 de diciembre de 2016.
- Threlfall, C.G., B. Law y P.B. Banks. 2012. Sensitivity of insectivorous bats to urbanization: Implications for suburban conservation planning. *Biological Conservation* 146:41-52.





**DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA**

## Los mamíferos carnívoros de la Sierra de Huautla

David Valenzuela Galván, Floriely Castro Campos y Xavier López Medellín

Las áreas naturales protegidas (ANP) buscan preservar el patrimonio natural y cultural del país (Villalobos 2000). Entre las especies que protegen hay grupos con roles ecológicos notables, como aquellos que controlan las poblaciones de otras especies.

Uno de estos grupos son los mamíferos carnívoros, cuyas especies son determinantes para las redes tróficas, y enfrentan severos problemas de conservación (Gittleman *et al.* 2001, Miller *et al.* 2001, Valenzuela-Galván *et al.* 2008, Ceballos 2014).

En general, al ser total o parcialmente consumidores de presas vivas (p.e. vertebrados, artrópodos), enfrentan restricciones en la disponibilidad de energía, que se relaciona con sus bajas densidades, su requerimiento de grandes espacios y hábitats poco alterados en los que puedan encontrar su alimento.

Algunas especies son altamente resilientes (tienen la capacidad de recuperarse tras fenómenos de perturbación importantes), y pueden tolerar cambios en sus ambientes naturales.

Cuando las poblaciones de las presas de los carnívoros grandes disminuyen por diferentes causas (p.e. cacería furtiva, deforestación), éstos pueden verse en la necesidad de depredar animales domésticos (p.e. vacas, cabras) lo que genera conflicto con los humanos (Sillero-Zubiri *et al.* 2007, Miller *et al.* 2016). La depredación de aves de corral o las afectaciones a cultivos humanos por los mamíferos carnívoros medianos también generan conflictos.

Esto amenaza los intereses de las poblaciones humanas, y aun cuando la percepción de amenaza puede ser mayor que la realidad, estos conflictos ocasionan que muchas especies de mamíferos carnívoros sean perseguidas y estén altamente amenazadas por las actividades humanas (Ginsberg 2001, Purvis *et al.* 2001).

Los carnívoros regulan las poblaciones de sus presas, y también regulan directa o indirectamente otros fenómenos ecológicos como la dispersión y depredación de semillas, o el establecimiento de plántulas (Roemer *et al.* 2009).

Los carnívoros de mayor talla compiten fuertemente o pueden llegar a depredar a los de menor talla, así, cuando los primeros disminuyen, las poblaciones de los segundos pueden incrementarse. A este fenómeno se le conoce en ecología como liberación de los mesodepredadores o carnívoros de talla media (Roemer *et al.* 2009).

Todo lo anterior influye en la presencia de las diferentes especies de mamíferos carnívoros en una ANP. La integridad ecológica del área necesita del papel de dicho grupo, porque de otra forma puede decaer si las especies o poblaciones de carnívoros disminuyen o desaparecen (Boitani y Powell 2012). Por tal motivo, en cierto sentido, una comunidad de mamíferos carnívoros diversa y con poblaciones abundantes, revela que un ANP cumple sus objetivos.

Esto pasa en la Reserva de la Biósfera Sierra de Huautla (REBIOSH), ubicada al sur de Morelos, en la parte alta de la cuenca del río Balsas. Ésta protege uno de los mayores remanentes de selva baja caducifolia en el centro del país (CONANP 2005).

La selva baja caducifolia tiene una marcada estacionalidad climática que implica restricciones ambientales muy importantes para las especies que viven ahí, lo que favorece el desarrollo de muchas adaptaciones particulares, tanto en su forma como en su funcionamiento y conducta para poder permanecer en este tipo de vegetación, sobrevivir y reproducirse (Ceballos y Valenzuela 2010).

Asimismo, es un ambiente que posee una diversidad biológica elevada entre cuyas especies hay muchas que

Valenzuela-Galván, D., F. Castro-Campos y X. López-Medellín. 2020. Los mamíferos carnívoros de la Sierra de Huautla. En: *La biodiversidad en Morelos. Estudio de Estado 2. Vol. II*. CONABIO, México, pp. 354-360.

son endémicas a este ecosistema. La selva baja caducifolia de la cuenca del río Balsas se ha identificado como relevante para la conservación de los carnívoros terrestres presentes en centro y Norteamérica (Valenzuela-Galván *et al.* 2008).

Diferentes estudios permiten saber que en la REBIOSH habitan 16 especies de mamíferos carnívoros (100% de las especies presentes en Morelos y 38% del total en México), pertenecientes a 15 géneros y cinco familias

(cuadro 1; Vargas *et al.* 1992, Sánchez y Romero 1995, Álvarez-Castañeda 1996, Sierra-Huelz y Vargas-Contreras 2002, Torres-Magadán 2003, Valenzuela-Galván *et al.* 2013, 2015b, Castro-Campos 2016). De acuerdo con la NOM-059 (SEMARNAT 2010), entre estas especies, dos se consideran amenazadas y tres en peligro de extinción en (cuadro 1). Cabe señalar que la REBIOSH es una de las pocas ANP que protege a las seis especies de felinos silvestres presentes en México (familia Felidae, cuadro 1).

**Cuadro 1.** Especies de mamíferos carnívoros presentes en la Reserva de la Biósfera Sierra de Huautla (REBIOSH). Los nombres comunes son los usados en la zona de la REBIOSH y cotejados con Álvarez-Castañeda y González-Ruiz 2018.

Familia	Nombre científico	Nombre común	NOM-059	Tipo de registro				Zona de la REBIOSH con registro		
				Fototrampeos 2009-2015	Rastros	Avistamiento por pobladores	Reporte en literatura con registro confirmado	Este	Central	Oeste
Canidae	<i>Canis latrans</i>	Coyote		•	•	•	•	•	•	•
	<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	Zorra gris		•	•	•	•	•	•	•
Procyonidae	<i>Nasua narica</i>	Tejón/coatí		•	•	•	•	•	•	•
	<i>Bassariscus astutus</i>	Cacomixtle		•	•	•	•	•	•	•
	<i>Procyon lotor</i>	Mapache		•	•	•	•	•	•	•
Mustelidae	<i>Mustela frenata</i>	Comadreja/hurón				•	•	•	•	•
	<i>Lontra longicaudis</i>	Nutria de río/perro de agua	A		•	•	•			•
Mephitidae	<i>Mephitis macroura</i>	Zorrillo listado/zorrillo rayado sureño		•	•	•	•	•	•	•
	<i>Conepatus leuconotus</i>	Zorrillo cadeno/zorrillo espalda blanca		•	•	•	•	•	•	•
	<i>Spilogale angustifrons</i>	Zorrillo manchado del sur		•			•	•	•	•
Felidae	<i>Panthera onca</i>	Jaguar	P	•			•	•		
	<i>Puma concolor</i>	Puma			•	•		•	•	•
	<i>Leopardus pardalis</i>	Ocelote	P		•		•	•		
	<i>L. wiedii</i>	Tigrillo/margay	P	•	•	•	•	•	•	•
	<i>Herpailurus yagouaroundi</i>	Jaguarundi/leoncillo	A	•		•	•	•	•	•
	<i>Lynx rufus</i>	Gato montes		•		•	•	•		•

NOM-059: A: amenazada; P: en peligro de extinción. Fuente: elaboración propia con datos de Vargas *et al.* 1992, Sánchez y Romero 1995, Álvarez-Castañeda 1996, Sierra-Huelz y Vargas-Contreras 2002, Torres-Magadán 2003, SEMARNAT 2010, Valenzuela-Galván *et al.* 2013, 2015b, Castro-Campos 2016.

La perturbación en la vegetación puede afectar la estructura de la comunidad de carnívoros en la zona. Este hecho se registró en los estudios de Torres-Magadán (2003), donde encontró que hay más especies en sitios no perturbados que en áreas perturbadas.

Asimismo, es un hecho que al combinar los esfuerzos de conservación de la REBIOSH con el manejo de los ejidos para operar correctamente unidades de manejo para la conservación de la vida silvestre (UMA), se promueve una comunidad de carnívoros más completa, más diversa y con mayor porcentaje de área ocupada por estas especies (Castro-Campos 2016).

Por otra parte, en las evaluaciones que se realizaron a los pobladores rurales de la REBIOSH sobre sus percepciones, la mayoría advierte que las poblaciones de especies de fauna silvestre, entre la que se incluyen los mamíferos carnívoros, son ahora más abundantes que cuando se decretó la reserva y se inició el manejo de las UMA (Castro-Campos 2016, López-Medellín *et al.* 2017).

Pero también hay una creciente apreciación de que las afectaciones por algunas de estas especies aumentaron (p.e. daño a los cultivos, depredación sobre aves de corral; Castro-Campos 2016). Este escenario incipiente de conflicto entre carnívoros y humanos en la REBIOSH debe atenderse a la brevedad.

Desde 2009 inició el proyecto Ecología y Conservación de Carnívoros en la Sierra de Huautla, con muestreos hechos con cámaras automáticas (fototrampeos sistemáticos) en los ejidos El Limón de Cuauchichinola e Ixtlilco el Grande (Tepalcingo); Quilamula, Rancho Viejo, Chimalacatlán y Huaxtla (Tlaquiltenango) y La Tigra (Puente de Ixtla).

Entre 2009 y 2015 se acumuló un esfuerzo de muestreo de más de 12 mil días trampa (un día trampa equivale a una cámara automática que registra en 24 horas todo animal que pasa frente a ella), lo cual permitió profundizar el conocimiento de la comunidad de mamíferos carnívoros presente en esta ANP, así como de otras especies de vertebrados, entre ellas, algunas presas de los carnívoros.

En dichos fototrampeos se tiene el registro de 12 de las 16 especies de carnívoros presentes en la REBIOSH (dos cánidos, tres prociónidos, tres mefitidos y cuatro felinos; cuadro 1, figuras 1 y 2). Esto indica que es una comunidad dominada por carnívoros de talla media, en particular por especies de las familias Canidae, Procyonidae y Mephitidae (Valenzuela-Galván *et al.* 2015a, Castro-Campos 2016).

Las cinco especies de mamíferos carnívoros con más registros en la REBIOSH son: la zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*), el tejón (*Nasua narica*), el mapache (*Procyon lotor*), el coyote (*Canis latrans*) y el zorrillo listado (*Mephitis macroura*). Entre los felinos, la especie registrada con mayor frecuencia es el tigrillo (*Leopardus wiedii*), las otras especies de felinos registradas son: el gato montés (*Lynx rufus*), el jaguarundi (*Herpailurus yagouaroundi*) y el jaguar (*Panthera onca*, cuadro 1). Para el tigrillo y el gato montés hay evidencia de que se reproducen dentro de la REBIOSH.

Si bien en esta reserva se considera que los carnívoros de mayor talla son escasos, hay evidencias que sugieren que esta situación podría ir cambiando, pues tras su decreto, se ha logrado conservar la vegetación nativa y recuperar zonas de vegetación alterada (véase *Uso del suelo y conservación de la selva baja caducifolia en la Sierra de Huautla* en esta obra).

En este sentido, es posible decir que se han generado las condiciones favorables para que especies reportadas como presa de grandes carnívoros, como el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) o el tejón (*N. narica*), hayan aumentado el tamaño de sus poblaciones (Hernández *et al.* 2011, Castro-Campos 2016). Incluso especies con muy pocos registros anteriores, sin registro previo o extirpadas en la zona, como el tigrillo (*L. wiedii*) o el pecarí de collar (*Dicotyles angulatus*), que es una presa importante de los grandes felinos, ahora han sido observadas con cierta abundancia (Valenzuela-Galván *et al.* 2013, Castro-Campos 2016).

Por otra parte, se han desarrollado trabajos que aportan información ecológica sobre algunas especies de mamíferos carnívoros en la REBIOSH.

De León (2009) estudió el consumo de frutos carnosos como complemento en la dieta de los carnívoros como el cacomixtle (*Bassariscus astutus*), la zorra gris (*U. cinereoargenteus*) y el tejón (*N. narica*), y dedujo el papel que estas especies podrían estar jugando en el mantenimiento de la estructura de la vegetación. Encontró semillas de al menos 10 especies de 10 géneros de plantas arbustivas o arbóreas en 97% de las excretas analizadas de dichos carnívoros. Algunas de las especies vegetales encontradas, contribuyen de manera importante a la cobertura forestal de esta ANP, por lo que estos carnívoros, al dispersar semillas, podrían contribuir a mantener la vegetación natural.



**Figura 1.** Especies de carnívoros que habitan en la REBIOSH: a) zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*); b) coyote (*Canis latrans*); c) zorrillo cadeno (*Conepatus leuconotus*); d) zorrillo listado (*Mephitis macroura*); e) zorrillo manchado (*Spilogale angustifrons*); y f) cacomixtle (*Bassariscus astutus*). Fotos: Floriely Castro-Campos y David Valenzuela-Galván (a, c), David Valenzuela-Galván (b, d, e, f).



**Figura 2.** Especies de carnívoros que habitan en la REBIOSH: a) tejón (*Nasua narica*); b) mapache (*Procyon lotor*); c) tigrillo (*Leopardus wiedii*); d) jaguar (*Panthera onca*); e) jaguarundi (*Herpailurus yagouaroundi*); f) gato montés (*Lynx rufus*); y g) panorama del interior de la selva baja caducifolia de la REBIOSH. Fotos: Floriely Castro-Campos y David Valenzuela-Galván (b, d, e), David Valenzuela-Galván (a, c, f, g).

Mora-Delgado (2012) registró restos de vegetales, vertebrados e invertebrados en las excretas de zorra gris (en 100%, 64% y 61%, respectivamente, del total de muestras analizadas). Entre los restos vegetales, reportó 47 morfoespecies (identificadas por sus semillas), donde las familias Moraceae y Verbenaceae tuvieron el mayor número de especies. Además, registró que para algunas especies entre 30% y 76% de las semillas encontradas en las excretas, aún eran viables, lo que apoya el papel legítimo de la zorra gris como dispersor de semillas en la selva baja caducifolia.

Delgado (2013) y Salazar (2015) analizaron los patrones de actividad, con base en el análisis de registros fotográficos obtenidos en fototrampeos, para el tejón y para el mapache, respectivamente. En el caso del tejón se encontró que, aunque generalmente es una especie diurna, en esta reserva, presenta un mayor porcentaje de actividad en el periodo nocturno, lo que podría ser un ajuste para minimizar encuentros con humanos.

Para el mapache se confirmó que en la REBIOSH es nocturno con un menor porcentaje de actividad crepuscular y que tiene un índice de actividad relativa considerablemente mayor al reportado para la especie en otras zonas de selva baja caducifolia del país.

Finalmente, en estudios recientes (Nigenda-Morales 2016, Nigenda-Morales *et al.* 2019, véase *Comparación de la diversidad genética en poblaciones del tejón (Nasua narica)* en esta obra), se analizó la genética de poblaciones de tejón en todo su rango de distribución geográfica dentro del país y Morelos. En dichos estudios se incluyó una población de la REBIOSH, y se encontró una variación genética relativamente restringida pero muy particular y diferente a la de otras poblaciones de la especie en el resto del país.

En la REBIOSH existe una comunidad de carnívoros diversa cuyas especies regulan fenómenos ecológicos relevantes que sin duda contribuyen al mantenimiento de la biodiversidad en esta ANP y en Morelos. Es por ello, que la REBIOSH registra la presencia de seis especies de felinos, lo que la convierte en una de las pocas áreas protegidas en la zona centro del país que sirve de refugio a este tipo de carnívoros. Este hecho aumenta el valor de la REBIOSH para la conservación de los carnívoros de México, pero también aumenta la responsabilidad de mantenerla en buen estado, responsabilidad que comparten autoridades de gobierno, la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, la

Universidad Autónoma del Estado de Morelos y, desde luego, los pobladores de la reserva.

Garantizar la conservación de la comunidad de carnívoros de la REBIOSH requerirá desarrollar más trabajos de investigación que aporten información detallada sobre la densidad y el tamaño de sus poblaciones, así como sobre el tamaño de las áreas de actividad que requieren sus individuos, o sobre la disponibilidad de las diferentes presas que necesitan para alimentarse.

Como se señaló anteriormente, será importante a corto y mediano plazo estudiar y entender los conflictos que pueden presentarse dentro de la REBIOSH entre los carnívoros y las poblaciones humanas, para poder implementar oportunamente esquemas de compensación y mitigación de las afectaciones.

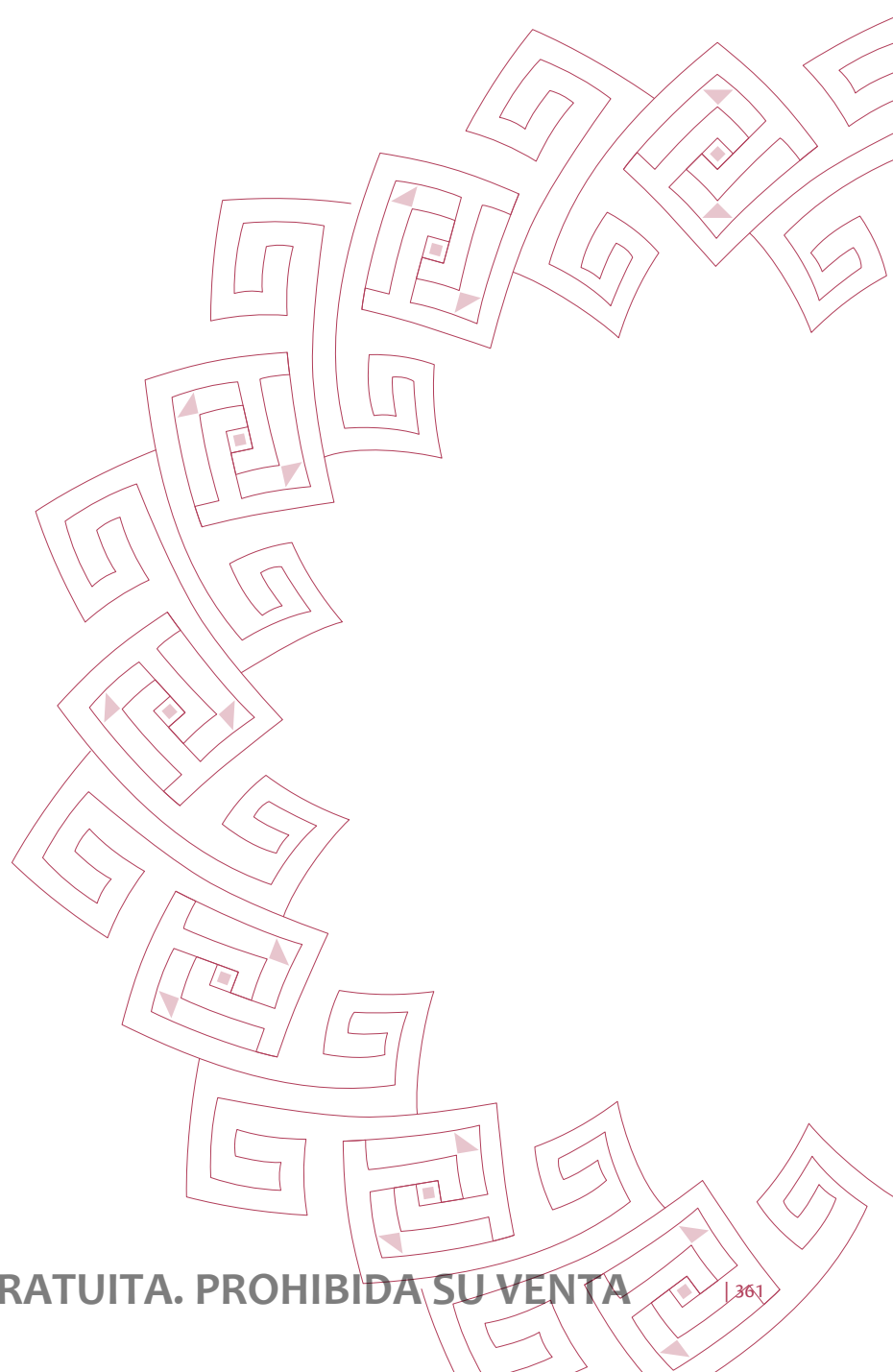
Esto permitirá instrumentar acciones de conservación particulares a las diferentes especies de carnívoros, a la par que alternativas productivas relacionadas a ello, como por ejemplo organizar y ofertar recorridos para avistamiento y toma de fotografías de estos animales o proyectos de investigación que requieran su captura, pero con la participación de turistas dispuestos a pagar para vivir esas experiencias.

## Referencias

- Álvarez-Castañeda, S.T. 1996. *Los mamíferos del estado de Morelos*. Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste, S.C., La Paz.
- Álvarez-Castañeda, S.T. y N. González-Ruiz. 2018. Spanish and english vernacular names of mammals of North America. *Therya* 9:73-84.
- Boitani, L. y R.A. Powell (eds.). 2012. *Carnivore ecology and conservation: a handbook of techniques*. Oxford University Press, Nueva York.
- Ceballos, G. (ed.). 2014. *Mammals of Mexico*. Johns Hopkins University Press, Baltimore.
- Ceballos, G. y D. Valenzuela. 2010. Diversidad, ecología y conservación de los vertebrados de Latinoamérica. En: *Diversidad, amenazas y áreas prioritarias para la conservación de las selvas secas del Pacífico de México*. G. Ceballos, L. Martínez, A. García *et al.* (eds.). FCE/CONABIO, México, pp. 93-118.
- Castro-Campos, F. 2016. *Mesocarnívoros en zonas de selva seca con diferente manejo: evaluando el papel de las UMA*. Tesis de maestría en biología integrativa de la biodiversidad y la conservación. Centro de Investigaciones en Biodiversidad y Conservación-UAEM, Cuernavaca.
- CONANP. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 2005. *Programa de manejo y conservación de la Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla*. CONANP/SEMARNAT, México.

- De León, A. 2009. *Relación entre el orden carnívora, fruta carnosa y comunidades rurales en dos microcuencas al sur del estado de Morelos*. Tesis de maestría en gestión integrada de cuencas. UAQ, Querétaro.
- Delgado, S. 2013. *¿Qué tan diurno es el coati o tejón (Nasua narica) en Sierra de Huautla?* Tesis de licenciatura en biología. Facultad de Ciencias Biológicas-UAEM, Cuernavaca.
- Ginsberg, J.R. 2001. Setting priorities for carnivore conservation: what makes carnivores different? En: *Carnivore conservation*. J.L. Gittleman, S. Funk, D.W. Macdonald y R.K. Wayne (eds.). Cambridge University Press, Cambridge, pp. 498-523.
- Gittleman, J.L., S. Funk, D.W. Macdonald, y R.K. Wayne. (eds.). 2001. *Carnivore conservation*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Hernández S., D.A., E. Cortés Díaz, J.L. Zaragoza-Ramírez et al. 2011. Hábitat del venado cola blanca, en la Sierra de Huautla, Morelos, México. *Acta Zoológica Mexicana* 27(1):47-66.
- López-Medellín, X., L.B. Vázquez. D. Valenzuela-Galván et al. 2017. Percepciones de los habitantes de la Reserva de la Biósfera Sierra de Huautla: hacia el desarrollo de nuevas estrategias de manejo participativo. *Interciencia* 42(1):8-16.
- Miller, B., B. Dugelby, D. Foreman et al. 2001. The importance of large carnivores to healthy ecosystems. *Endangered Species* 18 (5):202-210.
- Miller, J.R.B, Y.V. Jhala y O.J. Schmitz. 2016. Human perceptions mirror realities of carnivore attack risk for livestock: implications for mitigating human-carnivore conflict. *PLoS ONE* 11(9):1-15.
- Mora-Delgado, A. 2012. *El papel de la zorra gris (Urocyon cinereoargenteus) como dispersor en un bosque tropical caducifolio al sur del Estado de Morelos, México*. Tesis de licenciatura en biología. Facultad de Ciencias Biológicas-UAEM, Cuernavaca.
- Nigenda-Morales, S.F. 2016. *Phenotypic and gene expression variation in the Virginia opossum (Didelphis virginiana) and phylogeography of the white-nosed coati (Nasua narica)*. Tesis de doctorado en biología. Universidad de California, Los Ángeles.
- Nigenda-Morales, S.F., M.E. Gompper, D. Valenzuela-Galván et al. 2019. Phylogeographic and diversification patterns of the white-nosed coati (*Nasua narica*): Evidence for south-to-north colonization of North America. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 121:149-163.
- Purvis, A., G. Mace y J.L. Gittleman. 2001. Past and future carnivore extinctions: a phylogenetic perspective. En: *Carnivore conservation*. J.L. Gittleman, S. Funk, D.W. Macdonald y R.K. Wayne (eds.). Cambridge University Press, Cambridge, pp. 11-34.
- Roemer, G.W., M.E. Gompper y B. Van Valkenburgh. 2009. The ecological role of the mammalian mesocarnivore. *BioScience* 59(2):165-173.
- Salazar, L. 2015. *Patrones de actividad del mapache (Procyon lotor), en la Reserva de la Biósfera Sierra de Huautla, Morelos, México*. Tesis de licenciatura en biología. Facultad de Ciencias Biológicas-UAEM, Cuernavaca.
- Sánchez, C. y M.L. Romero. 1995. *Mastofauna silvestre del área de Reserva Sierra de Huautla (con énfasis en la región noreste)*. UAEM/FOMES, Cuernavaca.
- SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. *Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010*. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.
- Sierra-Huelz, J.A. y J.A. Vargas-Contreras. 2002. Registros notables de *Lontra longicaudis annectens* (Carnívora: Mustelidae) en el Río Amacuzac en Morelos y Guerrero. *Revista Mexicana de Mastozoología* 6:129-135.
- Sillero-Zubiri, C., R. Sukumar y A. Treves. 2007. Living with wildlife: the roots of conflict and the solutions. En: *Key topics in conservation biology*. D.W. Macdonald y K. Service (eds.). Blackwell Publishing, Estados Unidos de América, pp. 255-272.
- Torres-Magadan, J.L. 2003. *Estimación de la abundancia relativa de carnívoros en la Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla (RBSH), Morelos*. Tesis de licenciatura en biología. Facultad de Ciencias Biológicas-UAEM, Cuernavaca.
- Valenzuela-Galván, D., H. Arita y D.W. Macdonald. 2008. Conservation priorities for carnivores considering protected natural areas and human population density. *Biodiversity and Conservation* 17:539-558.
- Valenzuela-Galván, D., A. De León-Ibarra, A. Lavallo-Sánchez et al. 2013. The margay *Leopardus wiedii* and bobcat *Lynx rufus* from the dry forests of southern Morelos, Mexico. *The Southwestern Naturalist* 58:118-120.
- Valenzuela-Galván, D., F. Castro-Campos, C.R. Rodríguez-Luna et al. 2015a. *Informe final del proyecto Distribución de felinos silvestres en Sierra de Huautla*. Convenio de concertación PROCER/DRCEM/005/2015.
- Valenzuela-Galván, D., F. Castro-Campos, J. Servín et al. 2015b. First contemporary record of jaguar in Morelos state and the Sierra de Huautla Biosphere Reserve, Mexico. *Western Northamerican Naturalist* 75:370-373.
- Vargas, R., C. Sánchez y M.L. Romero. 1992. Registro de felinos para el centro y sur del estado de Morelos, México. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural* 43:97-99.
- Villalobos, I. 2000. Áreas naturales protegidas: instrumento estratégico para la conservación de la biodiversidad. *Gaceta Ecológica* 54:24-34.





**DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA**

# Monitoreo biológico del conejo zacatuche (*Romerolagus diazi*)

José Antonio Guerrero Enríquez, Areli Rizo Aguilar, Dennia Brito González y Luis Gerardo Ávila Torresagatón.

## Descripción y distribución

El conejo zacatuche (*Romerolagus diazi*) es el lagomorfo (orden Lagomorpha: conejos, liebres y afines) de menor tamaño del país (figura 1). Tiene un peso que va de los 380 a los 602 g, con pelaje denso y corto de color pardo oscuro, patas y piernas cortas, orejas pequeñas y redondeadas, y la cola poco visible (Cervantes y Martínez-Vázquez 1996).



Figura 1. Conejo zacatuche (*Romerolagus diazi*) en su hábitat. Foto: José Antonio Guerrero

Es una especie endémica de México debido a que su distribución se restringe a las montañas centrales de la Faja Volcánica Transmexicana (Eje Neovolcánico Transversal), con poblaciones distribuidas en parches discontinuos en las zonas aledañas a los volcanes Popocatepetl, Iztaccíhuatl, El Pelado, Tláloc y la Sierra del Chichinautzin (Velázquez *et al.* 1996, Rizo-Aguilar *et al.* 2015). Adicionalmente, se tienen registros de esta especie en el volcán Nevado de Toluca (Ceballos *et al.* 1998).

En Morelos, se distribuye en un área de 166 km<sup>2</sup> dentro la zona norte del complejo de áreas naturales protegidas Corredor Biológico Chichinautzin, en altitudes por arriba de los 2 800 msnm (Rizo-Aguilar *et al.* 2016). El zacatuche habita únicamente en zonas con zacatonales amacollados de los géneros *Muhlenbergia*, *Festuca* y *Stipa*, las cuales le sirven de protección contra depredadores, para formar madrigueras y como principal fuente de alimento (Cervantes y Martínez 1992, Velázquez y Heil 1996).

## Estado de conservación y monitoreo de poblaciones

Como consecuencia de las actividades humanas como la agricultura, el pastoreo, la apertura de caminos y la extracción de tierra de monte, el hábitat de esta especie gradualmente se ha degradado y fragmentado, y en algunas zonas ha desaparecido. Por ello, el zacatuche se encuentra enlistado en la NOM-059 como especie en peligro de extinción (SEMARNAT 2010); en la categoría de amenazada en la lista de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (Lista Roja de la UICN; AMCELA *et al.* 2008); y en 2014 fue reconocida por la Secretaría del Medio Ambiente

Guerrero, J.A., A. Rizo-Aguilar, D. Brito-González y L.G. Ávila-Torresagatón. 2020. Monitoreo biológico del conejo zacatuche (*Romerolagus diazi*). En: *La biodiversidad en Morelos. Estudio de Estado 2. Vol. II*. CONABIO, México, pp. 362-367.

y Recursos Naturales (SEMARNAT) como una especie prioritaria para la conservación (SEMARNAT 2014).

Asimismo, se realizaron una serie de investigaciones que se enfocan en generar la información necesaria para el diseño de un plan de conservación del zacatuche y su hábitat. Todo ello como parte de un programa de monitoreo biológico de las poblaciones del zacatuche dentro del Corredor Biológico Chichinautzin.

Desde 2011 se monitorean las poblaciones y se estimó la densidad mediante un método indirecto no invasivo, basado en el conteo de excretas en ocho sitios dentro del corredor biológico (figura 2; Brito-González 2015).

Rizo-Aguilar *et al.* (2016) realizaron estudios sobre la distribución y la densidad del zacatuche. Por su parte, Uriostegui-Velarde *et al.* (2015) investigaron sobre otros aspectos de su biología y ecología, como su importancia en la dieta de dos depredadores y el efecto que la depredación puede ejercer en sus poblaciones.

Entre otros trabajos destacan los que estudian: 1) la conducta en vida libre (Solorio-Damián 2013); 2) los niveles de estrés causados por la degradación del hábitat (Rizo-Aguilar *et al.* 2014); 3) las características del hábitat que favorecen la abundancia de las poblaciones (Rizo-Aguilar *et al.* 2015); 4) el análisis de la conectividad de poblaciones de zonas de distribución núcleo y periféricas (Uriostegui-Velarde 2014); y 5) su dieta en hábitats contrastantes (Mancínez-Arellano 2017).

Es gracias al monitoreo que se realizó entre 2011 y 2016, se sabe que las poblaciones del zacatuche disminuyeron drásticamente en cuatro de los ocho sitios monitoreados, y sólo en uno la densidad aumentó (figura 3).

Cabe destacar que, en el sitio con la disminución más notable, la densidad pasó de 4.3 individuos/ha en 2011 a sólo 0.4; mientras que en otro pasó de 2.9 a 0.2. Por otro lado, en el sitio en donde la densidad experimentó un incremento, pasó de 0.8 a 3 individuos/ha.

El dato más preocupante es que para 2011 la densidad promedio era de 1.2 individuos/ha, mientras que para 2014 ya era de 0.5, en tanto que para 2016 fue de sólo 0.2. Esto significa que la densidad de las poblaciones entre 2011 y 2016 disminuyó en 80%. Además, durante 2011 se registró la presencia de zacatuches en los ocho sitios monitoreados, mientras que en 2016 sólo se registró en tres. Estos datos generan alerta sobre la posible extinción local de las poblaciones de zacatuche.

## Factores de presión

La disminución en las densidades poblacionales de zacatuche que se observaron durante los años en los que se realizó el monitoreo, se debe principalmente a la destrucción de su hábitat ocasionada por dos factores:

1. La extracción de tierra de monte (figura 4). Por un lado, la extracción daña la estructura de los zacatonales y disminuye la cobertura que ofrecen. Por otro lado, el ingreso de camiones pesados entre los zacatonales para cargar la tierra, ocasiona también su destrucción por el aplastamiento de la vegetación presente.
2. La forestación y reforestación de los zacatonales, debido a que las macollas son arrancadas para dar cabida, principalmente, a la siembra de plantas de pino, encino y madroño (figura 5).

En ambos casos, el daño a los zacatonales es tal que su recuperación puede tomar varios años, o incluso no lograrse. Consecuentemente, el hábitat que requiere el zacatuche para vivir se irá perdiendo.

Además, si los árboles que se plantan entre los zacatonales llegan a tener éxito y alcanzan edades adultas, su presencia evitará el paso de la luz solar y se verá afectada la sobrevivencia de los pastos amacollados que son al hábitat del zacatuche y otras especies. Estas actividades con alto impacto para la destrucción del zacatonal, se desarrollan de manera cotidiana en los sitios monitoreados desde 2011.

## Conclusiones y recomendaciones

Dentro de las acciones sugeridas para la conservación del zacatuche y su hábitat destacan el monitoreo de la especie a largo plazo y la protección de los zacatonales.

La única herramienta que permite conocer el cambio en el tamaño de las poblacionales a lo largo del tiempo, y entender así las tendencias, es el monitoreo a largo plazo. Por tal motivo, es necesario continuar con un programa de seguimiento de las poblaciones del zacatuche, no sólo en los ocho sitios monitoreados desde 2011, sino además ampliar este esfuerzo a otras zonas de la distribución de la especie.

Para ello, se sugiere implementar la misma metodología utilizada en el Corredor Biológico Chichinautzin por Brito-González (2015), con el fin de que los resultados se

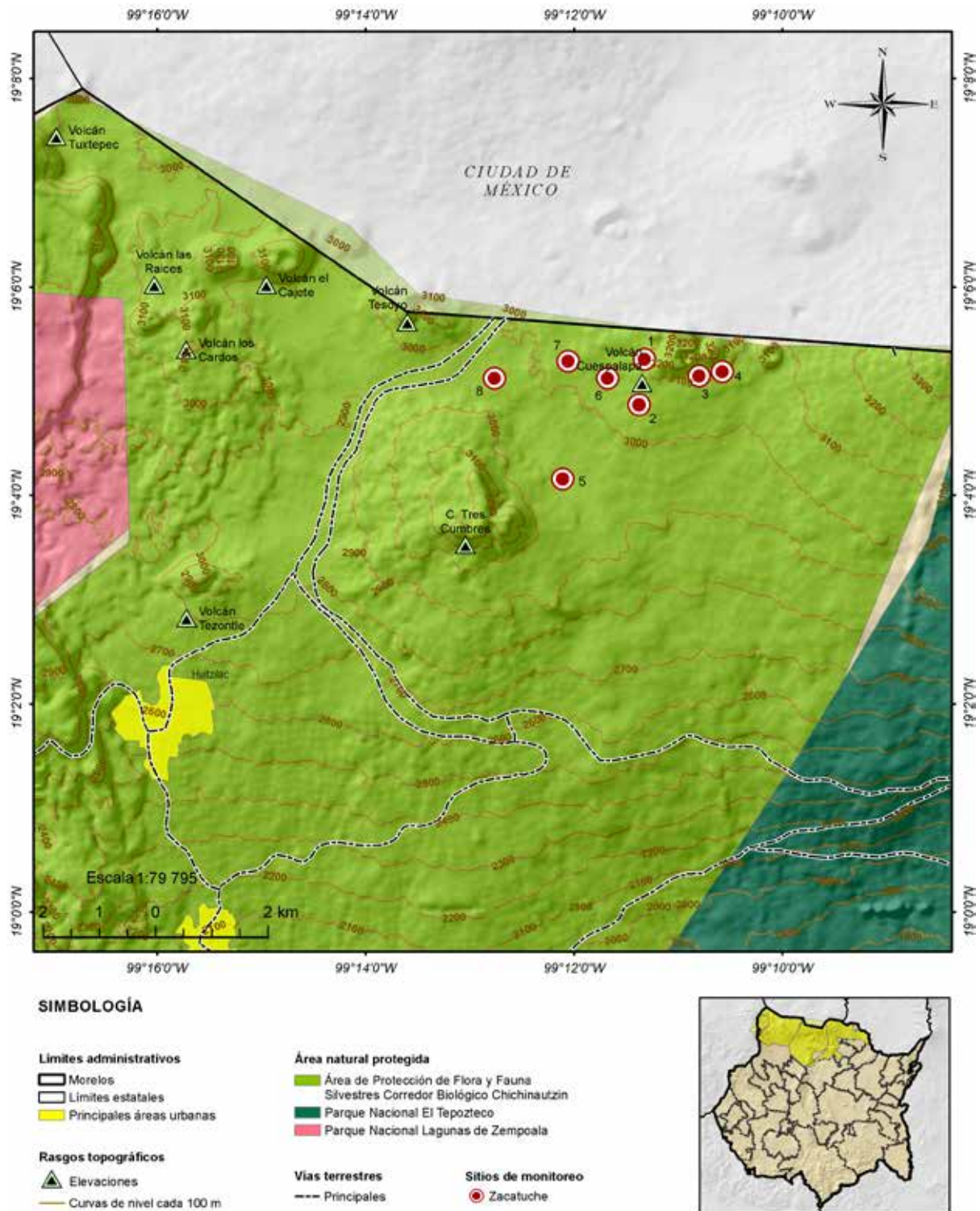
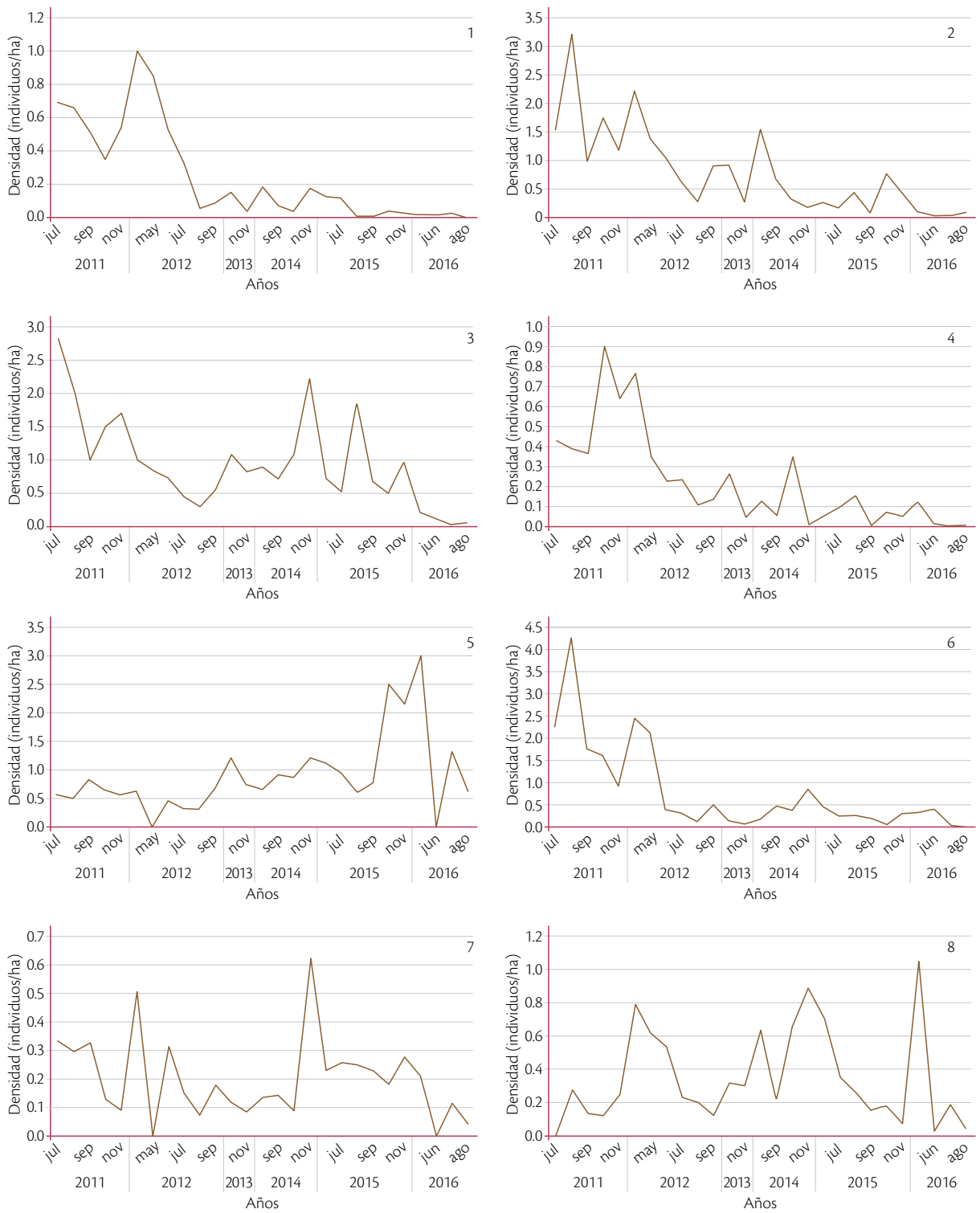


Figura 2. Ubicación de los sitios de monitoreo de las poblaciones de zacatuche en el Corredor Biológico Chichinautzin. Fuente: elaboración propia con datos de Brito-González 2015.



**Figura 3.** Densidad de zacatuche en los ocho sitios monitoreados entre 2011 y 2016. Los números dentro de las gráficas corresponden a los sitios señalados en la figura 2. Fuente: elaboración propia.



Figura 4. Extracción de tierra de monte y el daño que esta actividad ocasiona al zacatonal. Fotos: José Antonio Guerrero.



Figura 5. Daño ocasionado a los zacatonales por la reforestación que es promovida en la zona. Fotos: José Antonio Guerrero.

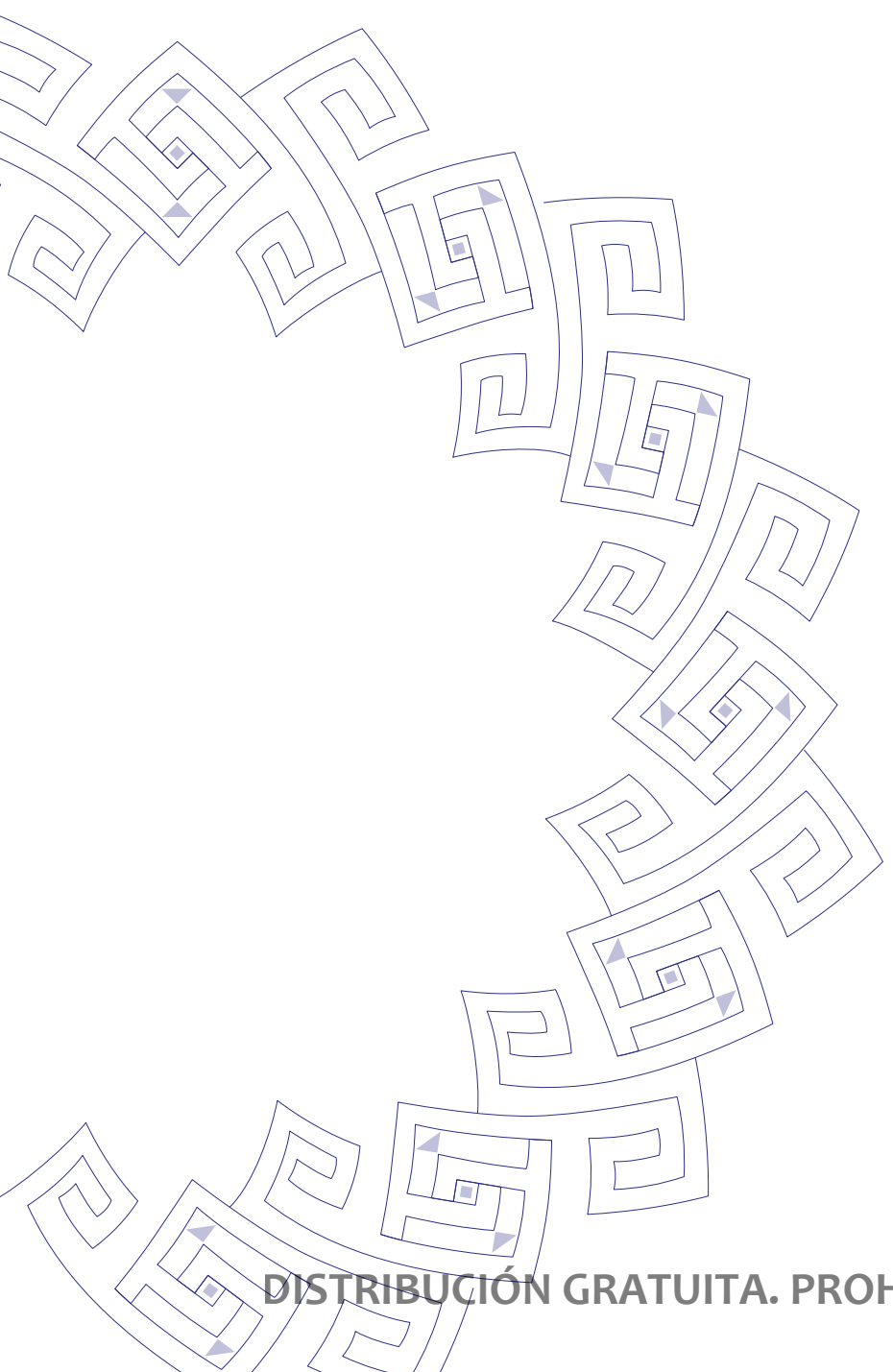
puedan comparar, y de esta manera evaluar los cambios poblacionales en las distintas zonas.

Se considera que evitar la extracción de tierra de monte y la reforestación para proteger los zacatonales, es una acción urgente en toda la zona para frenar la pérdida del hábitat de esta especie considerada en peligro de extinción. Adicionalmente, la restauración del hábitat dañado debería ser otra acción prioritaria para asegurar la sobrevivencia de la especie. De manera particular, se recomienda restaurar el zacatonal de los ocho sitios monitoreados, con el fin documentar la respuesta de la especie a esta acción, y saber el tiempo en que se recuperan las densidades estimadas en 2011.

## Referencias

- Asociación Mexicana para la Conservación de Lagomorfos (AMCELA), F.J. Romero, H. Rangel-Cordero *et al.* 2008. *Romerolagus diazi*, volcano rabbit. *Lista Roja de especies amenazadas de la uicn 2008*: e.T19742A9008580. En: <<http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2008.RLTS.T19742A9008580.en.>>, última consulta: junio de 2017.
- Brito-González, D. 2015. *Hacia un método de estimación poblacional del conejo zacatucho (Romerolagus diazi)*. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias Biológicas-UAEM, Cuernavaca.
- Ceballos, G., B. Vieyra y J. Ramírez-Pulido. 1998. A recent record of the volcano rabbit (*Romerolagus diazi*) from the Nevado de Toluca, State of México. *Revista Mexicana de Mastozoología* 3:149-150.

- Cervantes, F.A. y J. Martínez. 1992. Food habits of the rabbit *Romerolagus diazi* (Leporidae) in Central México. *Journal of Mammalogy* 73:830-834.
- Cervantes, F.A. y J. Martínez-Vázquez. 1996. Historia natural del conejo zacatuche o teporingo (*Romerolagus diazi*). En: *Ecología y conservación del conejo zacatuche y su hábitat*. A. Velázquez, F.J. Romero y J. López-Paniagua (comps.). UNAM/FCE, México, pp. 29-40.
- Mancínez-Arellano, A.L. 2017. *Dieta del conejo zacatuche (Romerolagus diazi) en hábitats contrastantes del Corredor Biológico Chichinautzin*. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias Biológicas-UAEM, Cuernavaca.
- Rizo-Aguilar, A., C.A. Delfín-Alfonso, A. González-Romero y J.A. Guerrero. 2016. Distribution and density of the zacatuche rabbit (*Romerolagus diazi*) at the Protected Natural Area "Corredor Biológico Chichinautzin". *Therya* 7:333-342.
- Rizo-Aguilar, A., J.A. Guerrero, A.M.P. Montoya-Lara et al. 2014. Physiological stress in volcano rabbit *Romerolagus diazi* populations inhabiting contrasting zones at the Corredor Biológico Chichinautzin, Mexico. *Mammalian Biology* 79:357-361.
- Rizo-Aguilar, A., J.A. Guerrero, M.G. Hidalgo-Mihart et al. 2015. Relationship between the abundance of the endangered volcano rabbit *Romerolagus diazi* and vegetation structure in the Sierra Chichinautzin Mountain range, Mexico. *Oryx* 49:360-365.
- SEMARNAT. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. *Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010*. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.
- . 2014. *Acuerdo por el que se da a conocer la lista de especies y poblaciones prioritarias para la conservación*. Publicado el 5 de marzo de 2014 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.
- Solorio-Damián, M. 2013. *Descripción de la actividad crepuscular del conejo zacatuche (Romerolagus diazi) en estado silvestre en el Corredor Biológico Chichinautzin*. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias Biológicas-UAEM, Cuernavaca.
- Uriostegui-Velarde, J.M. 2014. *Conectividad de poblaciones de teporingo (Romerolagus diazi) en la Sierra del Chichinautzin*. Tesis de maestría. Centro de Investigación en Biodiversidad y Conservación-UAEM, Cuernavaca.
- Uriostegui-Velarde, J.M., Z.S. Vera-Jiménez, L.G. Ávila-Torresagatón et al. 2015. Importancia del conejo zacatuche (*Romerolagus diazi*) en la dieta del coyote (*Canis latrans*) y del lince (*Lynx rufus*). *Therya* 3:609-624.
- Velázquez, A. y G.W. Heil. 1996. Habitat suitability study for the conservation of the volcano rabbit (*Romerolagus diazi*). *Journal of Applied Ecology* 33:543-554.
- Velázquez, A., F.J. Romero y L. León. 1996. Fragmentación del hábitat del conejo zacatuche. En: *Ecología y conservación del conejo zacatuche y su hábitat*. A. Velázquez, F.J. Romero y J. López-Paniagua (comps.). UNAM/FCE, México, pp. 61-74.



**DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA**



# Análisis de la riqueza de vertebrados en la entidad

Esmeralda Urzua Vázquez

## Introducción

El tema de la conservación de la biodiversidad ha adquirido relevancia en la ecología de comunidades, así como en la biología de la conservación. Una de las principales preocupaciones es la pérdida de especies, hábitats y, en consecuencia, de los servicios ecosistémicos. Sin embargo, aún existe confusión entre los conceptos: biodiversidad, diversidad biológica y riqueza de especies.

La biodiversidad involucra directamente la variabilidad en tres niveles: genes, especies y ecosistemas, así como los servicios que proveen a los sistemas naturales y a los humanos (Núñez *et al.* 2003). Por otro lado, la diversidad biológica relaciona el número de especies y las abundancias de las mismas (Hill 1973), mientras que la riqueza de especies sólo hace referencia al número de especies (Moreno *et al.* 2011). En este trabajo se realizó un análisis sobre este último concepto: la riqueza de especies de vertebrados en Morelos.

Morelos, con una superficie de 4 879 km<sup>2</sup>, ocupa 0.25% del territorio nacional, es decir, es el segundo estado más pequeño a nivel nacional (INEGI 2015) y alberga 12.34% de las especies de vertebrados de México.

Esta alta diversidad es producto de diferentes procesos geológicos, evolutivos, ecológicos, la ubicación

geográfica entre las zonas Neártica y Neotropical, la influencia del Eje Neovolcánico Transversal en su parte alta al norte, y de la cuenca del Balsas en la región más baja de la entidad (Aguilar 1995), que le confieren una variedad de climas.

Asimismo, el territorio morelense presenta un marcado gradiente altitudinal en dirección norte-sur, que propicia una amplia variedad de especies reunidas en ambientes diversos. Al combinarse todos estos elementos, dan como resultado la riqueza de especies que a continuación se describe.

El cuadro 1 muestra la riqueza de vertebrados a nivel mundial, nacional y estatal. Las aves son el grupo mejor representado en la entidad, con respecto al total nacional, seguido de los mamíferos. Los peces, integran el grupo con menor riqueza de especies y con el menor porcentaje con respecto al total del país.

## Riqueza de vertebrados

Para realizar este análisis de la riqueza de especies de vertebrados, se trabajó con un total de 43 259 registros obtenidos de la base de datos obtenida del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB; CONABIO 2017) de la Comisión Nacional para el

**Cuadro 1.** Comparación de la riqueza de vertebrados a nivel mundial, nacional y estatal.

Grupo	Mundial	Referencias	México	Referencias	Morelos	Porcentaje en Morelos del total mundial	Porcentaje en Morelos del total nacional
Anfibios	7 187	Amphibiaweb 2018	376	Parra-Olea <i>et al.</i> 2014	38	0.48	7.66
Aves	9 720	Dickinson 2003	1 150	Gill y Donsker 2013	430	4.42	37.39
Mamíferos	5 416	Wilson y Reeder 2005	564	Sánchez-Cordero <i>et al.</i> 2014	113	1.72	22.78
Peces	27 977	Eschmeyer 1998	6 763	Espinosa-Pérez 2014	31	0.11	1.15
Reptiles	10 400	Uetz y Hosek 2015	864	Flores-Villela y García-Vázquez 2014	91	0.88	10.53
<b>Total</b>	<b>63 138</b>		<b>5 655</b>		<b>703</b>	<b>1.11</b>	<b>12.43</b>

Fuente: elaboración propia con datos de las referencias que se incluyen.

Urzua-Vázquez, E. 2020. Análisis de la riqueza de vertebrados en la entidad. En: *La biodiversidad en Morelos. Estudio de Estado* 2. Vol. II. CONABIO, México, pp. 369-377.

Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Se generaron mapas de colectas asociadas a las carreteras, de riqueza de especies para Morelos y por región para el total de los vertebrados.

Cabe señalar que no toda la información publicada en tesis, revistas y en colecciones científicas (locales, nacionales o internacionales) está incluida en esta base de datos. En la figura 1 se observa que los registros de vertebrados (de 1818 a 2015) se asocian a la red de carreteras, las principales áreas urbanas (Cuernavaca, Jiutepec y Emiliano Zapata), así como las áreas naturales protegidas (ANP).

Estes sesgo podría ser el resultado del esfuerzo de muestreo, la accesibilidad y la inseguridad de ciertas áreas. Con respecto a estas últimas, 21 625 de los registros (54.5%) se localizan en ANP, y se concentran particularmente en el Parque Nacional El Tepozteco, mientras que en contraste el Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatepetl y Los Sabinos-Santa Rosa carecen de registros.

El aumento en el número de registros de vertebrados a través del tiempo se observa en la figura 2. Los años más antiguos se agruparon de 1818 a 1900 y de 1901 a 1950, y acumularon un total de 3 734 registros: 121 para el primer periodo (82 años) y 3 613 para el segundo (49 años). La mayor cantidad de registros se obtuvo entre 2005 y 2015 (11 años) con 21 758.

Se observa que en 2006 se recopiló la mayor cantidad de registros (3 674), que es mayor a los obtenidos en el periodo de 1901 a 1950. De éstos, el mayor número corresponde a registros de aves (3 498), tal y como ocurre en toda la base de datos (31 486).

El cuadro 2, muestra el número de especies obtenidas en obras anteriores, como la Estrategia Estatal de Biodiversidad (CEAMA y CONABIO 2003) y el Estudio de estado de la diversidad biológica en Morelos (Contreras-MacBeath *et al.* 2006), en las cuales se documentaron 600 especies. De 2006 al presente estudio, la riqueza conocida de vertebrados registrados en la entidad pasó a 703 especies, lo que representa un incremento de 17.5%, es decir, un registro de aproximadamente ocho especies por año.

Las 703 especies de vertebrados registradas en Morelos (que incluyen al menos 34 especies exóticas) se distribuyen en 42 órdenes, 129 familias y 415 géneros (cuadro 3). Las aves son el grupo de vertebrados mejor representado en el estado con 61.27% (21 órdenes, 65 familias, 248 géneros y 430 especies, que incluye

13 especies exóticas). La capacidad de dispersión (12 cuasiendémicas y 28 semiendémicas), la hidrografía y orografía de Morelos, así como la convergencia de las regiones Neártica y Neotropical, son características que influyen en la diversidad de este grupo.

## Distribución de la riqueza

Para representar gráficamente la distribución de la riqueza de especies de vertebrados en el estado, la superficie de la entidad se dividió en celdas de 5.26 km x 5.26 km, en total se obtuvieron 187 celdas. Para cada celda, se realizó un conteo del número de especies.

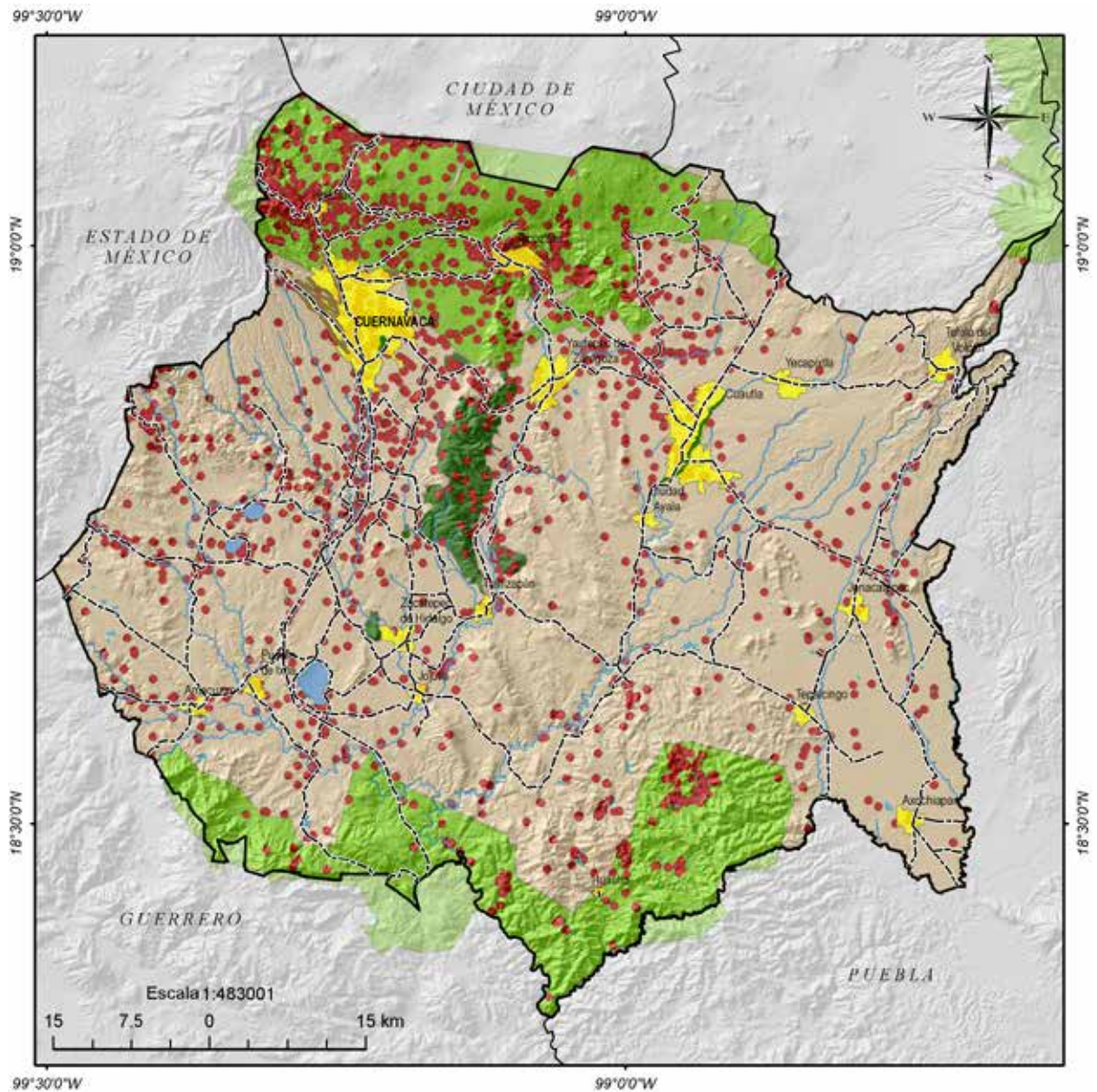
Como se observa en la coloración de los cuadrantes obtenidos en el mapa de la figura 3, la riqueza de especies de vertebrados del estado no se distribuye de manera homogénea, el mayor número de especies se concentra en la zona noroeste. Por otro lado, en el sistema de cuadrantes del mapa se observa que hay sitios que carecen de reportes de especies, lo cual no quiere decir que no existan vertebrados en dichos cuadrantes, sino que la información puede no estar incluida en la base de datos de CONABIO o bien, no se han realizado colectas.

En la región ecológica Sierra del Chichinautzin se registran 484 especies de vertebrados, que equivalen a 68.55% del total para el estado (figura 4, cuadro 4); seguida de la región Valle de Cuauhnáhuac con 453 especies, que representan 64.16% del total en la entidad. Cabe señalar que en esta última región se ubica el principal centro urbano del estado, conformado por Cuernavaca, Jiutepec, Emiliano Zapata y Temixco (figura 4).

Las especies reportadas en áreas urbanas entre 1868 y 1980, presentan 3 061 registros que corresponden a 308 especies para la región Valle de Cuauhnáhuac. Sin embargo, algunas especies que fueron registradas en este periodo, no se han reportado recientemente en estas áreas urbanas, por lo que podrían haber sido desplazadas por la urbanización.

La región Sierra de Huautla ha sido menos explorada (de acuerdo a la base de datos utilizada), aun cuando es la que cuenta con mayor extensión (93 129.52 ha), ya que para ella se tiene el reporte de tan sólo 283 especies. Esto es, hay una diferencia de 201 especies con respecto a la región ecológica Sierra del Chichinautzin (con la mitad del área de Sierra de Huautla).

Las regiones ecológicas que cuentan con el menor número de especies son el Valle Agrícola de Axochiapan



**SIMBOLOGÍA**

<b>Límites administrativos</b>	<b>Rasgos hidrológicos</b>	<b>Áreas naturales protegidas</b>	<b>Registros de especies</b>	<b>Vías terrestres</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▭ Morelos</li> <li>▭ Límites estatales</li> <li>▭ Principales áreas urbanas por región ecológica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Cuerpo de agua</li> <li>— Principales ríos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Federales</li> <li>■ Estatales</li> <li>■ Municipales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Vertebrados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>--- Principales</li> </ul>

Figura 1. Distribución de los registros de vertebrados asociados a la red de carreteras, áreas urbanas y ANP. Fuente: elaboración propia con datos del SNIB.

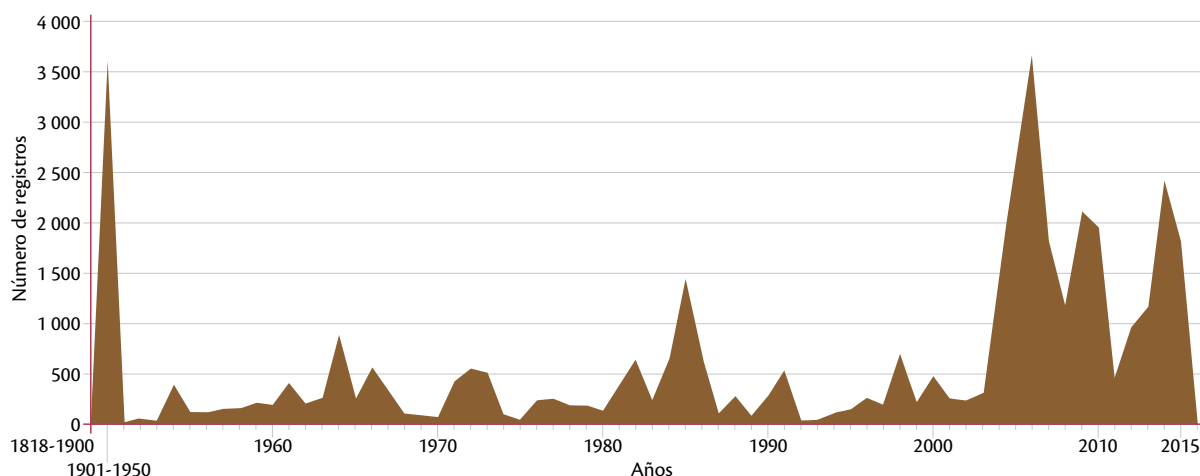


Figura 2. Relación cronológica del número de registros de vertebrados en Morelos. Fuente: elaboración propia con datos del SNIB.

Cuadro 2. Riqueza de vertebrados por grupo reportada en la entidad.

Referencias	Mamíferos	Aves	Reptiles	Anfibios	Peces	Total
CEAMA y CONABIO 2003	100	370	80	24	26	600
Contreras-MacBeath <i>et al.</i> 2006	101	370	79	24	26	600
Esta obra (apéndices de la sección <i>Diversidad de vertebrados</i> )	113	430	91	38	31	703
Incremento de especies con respecto a Contreras-MacBeath <i>et al.</i> 2006 (%)	11.88	16.21	15.18	58.33	19.23	17.16

Fuente: elaboración propia con datos de CEAMA y CONABIO 2003, Contreras-MacBeath *et al.* 2006 y los apéndices de la sección *Diversidad de vertebrados* en esta obra.

Cuadro 3. Distribución de la riqueza de especies de los grupos de vertebrados de Morelos, de acuerdo a cada categoría taxonómica.

Grupo	Órdenes	Familias	Géneros	Especies
Peces	9	11	24	31
Anfibios	2	11	22	38
Reptiles	2	21	50	91
Aves	21	65	248	430
Mamíferos	8	21	71	113
<b>Total</b>	<b>42</b>	<b>129</b>	<b>415</b>	<b>703</b>

Fuente: elaboración propia con información de los apéndices de la sección *Diversidad de vertebrados* en esta obra.

con 41 (5.8% del total a nivel estatal) y Popocatepetl con 77 (10.9%). Es decir, existe una diferencia de 443 especies entre las regiones con mayor y menor riqueza, que podría deberse a un mayor esfuerzo de muestreo en la región Sierra del Chichinautzin. Es importante señalar, que en este análisis proviene exclusivamente de los registros con los que cuenta el SNIB y no contempla otras fuentes.

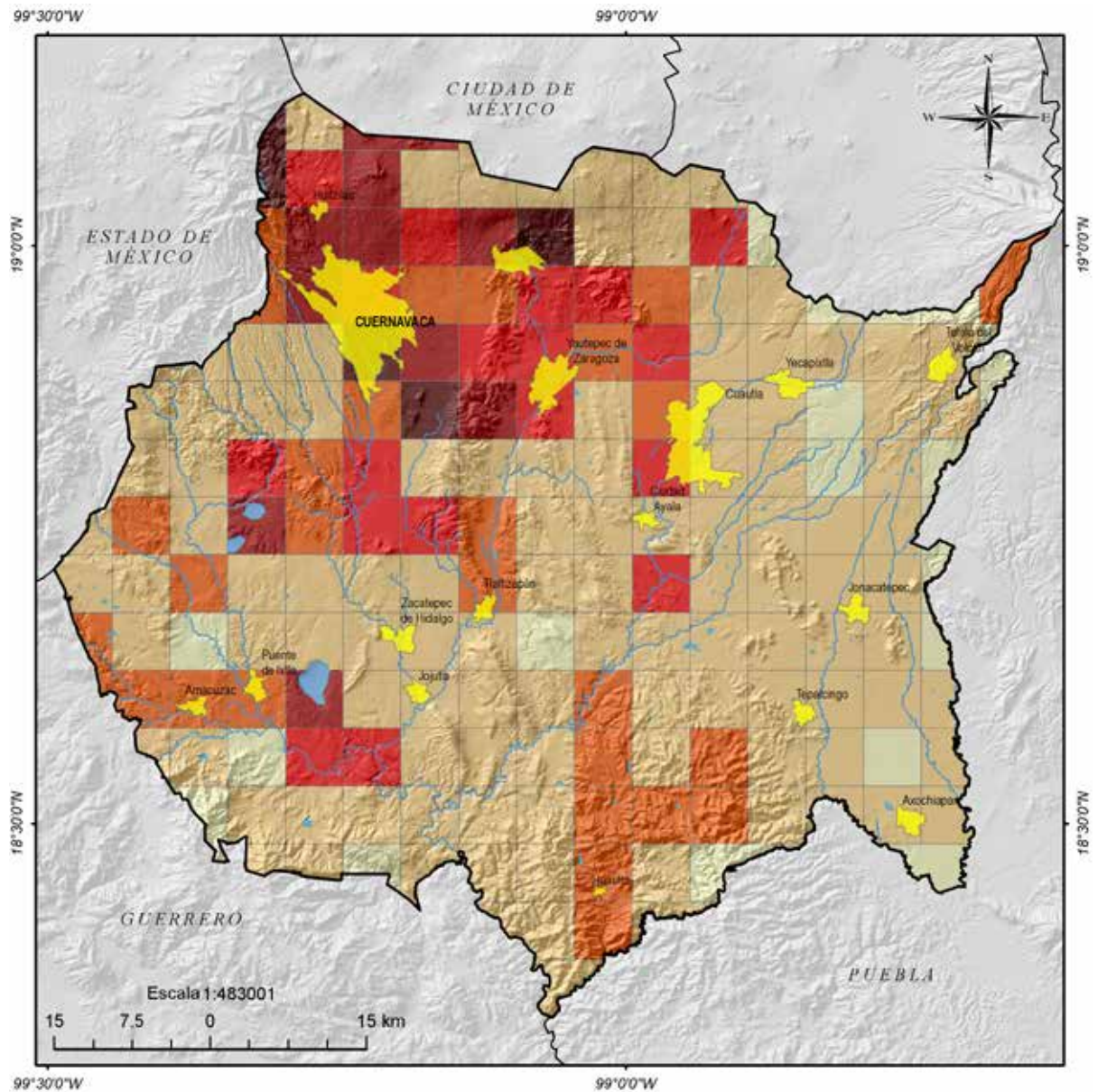
## Estado de conservación

De acuerdo a la NOM-059 134 especies (19.1%) están bajo alguna categoría de protección (SEMARNAT 2010). El grupo de las aves tiene el mayor número de especies con 59 que equivale a 13.7% del grupo (cuadro 5). Sin embargo, los grupos con mayor porcentaje de especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010 son los reptiles (con 45 especies que corresponde a 49.45% del grupo) y los anfibios (con 14, que equivale a 36.84%).

Se reportan 147 especies endémicas para México, de las cuales, 54 se distribuyen dentro de alguna ANP (1 050 registros) y 22 especies (150 registros) fuera de las ANP.

## Factores de presión

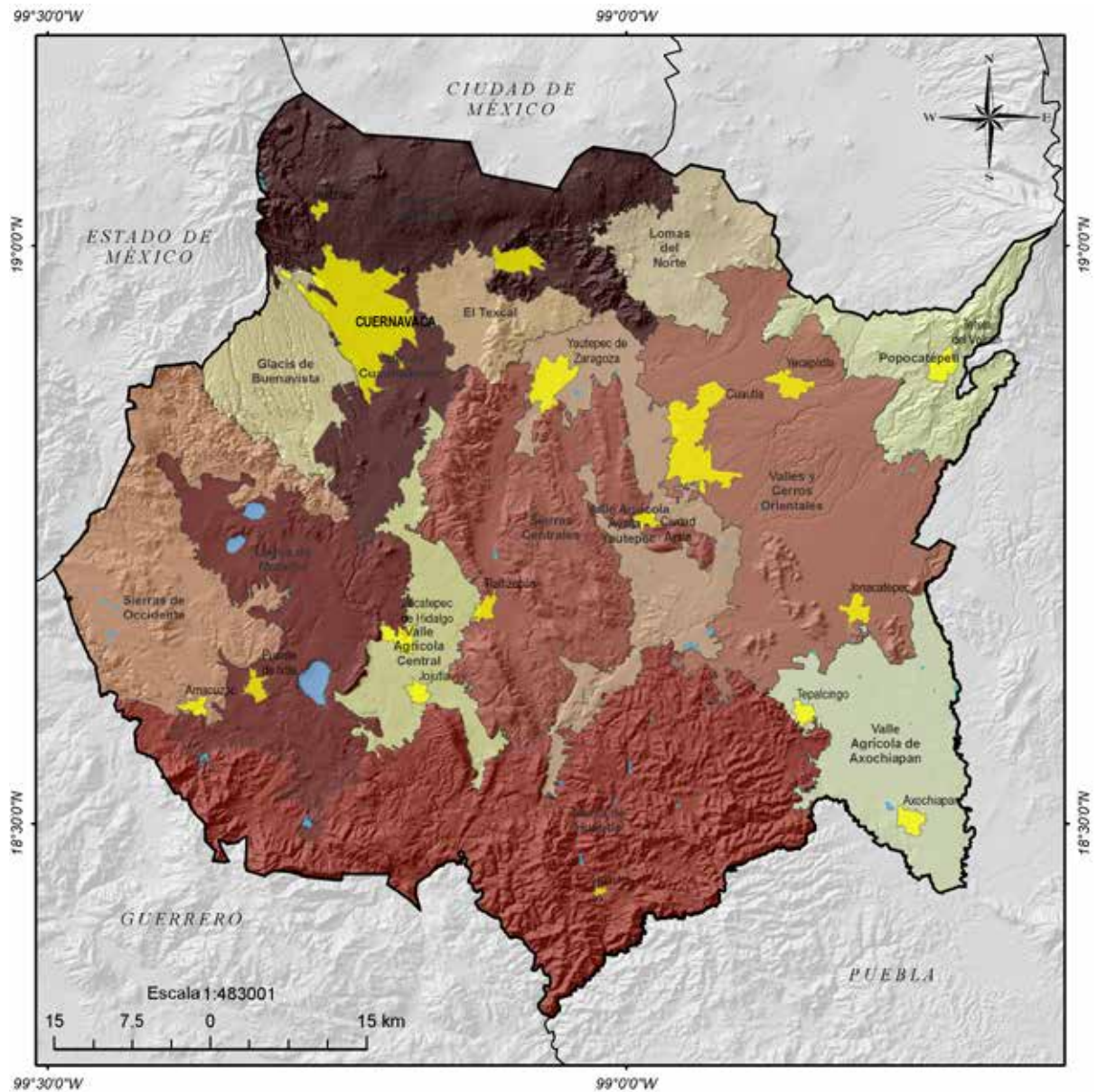
En Morelos existen diferentes factores de presión sobre esta riqueza de especies. La pérdida del hábitat es uno de los principales, ya sea por cambios de uso del suelo (por expansión de zonas agrícolas o zonas urbanas) o por



**SIMBOLOGÍA**

- |  |  |  |
|--|--|--|
| <p><b>Límites administrativos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 10px; margin-right: 5px;"></span> Morelos</li> <li><span style="border: 1px solid gray; display: inline-block; width: 15px; height: 10px; margin-right: 5px;"></span> Límites estatales</li> <li><span style="background-color: yellow; display: inline-block; width: 15px; height: 10px; margin-right: 5px;"></span> Principales áreas urbanas por región ecológica</li> </ul> | <p><b>Rasgos hidrológicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="background-color: lightblue; display: inline-block; width: 15px; height: 10px; margin-right: 5px;"></span> Cuerpo de agua</li> <li><span style="border-bottom: 1px solid blue; display: inline-block; width: 15px; margin-right: 5px;"></span> Principales ríos</li> </ul> | <p><b>Riqueza de especies</b></p> <p>Número de vertebrados</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="background-color: yellow; display: inline-block; width: 15px; height: 10px; margin-right: 5px;"></span> 0</li> <li><span style="background-color: orange; display: inline-block; width: 15px; height: 10px; margin-right: 5px;"></span> 1 - 119</li> <li><span style="background-color: red; display: inline-block; width: 15px; height: 10px; margin-right: 5px;"></span> 120 - 246</li> <li><span style="background-color: darkred; display: inline-block; width: 15px; height: 10px; margin-right: 5px;"></span> 247 - 425</li> <li><span style="background-color: darkred; display: inline-block; width: 15px; height: 10px; margin-right: 5px;"></span> 426 - 871</li> <li><span style="background-color: darkred; display: inline-block; width: 15px; height: 10px; margin-right: 5px;"></span> 872 - 1956</li> </ul> |
|--|--|--|

Figura 3. Sistema de cuadrantes que representa gráficamente la distribución de la riqueza de especies de vertebrados en Morelos. Fuente: elaboración propia con datos del SNIIB.



**SIMBOLOGÍA**

<b>Límites administrativos</b>	<b>Rasgos hidrológicos</b>	<b>Riqueza de especies de vertebrados por región ecológica</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li><span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px; margin-right: 5px;"></span> Morelos</li> <li><span style="border: 1px dashed black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px; margin-right: 5px;"></span> Límites estatales</li> <li><span style="background-color: yellow; display: inline-block; width: 10px; height: 10px; margin-right: 5px;"></span> Principales áreas urbanas por región ecológica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><span style="background-color: lightblue; display: inline-block; width: 10px; height: 10px; margin-right: 5px;"></span> Cuerpo de agua</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><span style="background-color: #e6f2ff; display: inline-block; width: 10px; height: 10px; margin-right: 5px;"></span> Valle Agrícola de Axochiapan (41)</li> <li><span style="background-color: #d9ead3; display: inline-block; width: 10px; height: 10px; margin-right: 5px;"></span> Popocatepetli (77)</li> <li><span style="background-color: #cfe2f3; display: inline-block; width: 10px; height: 10px; margin-right: 5px;"></span> Valle Agrícola Central (180)</li> <li><span style="background-color: #b8cce4; display: inline-block; width: 10px; height: 10px; margin-right: 5px;"></span> Glacis de Buenavista (176)</li> <li><span style="background-color: #a6c9ec; display: inline-block; width: 10px; height: 10px; margin-right: 5px;"></span> Lomas del Norte (178)</li> <li><span style="background-color: #94b0d4; display: inline-block; width: 10px; height: 10px; margin-right: 5px;"></span> El Texcal (202)</li> <li><span style="background-color: #8297ca; display: inline-block; width: 10px; height: 10px; margin-right: 5px;"></span> Valle Agrícola Ayala - Yautepec (216)</li> <li><span style="background-color: #f4cccc; display: inline-block; width: 10px; height: 10px; margin-right: 5px;"></span> Sierras de Occidente (272)</li> <li><span style="background-color: #e19797; display: inline-block; width: 10px; height: 10px; margin-right: 5px;"></span> Valles y Cerros Orientales (273)</li> <li><span style="background-color: #d9534f; display: inline-block; width: 10px; height: 10px; margin-right: 5px;"></span> Sierras Centrales (278)</li> <li><span style="background-color: #c85134; display: inline-block; width: 10px; height: 10px; margin-right: 5px;"></span> Sierra de Huautla (283)</li> <li><span style="background-color: #b85134; display: inline-block; width: 10px; height: 10px; margin-right: 5px;"></span> Lagos de Morelos (300)</li> <li><span style="background-color: #993322; display: inline-block; width: 10px; height: 10px; margin-right: 5px;"></span> Valle de Cuauhnáhuac (453)</li> <li><span style="background-color: #663322; display: inline-block; width: 10px; height: 10px; margin-right: 5px;"></span> Sierra del Chichinautzin (484)</li> </ul>

Figura 4. Riqueza de especies por regiones ecológicas. Se muestra el número de especies reportadas para cada región ecológica. Fuente: elaboración propia con datos del SNIIB.

**Cuadro 4.** Distribución de la riqueza de las diferentes categorías taxonómicas de vertebrados por región.

Región ecológica	Área (ha)	Clases	Órdenes	Familias	Géneros	Especies	Registros	Número de especies/ha
Sierra de Huautla	93 129.52	5	29	83	198	283	2 686	0.00304
Valles y Cerros Orientales	65 778.40	5	32	79	195	273	1 724	0.00415
Sierras Centrales	50 350.00	5	31	83	187	278	1 986	0.00552
Sierra del Chichinautzin	44 243.47	5	34	100	276	484	16 479	0.01094
Sierras de Occidente	40 642.56	5	31	81	192	272	1 914	0.00669
Lagos de Morelos	38 565.65	5	33	82	202	300	2 881	0.00778
Valle Agrícola de Axochiapan	28 124.08	4	12	23	35	41	108	0.00146
Valle Agrícola Ayala - Yauatepec	27 307.21	6	30	70	154	216	1 552	0.00791
Valle de Cuauhnáhuac	21 477.55	5	35	93	274	453	9 390	0.02109
Popocatepetl	19 547.86	4	16	35	64	77	311	0.00394
Valle Agrícola Central	17 004.70	5	25	60	122	160	1 052	0.00941
Glacis de Buenavista	16 075.41	5	22	53	123	176	651	0.01095
Lomas del Norte	15 246.50	5	21	59	134	178	892	0.01167
El Texcal	10 012.60	5	21	55	133	202	1 652	0.02017

Fuente: elaboración propia con datos del SNIB.

**Cuadro 5.** Número de especies y categorías de protección de las especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, pertenecientes a los grupos de vertebrados en Morelos.

Grupo	Especies	Protección especial	Amenazada	En peligro de extinción
Peces	31	2	1	0
Anfibios	38	9	5	0
Reptiles	91	27	16	2
Aves	430	33	19	7
Mamíferos	113	3	5	5
<b>Total</b>	<b>703</b>	<b>74</b>	<b>46</b>	<b>14</b>

Fuente: elaboración propia con información de SEMARNAT 2010.

incendios forestales (véase *Factores de presión a la biodiversidad* en esta obra).

La fragmentación del hábitat ya sea por incremento de áreas urbanas o la construcción de carreteras también tiene un impacto en la dinámica de las poblaciones (véase *Análisis del cambio de cobertura vegetal y su efecto en la biodiversidad* en esta obra).

También las especies exóticas son parte de los factores de presión, debido a que modifican la dinámica de las poblaciones y compiten (por alimento) con las especies nativas. Sin embargo, el porcentaje de especies exóticas es bajo en general para la entidad (5.39%), y afecta más al grupo de los peces (introducidos en el estado ya sea para consumo o como especies de ornato) ya que representan 64.51% del total de las especies presentes.

Las especies interactúan con el medio que las rodea, así como con otras especies. La alteración de estas interacciones tiene un impacto en la dinámica de un ecosistema. Por ejemplo, la transformación de zonas boscosas en tierras agrícolas provoca un aumento en el número de roedores, debido a que tienen una mayor cantidad de alimento. Al aumentar la cantidad de roedores, también aumenta el número de sus depredadores, como serpientes. El hecho de matar a sus depredadores, provoca un aumento en el número de roedores, lo que podría provocar que se convirtieran en una plaga.

El cambio climático, la contaminación, la caza furtiva y la extracción de organismos para distintos fines (p.e. venta como mascotas) son otros factores de impacto que afectan no sólo a los vertebrados de Morelos, sino a la biodiversidad en general (véase la sección *Factores de presión* en esta obra).

## Vacíos de información

A pesar del incremento en el número de registros de vertebrados en el estado (703 especies, de las cuales al menos 34 son exóticas), aún se observan vacíos de información debido a la presencia de sitios o regiones poco o nada explorados, como las regiones Popocatepetl y Valle Agrícola de Axochiapan, y a que mucha información sobre la presencia de especies no está disponible de manera resumida (toda la información publicada en

tesis, revistas y aquella que está contenida en colecciones científicas locales, nacionales o internacionales).

Además, el conocimiento de la biología (estudio de los seres vivos y sus procesos vitales) y ecología (estudio de la relación de los seres vivos entre sí y con su ambiente) de la gran mayoría de las 703 especies es casi nulo, lo cual evidencia la necesidad de fortalecer la investigación científica enfocada en la biodiversidad de Morelos.

## Acciones de conservación

Diferentes acciones de conservación se han generado a través de políticas públicas. El decreto de ANP, con sus respectivos programas de manejo y la implementación de los mismos en algunas de ellas, es una de las principales. Sin embargo, destacan otras acciones como: las unidades de manejo y conservación de la vida silvestre (UMA), los programas de monitoreo biológico de especies (PROMOBI) y los programas de conservación de especies en riesgo (PROCER).

Aunque en el estado se han implementado todas estas estrategias, no existe un seguimiento sistemático de los indicadores y resultados que pueda evaluar su impacto real en la conservación de la biodiversidad.

Por otra parte, la influencia de los factores de presión mencionados, hace que sea imprescindible ampliar y mejorar la infraestructura para la preservación y recuperación del medio ambiente (programas de restauración, reforestación, pago por servicios ambientales, programas de manejo de ANP, entre otros), así como fomentar técnicas de producción compatibles con la preservación de estos recursos naturales.

## Conclusiones y recomendaciones

Morelos representa 0.25% del territorio nacional, en el que se reportan 12.43% (703 especies) de los vertebrados que se distribuyen en México. De las especies reportadas al menos 34 son exóticas..

Las aves son el grupo mejor representado con 430 especies y los peces son el grupo menos diverso (31) y con el mayor porcentaje de especies exóticas (20). Los reptiles son el grupo con el porcentaje más alto (49.45%) de especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Los mapas (figuras 1, 3 y 4) muestran áreas poco estudiadas en Morelos. No obstante, la base de datos que se utilizó para generarlos, podría no incluir registros

que se encuentran en tesis, revistas y otras colecciones científicas (locales, nacionales o internacionales).

En este capítulo como en el resto de la sección *Diversidad de vertebrados*, se hace evidente la necesidad impulsar acciones de conservación para el grupo de organismos. A continuación, se hace una recopilación de acciones propuestas en los capítulos de la sección:

- Completar los inventarios biológicos de grupos poco conocidos, cuyos resultados estén encaminados a la planeación de medidas para la conservación, basados en conocimiento científico.
- Realizar un análisis de vacíos de información e identificar sitios estratégicos, para generar un mapa que permita determinar zonas que deban ser protegidas y conservadas.
- Establecer programas de monitoreo y evaluación integral de ecosistemas, hábitats y especies, así como de cobertura vegetal y calidad ambiental, para la formulación de acciones de control y medidas de evaluación de la biodiversidad en el estado con fines de protección y conservación.
- Promover la investigación para la correcta identificación y estudio de las especies exóticas/invasoras, para la obtención de información confiable y así contar con bases sobre el impacto en la biodiversidad del estado y la formulación de estrategias de control de las mismas.
- Generar medidas de control sobre la introducción de especies ya sea para consumo humano o mascotas.
- Crear e implementar un sistema estatal de información sobre biodiversidad (SEIB), que facilite el acceso a la información sobre biodiversidad en diferentes formatos para diferentes sectores.
- Actualizar permanentemente el SEIB para posibilitar la disponibilidad de información veraz y relevante para la toma de decisiones relacionada con el uso y conservación de la biodiversidad.
- Crear redes académicas de vinculación para intercambio de información para facilitar así la conformación de equipos de estudio y trabajo que compartan información, desarrollen y colaboren en diferentes proyectos, con el fin de obtener información científica que tenga impacto en la toma de decisiones para el uso y conservación de la biodiversidad.



- Realizar proyectos de monitoreo sistemático y evaluación de especies prioritarias, amenazadas y en peligro de extinción.
- Impulsar la construcción de pasos de fauna para especies silvestres en las autopistas y carreteras del estado. Todo ello con el fin de coadyuvar en el restablecimiento de la conectividad en parajes afectados por el efecto barrera de infraestructuras lineales.
- Impulsar acciones para la recuperación de especies cuyas poblaciones estén amenazadas o pudieran estar amenazadas en un futuro cercano.
- Establecer estrategias de comunicación que generen empatía de la sociedad con la biodiversidad.
- Generar una estrategia integral para la conservación y el manejo sustentable de los peces de agua dulce de Morelos, y en términos generales de los ecosistemas acuáticos de la entidad.
- Cumplir con la legislación ambiental sobre productos químicos agrícolas y efluentes industriales que descargan en los ecosistemas acuáticos, así como las obras de desazolve que se llevan a cabo en éstos.
- Manejo sustentable de caza furtiva y promoción de pesca deportiva con hincapié en las especies forrajeras (para el caso de los peces). Establecer cuotas, tallas mínimas, así como designar sitios específicos para realizar estas actividades.

## Referencias

- Aguilar B., S. 1995. *Ecología del estado de Morelos: un enfoque geográfico*. Editorial Praxis/Instituto Estatal de Documentación de Morelos, Cuernavaca.
- Amphibiaweb. 2018. *Anfibios a nivel mundial*. En: <<https://amphibiaweb.org/>>, última consulta: 21 de septiembre de 2018.
- CEAMA y CONABIO. Comisión Estatal de Agua y Medio Ambiente y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2003. *Estrategia estatal sobre la biodiversidad de Morelos*. CONABIO, Morelos.
- CONABIO. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2017. *Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad. Registros de Ejemplares*. En: <<http://www.snib.mx/ejemplares/descarga/>>, última consulta: julio de 2017.
- Contreras-MacBeath, T., J.C. Boyás y F. Jaramillo. 2006. *La diversidad biológica en Morelos: estudio del estado*. CONABIO/UAEM, México.
- Dickinson, E.C. 2003. *The Howard & Moore complete checklist of the birds of the world*. Christopher Helm, Londres.
- Eschmeyer, W.N. (ed.). 1998. *Catalog of fishes*. California Academy of Science, Estados Unidos de América.
- Espinosa-Pérez, H. 2014. Biodiversidad de peces en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85:450-459.
- Flores-Villela, O. y U.O. García-Vázquez. 2014. Biodiversidad de reptiles en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85:467-475.
- Gill, F. y D. Donsker (eds.). 2013. *IOC World Bird Names (version 3.4)*. En: <<http://www.worldbirdnames.org/>>, última consulta: 21 de septiembre de 2018.
- Hill, M.O. 1973. Diversity and evenness: a unifying notation and its consequences. *Ecology* 54:427-432.
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2015. *Panorama sociodemográfico de México*. INEGI, México.
- Moreno, C.E., F. Barragán, E. Pineda, y N.P. Pavón. 2011. Reanálisis de la diversidad alfa: alternativas para interpretar y comparar información sobre comunidades ecológicas. *Revista mexicana de biodiversidad* 82(4):1249-1261.
- Núñez, I., E. González-Gaudiano y A. Barahona. 2003. La biodiversidad: historia y contexto de un concepto. *Interciencia* 28(7):387-393.
- Parra-Olea, G., O. Flores-Villela y C. Mendoza-Almeralla. 2014. Biodiversidad de anfibios en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85:S460-S466.
- Sánchez-Cordero, V., F. Botello, J.J. Flores-Martínez et al. 2014. Biodiversidad de Chordata (Mammalia) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85: 496-504.
- SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. *Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010*. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.
- Uetz, P. y J. Hosek. 2015. *The Reptile Database*. En: <<http://www.reptiledatabase.org/>>, última consulta: 27 de noviembre de 2017.
- Wilson, D.E. y D.M. Reeder (eds.). 2005. *Mammal species of the world: a taxonomic and geographic reference*. Vol. 1. Johns Hopkins University Press, Baltimore.

**DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA**



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

9 · Diversidad genética



## Resumen ejecutivo. Diversidad genética

Elizabeth Arellano Arenas

La diversidad genética, además de ser una de las tres unidades que forman la biodiversidad, representa el componente fundamental para todos los procesos evolutivos en la naturaleza. Es un indicador de la salud de las poblaciones y constituye una protección ante nuevas presiones ambientales, de tal forma que las poblaciones con alta diversidad genética tendrán más posibilidades de evolucionar y adaptarse a cambios en el ambiente, ya sea aquellos producidos naturalmente o los ocasionados por el ser humano. Por otro lado, brinda a las poblaciones la oportunidad de adaptarse a nuevos escenarios y potencialmente formar nuevas especies.

A pesar de ser una entidad con una limitada extensión geográfica, Morelos es una región de alta biodiversidad, tanto de hábitats (14 regiones ecológicas y 12 ecosistemas), como de especies vegetales (3 161), invertebrados animales (5 188), aves (430) y mamíferos (113). En consecuencia, también se reporta evidencia de considerable diversidad genética para algunos de estos grupos biológicos, aunque faltan muchos estudios por realizarse, como se menciona en la presente sección. A lo largo de este apartado se presenta información referente al conocimiento generado para la entidad sobre dicho tema; esta información se configura en cuatro capítulos y se acompaña de diferentes estudios de caso realizados para Morelos.

Se incluyen y discuten conceptos que, por ejemplo, ayudan a diferenciar la diversidad de la variación genética. Además, se abordan aspectos relacionados con los recursos metodológicos para la obtención de datos moleculares y su análisis que permiten describir la variación genética como una medida de su diversidad.

En estos capítulos se destaca la importancia de describir y delimitar las unidades básicas en la naturaleza, es decir las especies, para caracterizar y entender

adecuadamente la diversidad genética (véase *La diversidad genética y la identificación de las unidades naturales en la biodiversidad* en esta obra), y cómo el uso de marcadores moleculares permitió avanzar en el inventario de las especies que constituyen la biodiversidad, el cual está aún incompleto.

También se aborda el significado de la diversidad genética desde la perspectiva de su conservación, y se hace hincapié en el impacto que tienen los cambios de los parámetros de la variación genética en las poblaciones, particularmente aquellos causados por actividades humanas. A través de evidencia publicada, se ilustra cómo es posible medir estos cambios y cuáles estrategias, bajo los principios de la genética de la conservación, pueden ayudar a recuperar niveles de diversidad genética que brinden a las poblaciones la oportunidad de seguir adaptándose a condiciones ambientales cambiantes.

Finalmente, se mencionan de manera general, las aplicaciones que se derivan del conocimiento de la diversidad genética, las áreas en las que se aprovechan actualmente los recursos genéticos, y se resalta la importancia de contar con datos sobre su diversidad. Los autores de esta sección presentan evidencia de los pocos estudios que se han llevado a cabo. Asimismo, resaltan que son pocos los grupos de investigación en Morelos que aprovechan las bondades que brinda la información sobre diversidad genética para abordar temas dentro de la productividad alimentaria o forestal, la salud pública, entre otras.

Para conocer, entender y hacer uso del patrimonio biológico de Morelos, particularmente en términos de sus recursos genéticos, es fundamental realizar estudios desde la perspectiva de su diversidad genética. Por ejemplo, se podría contribuir en la búsqueda de soluciones a problemas o necesidades particulares de la

sociedad con un inventario más completo de especies para todos los grupos de organismos, ligado a la implementación de estrategias de conservación adecuadas para cada región. En este sentido, es importante avanzar en la consolidación de líneas de investigación y aplicación del conocimiento sobre la diversidad genética del estado, con la finalidad de motivar la participación de la iniciativa privada.

Morelos es una de las entidades federativas con mayor número de investigadores y centros de investigación por unidad de área. Por lo anterior, con este

potencial humano y de infraestructura se esperaba que el desarrollo de investigación en la que se utilice información sobre la diversidad genética fuera mucho mayor.

Con el trabajo coordinado entre instituciones académicas y de investigación, organismos gubernamentales y empresas del sector privado, los objetivos de conservación y uso sustentable de los recursos genéticos se podrían lograr de manera que tuvieran un impacto positivo para el estado, no sólo en su economía, sino también en la educación y cultura.

# Introducción

Elizabeth Arellano Arenas y Elizabeth Nava García

## Diversidad y variación genética

La **diversidad genética**<sup>1</sup> se refiere a la variación existente entre los individuos de una misma especie en términos de su constitución genética. Se origina como resultado de las **mutaciones**, que son cambios o alteraciones espontáneas que ocurren en el material genético durante la replicación del ácido desoxirribonucleico (**ADN**). Estos cambios pueden ser a mayor escala si afectan la forma o número de los **cromosomas**, o también, de menor magnitud si sólo afectan a algunos **nucleótidos** en el ADN.

El impacto de las modificaciones es independiente de su magnitud en cuanto a la cantidad de material genético que involucra; sin embargo, todas se traducen en la aparición de variantes de un rasgo particular, conocidas como **alelos** (Hartl y Clark 1997, Allendorf y Luikart 2007). En términos prácticos, los alelos se muestran como diferencias morfológicas, fisiológicas o conductuales entre individuos y poblaciones (Frankham *et al.* 2002).

En su conjunto, toda la **variación genética** producida se hereda a las siguientes generaciones y constituye el material primordial para que actúe la selección natural. Aquellas variantes que brindan una ventaja a sus poseedores ante las presiones ambientales, se transmitirán con mayor frecuencia y distribuirán en la población a través del tiempo. Paralelamente, esta variación genética se convierte en una herramienta para medir la diversidad genética, en donde el objetivo general es cuantificarla a diferentes niveles.

Para alcanzar este objetivo se implementan ciertos estimadores de la variación genética. Algunos de éstos la miden hacia el interior de las poblaciones, mientras que

otros evalúan la diferenciación entre poblaciones o especies. En ambos escenarios, el uso de datos o **marcadores moleculares** es la estrategia más común y certera en la actualidad, ya que permite evaluar de manera directa el **genotipo** (constitución genética) y no sólo el **fenotipo** (caracteres que son producto del genotipo) el cual puede estar influenciado por el ambiente.

## Marcadores moleculares

A cualquier gen o fragmento de ADN cuya expresión origina un producto cuantificable u observable (características fenotípicas) en el organismo que lo porta se le conoce como marcador molecular.

De toda la variación que exhiben o presentan los organismos, la genética –que se encuentra de cierta manera imperceptible porque opera a nivel molecular– es mucho más extensa de lo que se puede detectar a través de las características externas. El número de posibles variantes genéticas es tan grande que es prácticamente imposible que dos individuos, aún de una misma población o emparentados, tengan la misma constitución genética.

Actualmente, es factible detectar y rastrear las variantes genéticas (llamadas polimorfismos) mediante tecnologías avanzadas para generar datos moleculares que se pueden utilizar como marcadores genéticos. Existen diferentes marcadores moleculares y la decisión de cuál utilizar basa en 1) su capacidad para detectar la variación genética, en el tipo de herencia (p.e. algunos son de herencia materna, como los mitocondriales y no están sujetos al proceso de recombinación durante la meiosis), la facilidad de empleo y el costo; y 2) en la interrogante que se desea abordar, por ejemplo ¿cuál

<sup>1</sup> Los términos marcados con negritas se definen en el glosario específico para esta sección.

es la diversidad de hongos acuáticos que habitan las Lagunas de Zempoala?, ¿cuál es el grado de variación genética de las poblaciones de tejón en Tepoztlán?

A finales de los años sesenta, uno de los primeros marcadores moleculares utilizados fueron las **aloenzimas** (alelos de una misma **enzima**), las cuales a pesar de ser el producto de un solo gen, permitieron detectar una mayor variación (Markert y Moller 1959). Las aloenzimas se siguen usando, aunque el número de proteínas que se pueden analizar y el nivel de polimorfismo detectable por lo regular son bajos en comparación con marcadores más recientes.

Las tecnologías subsecuentes dieron lugar a la medición de polimorfismos directos del ADN, con lo que la descripción de la diversidad genética se hizo más precisa. Esto también permitió mejorar el poder de muestreo a todo lo largo del **genoma** (conjunto total de **genes** en las células), e incluso se pudo evaluar de manera diferencial **genes nucleares, mitocondriales y de cloroplastos**.

Entre estos marcadores se encuentran los polimorfismos de fragmentos de restricción (RFLP, por sus siglas en inglés), polimorfismos de ADN amplificados aleatoriamente en mayor o menor grado (RAPD y AFLP, por sus siglas en inglés), repeticiones de secuencias internas (ISSR, por sus siglas en inglés), **microsatélites** y secuencias de ADN, cuya variación en la longitud o en el orden de los nucleótidos determina las diferencias entre los organismos.

Aunque a diferentes niveles, en conjunto los marcadores moleculares permiten detectar mucha más variación genética que otro tipo de datos (p.e. morfológicos, ecológicos, bioquímicos, fisiológicos). Asimismo, es posible reconstruir la historia evolutiva de las especies (filogenias), la historia demográfica de grupos o describir patrones genéticos en poblaciones naturales a escalas que van de individuos a especies, e identificar relaciones de parentesco entre individuos dentro de poblaciones, lo cual puede incluso dar lugar a la identificación de nuevas especies (véase *La diversidad genética y la identificación de las unidades naturales en la biodiversidad* en esta obra).

## Interpretación de los estimadores

La evaluación de la variación genética se completa cuando se analizan los datos de los marcadores moleculares y se leen desde la perspectiva de la propuesta planteada.

De manera general, inicialmente se determina cuántos alelos existen en la población para cada gen (también llamado **locus**, o en plural **loci**), ya que este número representa la **riqueza alélica**. Esto es, la frecuencia de cada alelo indica qué tan abundantes son los diferentes alelos de un locus dado, de modo que la frecuencia elevada de un alelo se traduce en una baja representación de otros; si el valor es 1.0, entonces sólo existe un alelo y a este locus se le denomina **monomórfico**, mientras que a los que mantienen dos o más alelos se les llama **polimórficos**.

Por otra parte, se puede saber qué tan variable es una población al analizar la composición genotípica (combinación de alelos por individuo) de sus integrantes. Las poblaciones con mayor heterocigosis, es decir aquellas compuestas por una fracción mayor de individuos **heterocigotos** (con alelos diferentes), contendrán más variación genética que aquellas en las que predominan individuos **homocigotos** (con alelos iguales; Hedrick 2000).

Al usar secuencias de ADN para estimar, por ejemplo, la variación en genes presentes en las mitocondrias y cloroplastos, la diversidad genética se expresa mediante riqueza de **haplotipos** (ya que sólo hay una copia de cada alelo), **diversidad haplotípica** y **diversidad nucleotídica** (Nei 1987). En los casos en los que se tiene datos sobre la secuenciación de genomas, se puede obtener información para miles de loci, a lo que se le conoce como un análisis genómico (Allendorf y Luikart 2007).

Estos estimadores permiten describir la variación al interior de las poblaciones. No obstante, como se señaló, es factible cuantificar también el grado de diferenciación genética promedio que existe entre poblaciones o especies. Índices como el de Wright ( $F_{st}$ ) y otros estadísticos análogos (p.e.  $G_{st}$ ,  $R_{st}$ ,  $q$ ), se utilizan para determinar estas diferencias o divergencias entre las subpoblaciones, y sus valores –que van de cero a uno– expresan cómo se encuentra distribuida la variación genética entre dichas poblaciones.

El índice  $F_{st}$  siempre tiene un valor positivo y es cercano a cero cuando no hay diferenciación, es decir, que no existe **divergencia genética** entre las poblaciones. Lo anterior implica que la variación genética se encuentra distribuida homogéneamente, de manera que, al conservar una subpoblación, se está conservando la variación genética de la especie. En cambio, cuando el índice  $F_{st}$  tiene un valor cercano a uno, quiere decir que existe



diferenciación extrema (aislamiento completo entre poblaciones) y esto significa que la variación genética está distribuida heterogéneamente, de tal modo, que la mayor parte de la variación genética se encuentra entre las subpoblaciones (Hartl y Clark 1997).

Otro elemento para cuantificar el grado de diferenciación genética entre poblaciones o especies es la distancia genética, la cual expresa el porcentaje de diferenciación o divergencia entre dos grupos que se comparan. Un valor de cero indica la ausencia de diferencias o distancia genética, mientras que los valores que se acercan a uno o 100% muestran diferencias extremas (Hartl y Clark 1997, Hedrick 2000).

## Conclusiones

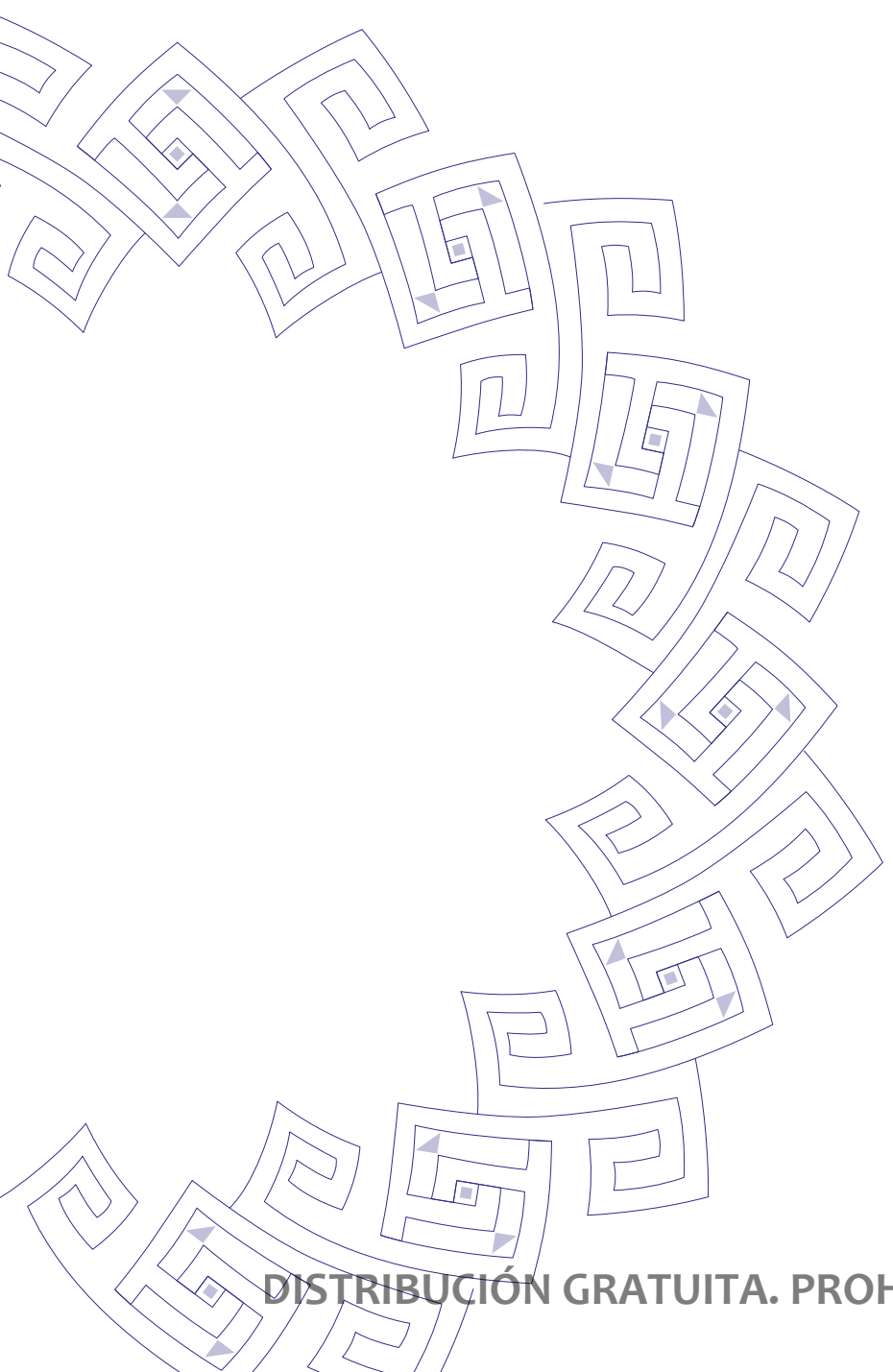
Variación genética y diversidad genética son términos estrechamente relacionados, donde el primero es el fundamento para describir al segundo. La variación genética es el sustento para selección natural, por ello, su cuantificación es fundamental para hacer predicciones sobre el destino de poblaciones o especies.

Al final, el conocimiento sobre la cantidad y distribución de la variación, así como el nivel de diferenciación,

lleva a la descripción de la diversidad genética dentro y entre grupos, ya sean poblaciones o especies. Hacer esto es posible gracias al uso de marcadores moleculares de diferentes tipos, y cuyo análisis permite responder a preguntas relacionadas con la identificación de especies o con su conservación, entre otras.

## Referencias

- Allendorf, F.W. y G. Luikart. 2007. *Conservation and the genetics of populations*. Blackwell Publishing, Reino Unido.
- Frankham, R., J.D. Ballou y D.A. Briscoe. 2002. *Introduction to conservation genetics*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Hartl, D. y A. Clark. 1997. *Principles of population genetics*. Sinauer Associates, Sunderland.
- Hedrick, P.W. 2000. *Genetics of populations*. Jones y Bartlett Publishers, Boston.
- Markert, C.L. y F. Moller. 1959. Multiple forms of enzymes: Tissue, ontogenetic and species-specific patterns. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 45(5):753-763.
- Nei, M. 1987. *Molecular evolutionary genetics*. Columbia University Press, Nueva York.



**DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA**

# La diversidad genética y la identificación de las unidades naturales en la biodiversidad

Francisco Xavier González Cózatl

## Introducción

Morelos posee una importante diversidad biológica, la cual se expresa en diferentes niveles (genética, especies y ecosistemas). Sin embargo, es claro que las especies constituyen las unidades naturales básicas a partir de las cuales se puede entender y evaluar la biodiversidad como un conjunto (Wilson 1992).

La **diversidad genética** comprende el total de características genéticas (alelos y genotipos), que posee una especie (Frankham *et al.* 2002). Para hacer estimaciones adecuadas de tal diversidad, es necesario identificar y delimitar correctamente a las especies. De igual manera, para caracterizar apropiadamente cada ecosistema y entender su funcionamiento, es imprescindible reconocer las especies que lo conforman.

Por lo tanto, para poder comprender y abordar otros aspectos en el estudio de la biodiversidad (p.e. interacciones ecológicas, tipos de diversidad, patrones de endemismo), es necesario identificar y describir las unidades naturales que la conforman, y que están representadas por las especies (SA-2000 1994).

En su gran mayoría, la diversidad en los distintos grupos biológicos ha sido descrita con base en la apariencia o características morfológicas de los organismos, un recurso utilizado ampliamente en el pasado (Hillis y Wiens 2000). Este enfoque ha permitido reconocer un número importante de grupos biológicos como especies distintas.

Sin embargo, cada vez es más evidente que el proceso de especiación (origen de nuevas especies), no siempre va acompañado de cambios morfológicos significativos, lo que complica la delimitación precisa de las especies (Schönrogge *et al.* 2002).

Por ejemplo, el ratón cosechero dientes pequeños (*Reithrodontomys microdon*), es un grupo de ratones arborícolas que ha sido considerado como una sola especie formada por tres **poblaciones alopátricas** distribuidas en la parte central del Eje Neovolcánico Transversal (ENT), el norte de Oaxaca y las tierras altas de Chiapas y Guatemala. No obstante, estudios recientes, basados en el análisis de marcadores moleculares, sugieren que cada una de estas poblaciones constituye un linaje (grupo) evolutivo independiente con altos niveles de divergencia genética, con respecto a los otros, y representan un caso de especies crípticas (figura 1; Rogers *et al.* 2018).

Por lo tanto, no es difícil pensar que el número real de especies es seguramente mayor al estimado con base en atributos morfológicos. Recientemente, en la literatura científica se tienen muchos ejemplos de especies crípticas, es decir, grupos de organismos en los que actualmente se reconoce la existencia de dos o más especies distintas, pero que originalmente fueron clasificados como una sola entidad, en virtud de que aparentemente son indistinguibles morfológicamente (Bickford *et al.* 2007).



Figura 1. Ejemplares de ratón cosechero dientes pequeños (*Reithrodontomys microdon*) de Morelos y Chiapas. Foto: Francisco Xavier González-Cózatl.

González-Cózatl, F.X. 2020. La diversidad genética y la identificación de las unidades naturales en la biodiversidad. En: *La biodiversidad en Morelos. Estudio de Estado 2*. Vol. II. CONABIO, México, pp. 387-389.

## Uso de marcadores moleculares en el conocimiento de la biodiversidad

En las últimas décadas del siglo XX y lo que va del siglo XXI, el descubrimiento de nuevas especies ha radicado, principalmente, en el avance tecnológico, que ha permitido tener acceso al material genético (ácido desoxirribonucleico, ADN) de los organismos, por medio de distintos marcadores moleculares.

Es así que, con el creciente empleo de estos marcadores, logran detectar niveles importantes de variación genética en poblaciones co-específicas, morfológicamente similares (Bickford *et al.* 2007). Esto permite hacer una revaloración de la diversidad biológica y, en muchos casos, reconocer la existencia de nuevas especies, particularmente especies crípticas, pero también **linajes** intra-específicos genéticamente diferenciados.

En gran parte, el avance en el conocimiento de la diversidad es resultado de la creciente práctica de preservación de distintos tipos de tejidos orgánicos que constituyen la materia prima para los análisis con marcadores moleculares (figura 2).

## ¿Por qué es necesaria la identificación y descripción de nuevas especies?

Diversos autores estiman que del total de especies que pudiera albergar el planeta, sólo se conoce un poco más de 10%, es decir, aún falta por descubrir y describir la mayor parte de la biodiversidad (figura 3; SA-2000 1994, CONABIO 2016). En México, uno de los países más biodiversos, también existe una porción importante de especies que aún no se conocen, particularmente de grupos de bacterias, hongos e invertebrados (Llorente-Bousquets y Ocegueda 2008). Por lo tanto, resulta prioritario hacer esfuerzos para obtener un inventario lo más completo posible de la biodiversidad de México.

La urgencia por afinar el inventario de especies tiene varias implicaciones. En primer lugar, de seguir con el ritmo de pérdida de hábitats naturales, muchas especies se extinguirán sin haberlas podido conocer. Además, con seguridad, habrá otras nuevas que tendrán utilidad para el ser humano. En segundo lugar, es innegable que para desarrollar estrategias de conservación adecuadas, es fundamental tener un inventario lo más completo posible de la biodiversidad de México (SA-2000 1994).

## Identificación genética de especies nativas

Aunque el empleo de datos genéticos para detectar nuevas especies es comúnmente utilizado en la actualidad, aún son pocos los estudios que enfocados en la identificación de nuevas especies o linajes genéticos nativos de Morelos con marcadores moleculares. No obstante, destaca la descripción de una nueva especie de bacteria simbiótica (*Neorhizobium huautlense*), que forma nódulos en las raíces del árbol del guaje o hierbas leguminosas para fijar nitrógeno (Wang *et al.* 1998).



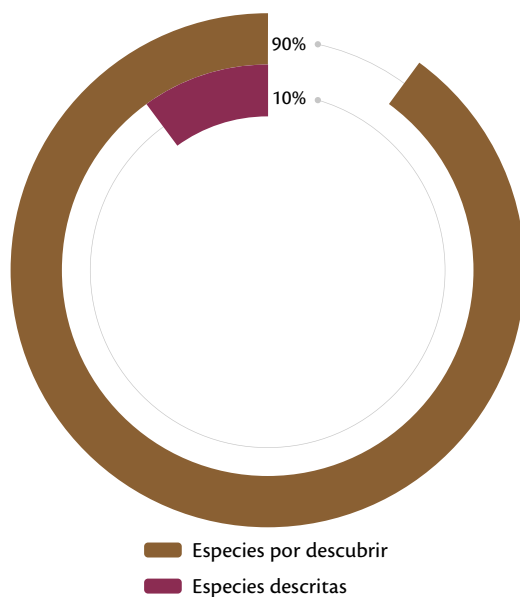
Figura 2. Preservación de tejidos orgánicos para análisis genéticos. Los tejidos pueden ser conservados en tubos especiales y almacenados en contenedores o congeladores a bajas temperaturas para evitar la degradación del material genético. Fotos: Francisco Xavier González-Cózatl.

Dicha bacteria fue descrita a partir de muestras colectadas en la sierra de Huautla. Por otro lado, algunos estudios en grupos biológicos que incluyen muestras del estado señalan un importante grado de diferenciación genética en poblaciones que ocurren en el ENT. Por ejemplo, Hafner y colaboradores (2005) demuestran que las poblaciones de la tuza (*Cratogeomys merriami*) del centro del ENT (norte de Morelos) representan una especie distinta a las poblaciones que ocurren de otras áreas de mismo sistema montañoso.

## Conclusiones y recomendaciones

Al igual que en el planeta, en Morelos el inventario sobre las especies que constituyen la biodiversidad está aún incompleto, como lo demuestran los ejemplos descritos en los que se reportan nuevas especies. Por lo tanto, es fundamental continuar estudios que permitan describir la diversidad biológica del estado, particularmente en aquellos grupos poco conocidos como invertebrados y bacterias.

Aunque, como se mencionó, la identificación de nuevos grupos biológicos a nivel de especie puede realizarse morfológicamente, el uso de marcadores moleculares es una herramienta muy importante para este fin, ya que permite descubrir nuevas entidades biológicas, aún en



**Figura 3.** Proporción de especies descritas y especies por descubrir en la biodiversidad. Fuente: elaboración propia con datos de SA-2000 1994, CONABIO 2016.

situaciones en las que no hay diferencias morfológicas significativas entre distintas especies.

Sin duda, para tener una visión más completa de los patrones y procesos que modelan la historia evolutiva de la biodiversidad, es necesario incluir en su análisis tantas piezas (especies) como sea posible. Además, es claro que para la toma de decisiones en áreas como la conservación y el manejo de enfermedades emergentes, es fundamental identificar las unidades biológicas básicas de la naturaleza, que están definidas por las especies.

## Referencias

- Bickford, D., D.J. Lohman, N.S. Sodhi *et al.* 2007. Cryptic species as a window on diversity and conservation. *Trends in Ecology and Evolution* 22:148-155.
- CONABIO. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2016. *Estrategia Nacional sobre Biodiversidad de México y su Plan de Acción 2016-2030*. En: <<http://www.biodiversidad.gob.mx/pais/ENBM.html>>, última consulta: febrero 2018.
- Frankham, R., J.D. Ballou y D.A. Briscoe. 2002. *Introduction to conservation genetics*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Hafner, M.S., J.E. Light, D.J. Hafner *et al.* 2005. Cryptic species in the mexican pocket gopher *Cratogeomys merriami*. *Journal of Mammalogy* 86:1095-1108.
- Hillis, D.M. y J.J. Wiens. 2000. Molecules versus morphology in systematics. En: *Phylogenetic Analysis of Morphological Data*. J.J. Wiens (ed.). Smithsonian Institution Press, Washington, pp. 1-99.
- Llorente-Bousquets, J. y S. Ocegueda. 2008. Estado del conocimiento de la biota. En: *Capital natural de México: conocimiento actual de la biodiversidad*, vol. 1. J. Soberón, G. Halffter y J. Llorente-Bousquets (comps.). CONABIO, México, pp. 283-322.
- Rogers, D.S., F.X. González-Cózatl y E. Arellano. 2018. Molecular systematics of the *tenuirostris* species group of the genus *Reithrodontomys* (inédito).
- SA-2000. Systematics Agenda 2000. 1994. *Systematics agenda 2000: charting the biosphere*. Technical report. Society of Systematic Biologists/American Society of Plant Taxonomists/Willi Hennig Society/Association of Systematics Collections, Nueva York.
- Schönrogge, K., B. Barr, J.C. Wardlaw *et al.* 2002. When rare species become endangered: cryptic speciation in myrmecophilous hoverflies. *Biological Journal of the Linnean Society* 75:291-300.
- Wang, E.T., P. Van Berkum, D. Beyene *et al.* 1998. *Rhizobium huautlense* sp. nov., a symbiont of *Sesbania herbacea* that has a close phylogenetic relationship with *Rhizobium galegae*. *International Journal of Systematic Bacteriology* 48:687-699.
- Wilson, E.O. 1992. *The diversity of life*. Belknap Press, Cambridge.

# Hongos del género *Pleurotus*: diversidad genética y usos potenciales

Isaac Tello Salgado, Sandra Gómez Velázquez y Elizur Montiel Arcos

## Introducción

El reino Fungi se compone de organismos unicelulares y pluricelulares, tanto terrestres como acuáticos, con formas, tamaños y colores muy diversos. Son el segundo grupo más diverso, después de los insectos, se estima que a nivel mundial existen entre 1.5 y 2.4 millones de especies, de los cuales sólo se ha estudiado menos de 5% (Hawksworth 1991). De acuerdo con Mueller y colaboradores (2007) se han descrito 21 679 especies de hongos.

Las especies de este reino se encuentran ampliamente distribuidas en todo el mundo en la mayoría de los ecosistemas, debido principalmente a la capacidad de modificar su material genético con mecanismos de reproducción sexual, asexual y **parasexual** (mecanismo que origina recombinación genética por procesos distintos a la reproducción sexual como la meiosis y la fecundación, con la posibilidad de incrementar su variabilidad genética) de acuerdo con las condiciones en las que se encuentren en el desarrollo de su ciclo de vida (Herrera y Ulloa 2013).

Su función principal en la naturaleza es degradar la materia orgánica para reincorporarla al suelo, y así pueda utilizarse por otros organismos. También es formar asociaciones mutualistas que desarrollan, en su mayoría, con las plantas y otorga protección a los huéspedes contra cambios de humedad, salinidad, así como el ataque de organismos no benéficos (Herrera y Ulloa 2013).

Además, tienen diferentes usos potenciales de aprovechamiento como: alimenticios; investigación e industrial; control del crecimiento de diversos organismos (como insectos y hongos); y en procesos de restauración de ambientes contaminados (ya que se alimentan por absorción, y excretan ciertas enzimas al medio con lo que logran digerir los compuestos contaminantes; Zhao y Wang 2012).

Algunos hongos tienen beneficios nutricionales y medicinales, principalmente por el alto contenido de aminoácidos esenciales para la dieta humana, así como la presencia de vitaminas B, D y fibra cruda. Hay algunas especies comestibles como: *Agaricus bisporus*, *A. blazei*, *Hericium erinaceus*, *Lentinula edodes* y *Pleurotus* spp.; son inhibidoras del crecimiento de diferentes tipos de tumores y su uso se documentó en el tratamiento contra el cáncer de estómago, esófago, pulmón y próstata (Wasser y Weis 1999), por lo que son de gran interés en la industria farmacéutica y biotecnológica (Martínez-Carrera *et al.* 2004).

Por todo lo anterior, es importante identificar especies con características únicas y que han sido explotadas comercialmente sin contar con estrategias de producción artificial, que incluso, en algunos casos, pueden catalogarse como especies amenazadas, como el hongo blanco (*Tricholoma magnivelare*). También, porque la taxonomía de algunos géneros cambió a nivel mundial, debido a que fueron descritos originalmente con base en características morfológicas.

En la actualidad, la aplicación de marcadores genéticos permite, además de describir especies con mayor certeza, detectar en ellas características novedosas y de aplicaciones únicas. Así, la conservación de los recursos genéticos de los hongos toma gran importancia, sobre todo al considerar la creciente destrucción de los bosques, selvas y hábitats en los que las especies nativas con gran potencial se pierden día a día.

## El género *Pleurotus*

Dentro de los hongos comestibles más comúnmente utilizados se encuentra la oreja de cazahuatle (*Pleurotus* spp.), que es el más cultivado internacionalmente por su

sabor, y propiedades nutricionales y medicinales, por lo que llega incluso a compararse con la carne y el huevo (Vilgalys *et al.* 1996, Boa 2005). El género presenta una amplia distribución en el mundo, debido a la capacidad que tiene de adaptarse a una gran variedad de sustratos y condiciones ambientales (temperatura, altitud, humedad).

En Morelos, su presencia es notable por el número de localidades donde se comercializa, además de la variedad de formas y colores que se observan principalmente en temporada de lluvias (figura 1), lo cual hace que tengan un papel relevante en el sector social por el aporte económico y nutricional (Tello *et al.* 2012).

## Diversidad del género *Pleurotus* en el estado

Aunque existe un gran conocimiento tradicional de *Pleurotus* en Morelos, el estudio de su diversidad genética es nulo. Por ello, en el presente trabajo se analizaron 16 especímenes recolectados en dos reservas ecológicas: Corredor Biológico Chichinautzin y la Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla, con el propósito de identificar y describir la diversidad genética del género.

El proyecto se desarrolló en tres fases: 1) trabajo de campo, el cual consistió en recolectar los organismos con características morfológicas pertenecientes a *Pleurotus*; 2) trabajo de laboratorio, se basó en la obtención del material genético de los especímenes colectados; y 3) trabajo bioinformático, se analizaron los datos generados con la finalidad de obtener una hipótesis sobre la posible historia evolutiva del género *Pleurotus* en Morelos.

Inicialmente, se revisó la morfología de los organismos recolectados, y se hizo un análisis para evaluar los caracteres de las estructuras que son taxonómicamente informativas, para distinguir entre especies como el color del sombrero y del pie, color de las esporas en masa, tamaño y forma de las esporas, tamaño y forma de los **basidios** (estructura reproductora especializada en producir esporas que permite distinguir entre especies).

Una vez identificadas las especies, para cada una se generaron datos moleculares, los cuales consistieron en secuencias de **ADN** (ácido desoxirribonucleico) del **gen ribosomal 18S** (componente de la subunidad pequeña de los ribosomas presente en las células eucariotas). Para tener una mejor representación de las especies en la entidad, se utilizaron las secuencias de ADN de individuos

reportados en bases de datos internacionales de genes como el GenBank y la European Bioinformatics Institute EMBL-EBI.

La combinación de información morfológica y molecular se recomienda, no sólo para robustecer la identificación de especies, sino también para explicar la historia evolutiva y de parentesco entre ellas, particularmente en grupos taxonómicos complejos.

Por un lado, esto permite determinar los cambios generados en el ADN como consecuencia de mutaciones, los cuales se ven reflejados en sus relaciones evolutivas; y por otro, es posible comparar los elementos morfológicos que obedecen a criterios de evolución fenotípicos, como consecuencia de la **adaptación** del material genético al ambiente.

Es por ello que, si las especies son más cercanas evolutivamente, más parecidas serán en su morfología, de tal manera que ambas herramientas (la identificación morfológica y la molecular) son complementarias. Con esta estrategia de análisis se pretende identificar grupos genéticos únicos (especies), y determinar su potencial como recurso genético (material genético de valor actual o potencial, que desempeña una función para la humanidad; CDB 1992).

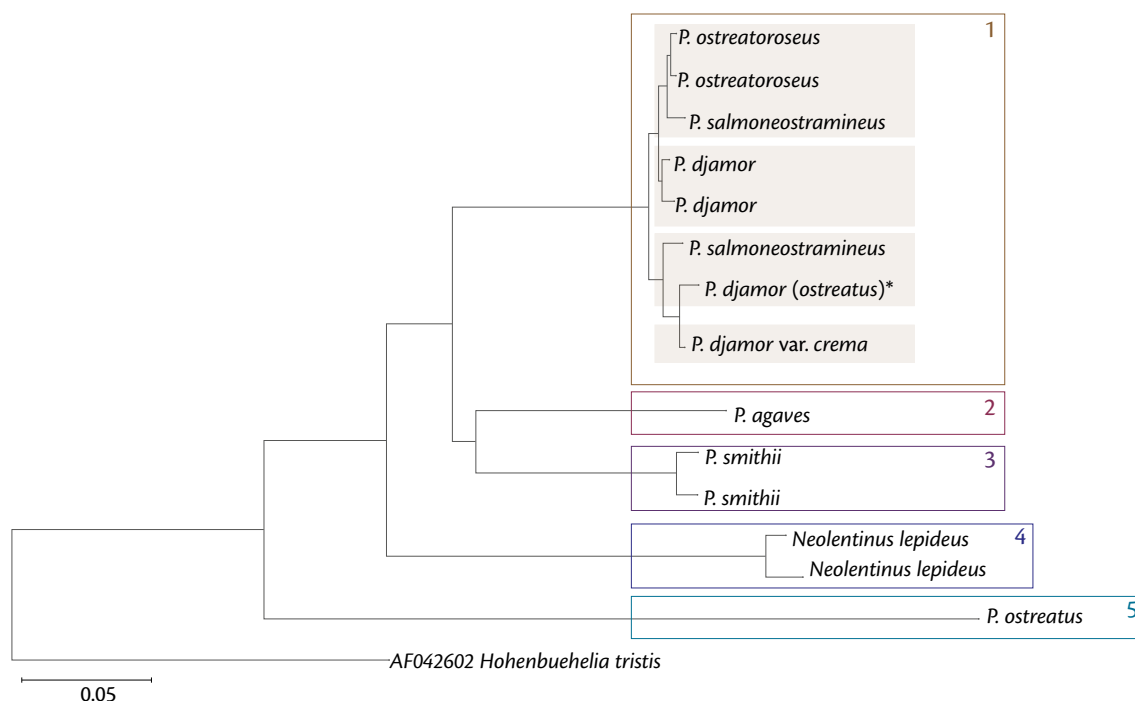
Como resultado del análisis morfológico, se identificaron cinco grupos principales, los cuales fueron confirmados con el análisis molecular, identificados por el complejo de *Pleurotus djamor*, *P. agaves*, *P. smithii*, *Neolentinus lepideus* y *P. ostreatus*. Con los datos moleculares se compararon las secuencias del ADN ribosomal con una base de datos internacional, lo cual confirmó la identidad de las especies (figura 2). Los valores para diferenciar especies con base en diferencias nucleotídicas y distancias genéticas son: mayores a 3% corresponde a interespecie (entre especies diferentes); y 0.02% a intraespecie (organismos de la misma especie; Zervakis *et al.* 2004).

El primer grupo, compuesto por ocho especímenes del hongo oreja de cazahuate (*Pleurotus djamor*) con cuatro variedades (figura 2). El segundo con un solo espécimen de oreja de maguey (*P. agaves*). El tercero por dos ejemplares de oreja de encino (*P. smithii*). El cuarto grupo incluye a dos especímenes identificados a partir de su morfología como hongos del trueno o venado (*Pleurotus* sp.). Sin embargo, de acuerdo con las bases de datos de genes y las distancias genéticas obtenidas, se trata de *Neolentinus lepideus*, ya que mostró valores mayores a 3% (figura 2).



Figura 1. Diversidad de formas y colores del género *Pleurotus* en Morelos. Fotos: Isaac Tello Salgado.





**Figura 2.** Relaciones filogenéticas de las especies analizadas. Los grupos identificados se muestran enmarcados con líneas y enumerados. \*El color de esporada encontrado fue gris-violacea, como es la esporada obtenida de *Pleurotus ostreatus*. La especie *Hohenbuehelia tristis* es utilizada como grupo externo por su lejanía con el género *Pleurotus*; además, como ancestro común. Fuente: elaboración propia con datos de Gómez-Velázquez 2015.

Cabe señalar que, aun cuando *N. lepideus* se clasificaba en la familia Pleurotaceae, la especie fue separada por el tipo de degradación de la madera que presenta, así como las características microscópicas como la trama (acomodo de las hifas en la parte central de las lamelas de los hongos), por lo que actualmente la sitúa en la familia Tricholomataceae (Redhead y Ginns 1985).

En lo que respecta al quinto y último grupo, representado por un espécimen de hongo ostra (*P. ostreatus*), no se considera como un recurso genético nativo, ya que su presencia en México es resultado de la importación de cepas comerciales extranjeras principalmente provenientes de los Estados Unidos (Ayesteran-Hernández *et al.* 2014).

Este es un tema de discusión, debido a que Ayesteran-Hernández y colaboradores (2014) mencionan que el hongo ostra sólo se distribuye en el norte de América sin incluir a México. También mencionan la existencia de esta especie en herbarios nacionales, identificada por la presencia del color gris violáceo de las esporas en masa. Sin embargo, en este estudio, la evidencia molecular indica que dichos ejemplares con esporas en masa color gris violáceo no pertenecen a la especie *P. ostreatus*, sino a *P. djamor* (figura 2).

La presencia de variedades en el grupo uno, perteneciente a *P. djamor*, atestigua la gran plasticidad del género (capacidad de adaptación de las especies a un determinado ambiente sin sufrir cambios en su genotipo), la cual puede incluso estar en un proceso de especiación y dar origen a unidades genéticas únicas (nuevas especies o variedades). Dichas unidades genéticas son afectadas y modificadas de acuerdo al sustrato donde crecen, a la altitud y el clima, además de los entrecruzamientos entre ellas mismas.

El grupo de *P. djamor* es el que más se comercializa en temporada de lluvias y es muy apreciado por la población, debido a las ganancias económicas que genera entre los recolectores y comerciantes en los mercados principales (Tello *et al.* 2012). La presencia de *P. agaves* en la zona norte del estado, responde a la existencia plantas del género *Agave* con una gran distribución en todo el Altiplano Mexicano (Martínez-Carrera *et al.* 2004). Es importante mencionar que *P. agaves* es una especie endémica de México que la hace ser parte de los recursos nativos mexicanos con gran potencial de explotación comercial (Vilgalys *et al.* 1996).

Por su parte *P. smithii* y *N. lepideus* (aunque su abundancia y distribución es escasa) resultan ser muy apreciados por los recolectores, generalmente por su sabor y sus atributos medicinales y comestibles. En el caso del hongo oreja de encino (*P. smithii*), un solo espécimen es suficiente para preparar una comida para tres personas, es por ello que también son considerados como recursos biológicos importantes (Tello *et al.* 2012).

A pesar de que el género *Pleurotus* es un recurso importante en Morelos, poco se sabe respecto a su diversidad. Sin embargo, su uso potencial representa una alternativa en el manejo sustentable para su aprovechamiento, lo que beneficia la subsistencia tanto de comunidades rurales como de ecosistemas.

Si bien, es importante la conservación del germoplasma micológico en condiciones *in vivo* e *in vitro* de especies evolutivamente definidas, también es relevante la conservación de especies en proceso de evolución. Por ello, es necesario contar con información referente a su identificación y caracterización fisiológica, morfológica y molecular, así como datos de su potencial como recurso biológico y genético, lo cual aportará los elementos necesarios para su posterior explotación en el ámbito cultural, económico, social, político e incluso religioso.

Además, dicha información facilitará el resguardo de organismos de distribución restringida, y más aún, cuya presencia se vería afectada por la perturbación de su hábitat natural (p.e. *P. agaves*), lo cual llevaría directamente a su desaparición.

## Conclusiones y recomendaciones

La diversidad de hongos a nivel mundial es de más de 1.5 millones de especies (Hawksworth 1991), y para México se estima que se conoce cerca de 6.6% (aproximadamente 200 mil especies; Guzmán 1998). El conocimiento de la diversidad en México se encuentra en crecimiento; sin embargo, este tipo de estudios genético-morfológicos de los diferentes grupos de hongos, ayudan de manera significativa a tener un acercamiento a la diversidad real.

Los diferentes biomas (conjunto de ecosistemas característicos de una zona) son un reservorio para distintas especies, incluso para entidades genéticas únicas. Por ello, se deben enfatizar los esfuerzos para la protección de cada uno de ellos a nivel estatal y nacional.

Asimismo, es necesario hacer una revisión del material erróneamente descrito, con la finalidad de identificar especies cripticas, con el empleo de diferentes tipos de técnicas, como las empleadas en el presente estudio.

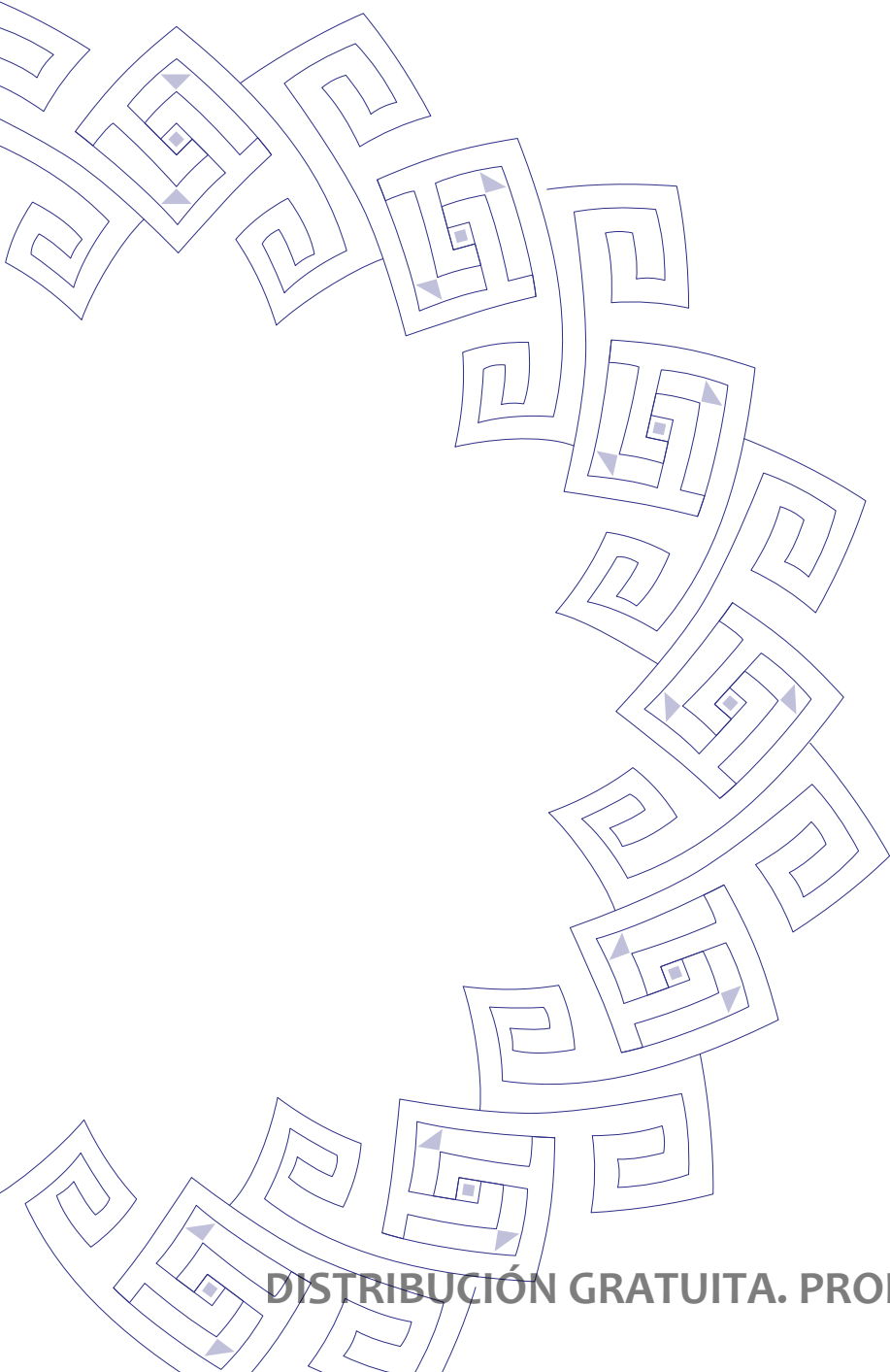
Desde esta misma perspectiva, es necesario que con la ayuda de los distintos métodos se efectúe la descripción de especies que puedan orientar la creación de estrategias para la conservación de los recursos biológicos *in situ*, puesto que muchas especies sólo se desarrollan en condiciones específicas. Lo anterior soportado principalmente por la funcionalidad tanto ecológica de las especies como la que el ser humano les puede dar, pues estos recursos genéticos pueden utilizarse en beneficio de la sociedad como alimento y productores de fármacos.

Por último, es importante el mantenimiento y resguardo de las especies nativas en laboratorios especializados, para la conservación de especies que pueden ser útiles en el corto, mediano y largo plazo.

## Referencias

- Ayesteran-Hernández, L.M., I. Tello, M.G. Rangel-Altamirano *et al.* 2014. *Pleurotus djamor. Especies emblemáticas del estado de Morelos*. CONABIO, México.
- Boa, E. 2005. *Los hongos silvestres comestibles: perspectiva global de su uso e importancia para la población*. FAO, Roma.
- CDB. Convenio sobre la Diversidad Biológica de las Naciones Unidas. 1992. En: <<https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-es.pdf>>, última consulta: marzo de 2018.
- Gómez-Velázquez, S. 2015. *Caracterización morfodescriptiva y molecular del género Pleurotus en la zona norte del estado de Morelos*. Tesis de licenciatura en biología. UAEM, Cuernavaca.
- Guzmán, G. 1998. Análisis cualitativo de la diversidad de los hongos en México (Ensayo sobre el inventario fúngico del país). *Acta Zoológica Mexicana* nueva serie Vol. especial:111-175.
- Hawksworth, D.L. 1991. Fungal dimension of biodiversity: magnitude, significance and conservation. *Mycological Research* 95:641-655.
- Herrera, T. y M. Ulloa. 2013. *El reino de los hongos: micología básica y aplicada*. FCE/Instituto de Biología-UNAM, México.
- Martínez-Carrera, D., M. Sobal, P. Morales *et al.* 2004. *Los hongos comestibles: propiedades nutricionales, medicinales, y su contribución a la alimentación mexicana*. COLPOS/BUAP/UPAEP/IMINAP, Puebla.
- Mueller, G.M., J.P. Schmit, P.R. Leacock *et al.* 2007. Global diversity and distribution of macrofungi. *Biodiversity and Conservation* 16:37-48.

- Redhead, S. y J. Ginns. 1985. A reappraisal of agaric genera associated with brown rots of woods. *Transactions of the Mycological Society of Japan* 26:349-381.
- Tello, I., O. Romero, D. Portugal *et al.* 2012. La importancia del quehacer tradicional en el estudio de los hongos silvestres comestibles y medicinales del estado de Morelos, México. En: *Las unidades productivas tradicionales: frente a la fragmentación territorial*. R. Monroy, R. Monroy-Ortiz y C. Monroy-Ortiz (comps.). UAEM, Cuernavaca, pp. 95-110.
- Vilgalys, R., J.M. Moncalvo, S.R. Liou y M. Volovsek. 1996. Recent advances in molecular systematics of the genus *Pleurotus*. En: *Mushroom Biology and Mushroom Products: Proceedings of the 2nd International Conference*. D.J. Royse (ed.). Penn State University Press, Pennsylvania, pp. 91-101.
- Wasser, S.P. y A.L. Weis. 1999. Medicinal properties of substances occurring in higher basidiomycetes mushrooms: a current perspective. *Critical Reviews Immunology* 19:65-96.
- Zervakis, G., J.M. Moncalvo y R. Vilgalys. 2004. Molecular phylogeny, biogeography and speciation of the mushroom species *Pleurotus cystidiosus* and allied taxa. *Microbiology* 150:715-726.
- Zhao, X.H. y J. Wang. 2012. A brief study on the degradation kinetics of seven organophosphorus pesticides in skimmed milk cultured with *Lactobacillus* spp. at 42 °C. *Food Chemistry* 131(1):300-304.



**DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA**

# Diversidad de hongos acuáticos en las lagunas de Zempoala

Rocío Rodríguez Hernández, María Brenda Valderrama Blanco y Jorge Luis Folch Mallol

## Introducción

Morelos está ubicado en el centro del país y cuenta con gran diversidad de climas. Esto se debe a que en la zona norte (situada en el Eje Neovolcánico Transversal, a unos 3 000 msnm aproximadamente) comienza una suave pendiente que lleva hasta regiones de selva baja caducifolia al sur del estado (INEGI 2010).

El estado se caracteriza por tener una gran actividad turística, en particular el Parque Nacional Lagunas de Zempoala. Por ello, es importante estudiar la biodiversidad presente en la zona, y que esto lleve al diseño de estrategias de conservación que permitan mitigar el efecto del impacto humano generado por el turismo.

## Diversidad fúngica y su importancia

Por las características únicas que los diferencian tanto de plantas como de animales, los hongos tienen su propio reino biológico: el Fungi. Éstos se encuentran en todo tipo de hábitats, en donde realizan múltiples y complejas funciones, con las que contribuyen con un enorme valor ecológico y económico tanto en ecosistemas como en la vida de los seres humanos y en sus actividades (Carlile *et al.* 2001). A pesar de que los hongos se encuentran en hábitats tanto terrestres como acuáticos, la mayor parte de estos organismos no están descritos (Hawksworth 2001).

La biodiversidad en el mundo disminuye rápidamente como consecuencia de la contaminación y destrucción de los ecosistemas. En este contexto, es importante que las especies presentes en hábitats acuáticos también se documenten, debido a que han ido desapareciendo rápidamente en los últimos cien años (Cherfas 1991).

Con esto se pierden enlaces críticos en redes alimenticias y procesos en ecosistemas esenciales para limpiar

el aire, el agua y el mantenimiento de hábitats sanos. Por un lado, los hongos son grandes descomponedores de materia prima, y por otro, sirven de alimento a peces y otros seres vivos, lo cual hace que su posición en la red alimenticia sea vital (Carlile *et al.* 2001). Además, juegan un papel indispensable en el ciclo de carbono, ya que la gran mayoría de ellos son organismos que obtienen sus nutrientes a partir de lignocelulosa (formada por las paredes celulares vegetales, que contienen lignina, celulosa, hemicelulosa y pectina), lo que les permite reciclar el carbono atmosférico fijado por los vegetales durante la fotosíntesis.

El conocimiento de la diversidad y función de los microorganismos permanece relativamente pobre, pues se sabe con certeza que menos de 1% son cultivables debido a su dificultad para crecer en el laboratorio. Esta dificultad obedece a que se desconocen todos los nutrientes y/o condiciones necesarias (pH, temperatura, fuente de carbono o nitrógeno, etcétera) para la proliferación de la gran mayoría de las especies fúngicas.

Se estima que hay 1.5 millones de especies de hongos sobre la Tierra; no obstante, sólo aproximadamente 70 mil han sido descritas, lo que deja aproximadamente 95% de ellas sin describir (Hawksworth 2001).

Los hongos se clasifican en cuatro grandes grupos o filos de acuerdo con las características morfológicas de sus esporas sexuales: Ascomycota, Basidiomycota, Zygomycota y Chytridiomycota.

## Las lagunas de Zempoala

Aunque a nivel nacional Morelos se encuentra entre las entidades federativas de menor superficie territorial, sus excepcionales escenarios y recursos naturales han motivado su preservación. Es por ello, que hoy en

Rodríguez-Hernández, R., B. Valderrama y J.L. Folch-Mallol. 2020. Diversidad de hongos acuáticos en las lagunas de Zempoala. En: *La biodiversidad en Morelos. Estudio de Estado 2*. Vol. II. CONABIO, México, pp. 397-400.

día esto se refleja en sus diez áreas naturales protegidas (INEGI 2010).

Una de ellas es el Parque Nacional Lagunas de Zempoala, área protegida de carácter federal ubicada entre los límites de Morelos y Estado de México. Se localiza entre las coordenadas geográficas definidas por los paralelos 19° 01' 20" y 19° 06' N y los meridianos 99° 16' 20" y 99° 21' O; a una altitud de entre 2 670 y 3 686 msnm. Su gran altitud determina que el ambiente sea templado durante el día y frío por la noche.

Zempoala, conocido como el Lugar de muchas aguas, está formado por siete lagunas, de las cuales sólo dos son permanentes, las demás están secas o son estacionales (INEGI 2010). El bosque que las rodea está constituido por pinos, oyameles y encinos (figura 1). Representa un área natural de alto valor nacional e internacional, y que desgraciadamente está amenazada, principalmente por efecto del pastoreo, incendios, cacería, tala, entre otros (INEGI 2010). En suma, el área ha sido objeto de un uso intensivo y extensivo.

## Especies fúngicas en una de las lagunas

En ambientes de agua dulce pueden encontrarse representantes de todas las clases fúngicas. Sin embargo, los más frecuentes y que además desempeñan los papeles ecológicos más significativos son: Chytridiomycetes, Hiphochytriomycetes, Peronosporomycetes (Oomycetes), Ascomycetes y los hongos mitospóricos (aquellos de los que se desconoce su ciclo sexual; Carlile *et al.* 2001).

En una de las lagunas permanentes de Zempoala, poco accesibles al turismo, por lo que permanecen poco alteradas y el agua es prístina se colectó agua. El agua se filtró y se extrajo **ADN** (ácido desoxirribonucleico), para posteriormente amplificar secuencias provenientes sólo de hongos por medio de la técnica **reacción en cadena de la polimerasa** (PCR, por sus siglas en inglés), con **oligonucleótidos** específicos (secuencias cortas de ADN).

La técnica PCR consiste en localizar fragmentos de ADN que tengan secuencias de **nucleótidos** comunes



Figura 1. Laguna de Zempoala. Foto: Edna Itzel González Muñoz/Banco de imágenes CONABIO.

para hongos, pero que estén ausentes en otros grupos de organismos. De este modo, se puede obtener una etiqueta (en inglés lo llaman *Bar Code* o código de barras, como las tiras de rayas y números que se observan en los productos del supermercado), que permite la identificación de cada especie, ya que estos códigos de barras son únicos para cada especie.

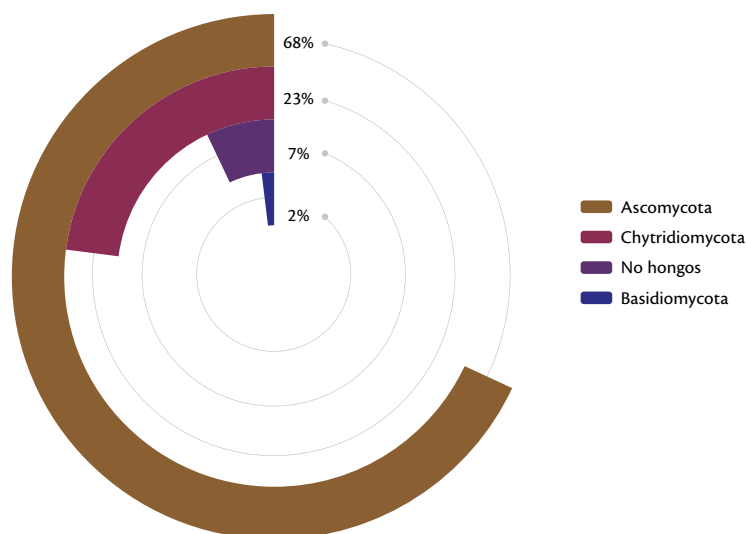
Se analizaron más de 800 secuencias individuales, y con ellas se llevó a cabo una reconstrucción filogenética inferida por el método Neighbor-Joining (NJ), la cual es una técnica bioinformática que usa algoritmos de agrupamiento entre las secuencias más parecidas, de modo que puede emparentar a las especies que están más relacionadas evolutivamente con secuencias conocidas de hongos, y así mostrar la diversidad de especies que se encuentran en la muestra sin necesidad de cultivarlas.

Conforme al método NJ, se tomaron secuencias de referencia de hongos bien clasificados del GenBank (NCBI 2017), se realizaron los alineamientos pertinentes con las secuencias obtenidas de las muestras de la laguna, y se hicieron las inferencias filogenéticas en las que se logró identificar 83 hongos acuáticos pertenecientes a cuatro grandes grupos (Valderrama *et al.* 2016). Con este método también fue posible detectar hongos que no son cultivables en el laboratorio debido a que se desconocen sus requerimientos específicos (p.e. nutricionales, de temperatura, pH).

Se identificaron secuencias de ADN no clasificadas, es decir, que la inferencia filogenética las incluye dentro del reino Fungi, pero no es capaz de agruparlas con ningún *phylum* en particular, por lo que muy probablemente podrían tratarse de especies nuevas. Esto evidencia la necesidad de buscar un mayor conocimiento de estas secuencias para añadirlas a las bases de datos de genes y lograr una clasificación más precisa (figura 2).

Este tipo de estudios involucra la comparación de homólogos, que son secuencias que tienen un origen común, pero pueden o no conservar la misma función. Actualmente, se considera que la presencia de una determinada similitud en un alineamiento permite asumir que esas secuencias son homólogas entre sí, y por lo tanto el análisis de sus diferencias permitiría reconstruir su historia evolutiva a partir del ancestro común.

Como puede verse, la mayoría de los hongos encontrados pertenecen al *phylum* Ascomycota (56 especies que equivalen a 67.5%), seguidos por el *phylum* Chytridiomycota (19 especies que corresponden a 22.9%) y 2.4% equivalentes a dos secuencias pertenecientes al *phylum* Basidiomycota, lo cual es novedoso para ecosistemas acuáticos. Se identificaron también seis secuencias no fúngicas (o no clasificables como tal) que corresponden a 7.23% del total.



**Figura 2.** Representación de las 83 secuencias seleccionadas de la muestra de Zempoala. El análisis NJ colocó el mayor número de secuencias de ADN dentro del grupo Ascomycota (56), le siguió Chytridiomycota (19) y Basidiomycota (2), y seis no fúngicas (sin identificar secuencias del grupo Zígomycota). Fuente: elaboración propia con datos de Valderrama *et al.* 2016.

Cabe hacer notar, que otros reportes difieren de éste en cuanto a que en la mayoría de los sistemas acuáticos estudiados predominan los chytridiomycetos (Grossart y Rojas-Jiménez 2016), mientras que en el presente estudio se encontró un mayor número de ascomicetos. Los resultados que aquí se presentan se relacionan con la clasificación propuesta por Hibbet y colaboradores (2007), quienes tomaron en cuenta seis marcadores moleculares genéticos para proponer una nueva clasificación de los hongos, en donde los chytridiomycetos ya no forman un grupo poliflétrico (que no incluye al ancestro y todos sus descendientes).

## Conclusiones y recomendaciones

En este trabajo se demostró la utilidad de los marcadores moleculares para estudiar la diversidad de hongos acuáticos, en particular en una de las lagunas de Zempoala.

A diferencia de otros sitios estudiados, se encontró que existe más variedad de hongos ascomicetos que de chytridiomycetos. Esto puede deberse a que los ascomicetos son especialistas en la degradación de lignocelulosa, que es muy abundante en el lugar donde están enmarcadas estas lagunas.

Por otro lado, la enorme diversidad metabólica de los hongos los hace tener un papel clave en los ecosistemas, debido a que son descomponedores de muchos compuestos y a la vez proveen nutrientes con mayor contenido de proteínas a otros organismos que se alimentan de ellos. Además, los hongos acuáticos casi no han sido explorados para la producción de metabolitos secundarios, moléculas de gran interés farmacéutico, que pueden aportar al campo de la medicina, industria y otros. Es por esto que debe implementarse una estrategia de conservación de estos sitios.

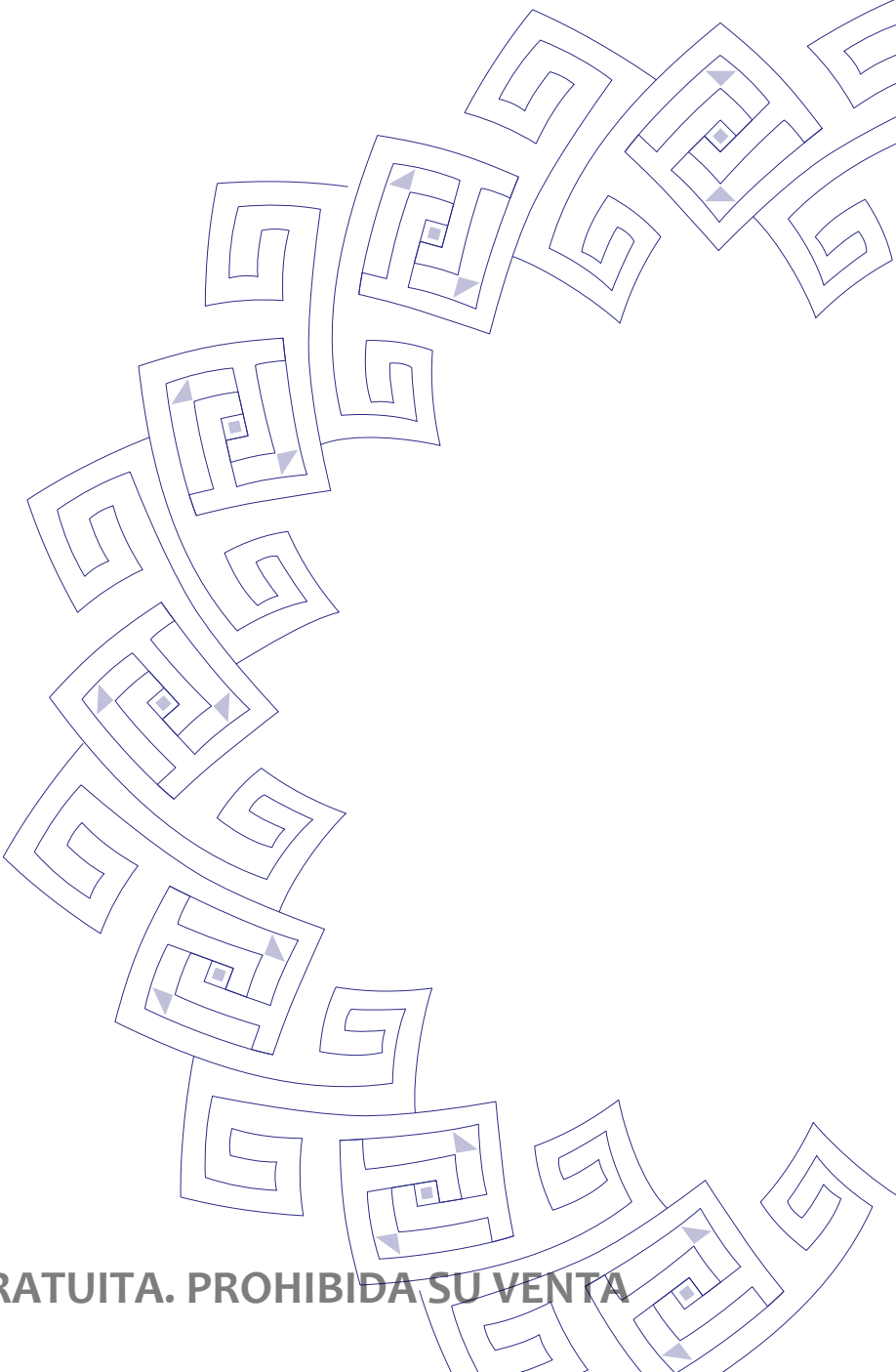
## Agradecimientos

Este trabajo fue financiado parcialmente por el donativo CONACYT-SEMARNAT 2004-01-0100.

## Referencias

- Carlile, M.J., S.C. Watkinson y G.W. Gooday. 2001. *The Fungi*. Academic Press, San Diego.
- Cherfas, J. 1991. Disappearing mushrooms: another mass extinction? *Science* 254(5037):1458-1459.
- Grossart, H.P. y K. Rojas-Jiménez. 2016. Aquatic fungi: targeting the forgotten in microbial Ecology. *Current Opinion in Microbiology* 31:140-145.
- Hawksworth, D.L. 2001. The magnitude of fungal diversity: the 1.5 million species estimated revisited. *Mycological Research* 105:1422-1432.
- Hibbet, D.S., M. Binder, J.F. Bischoff *et al.* 2007. A higher-level phylogenetic classification of the Fungi. *Mycological Research* 111:509-547.
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2010. *Principales resultados por localidad 2010 (ITER)*. En: <[http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/ccpv/cpv2010/iter\\_2010.aspx](http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/ccpv/cpv2010/iter_2010.aspx)>, última consulta: 26 de abril de 2018.
- NCBI. National Center for Biotechnology Information. 2017. *GenBank*. En: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/>>, última consulta: 26 de abril de 2018.
- Valderrama, B., G. Paredes-Valdez, R. Rodríguez *et al.* 2016. Assessment of non-cultured aquatic fungal diversity from different habitats in Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 87:18-28.





**DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA**

# Diversidad de rizobios simbióticos en leguminosas de la Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla

Fabiola Miranda Sánchez y Pablo Vinuesa Fleischmann

## Introducción

Los rizobios son bacterias **Gram-negativas** que se caracterizan por su potencial para establecer relaciones simbióticas con plantas leguminosas. Una relación simbiótica entre dos organismos (simbiontes) es aquella en la que ambos se ven beneficiados por tal interacción.

Los rizobios están prácticamente en todas partes, y se pueden encontrar en casi todos los ecosistemas terrestres. Además, pueden colonizar diferentes órganos y tejidos de plantas (Ji *et al.* 2010, López-López *et al.* 2010). Los rizobios más estudiados son aquellos que se albergan en los nódulos, que son unos órganos especializados que las leguminosas forman en las raíces para alojarlos en su interior (Oldroyd 2013).

Dentro de los nódulos, el rizobio coloniza los tejidos de la planta y penetra directamente en las células, en donde se diferencia morfológica y fisiológicamente a un bacteroide, que es la forma celular capaz de fijar el nitrógeno atmosférico ( $N_2$ ), al reducirlo a amonio ( $-NH_4^+$ ), que es asimilable por las raíces de la planta que lo hospeda. Este fenómeno se conoce como fijación biológica de nitrógeno (Vitousek *et al.* 2013) y es energéticamente costoso, por lo que la interacción rizobio-leguminosa está finamente regulada.

Esta interacción implica un proceso de infección controlada y específica, mediada por una comunicación molecular entre ambos simbiontes durante todas sus etapas (Oldroyd 2013). Esta simbiosis realiza un importante servicio ecosistémico, debido a que representa la principal y más eficiente vía de entrada de nitrógeno a los ecosistemas terrestres (Cleveland *et al.* 1999, Vitousek *et al.* 2013).

El valor del servicio se multiplica cuando se toma en consideración que las leguminosas son el tercer grupo

más grande de angiospermas (plantas con flor) y que tienen una amplia distribución en el planeta (Lewis 2005). Su diversidad es mayor en regiones tropicales y subtropicales que en regiones templadas (Crews 1999) y entre sus especies se encuentran plantas de gran interés para los humanos, como la soya (*Glycine max*) y el frijol (*Phaseolus vulgaris*), que son una fuente importante de proteínas (Broughton *et al.* 2003).

## Leguminosas en la Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla

En Morelos el ecosistema más rico en leguminosas es la selva baja caducifolia (SBC), la cual está protegida principalmente en la Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla (REBIOSH), que se localiza al sur de la entidad y cuenta con una superficie de 59 031 ha.

La vegetación en la REBIOSH está dominada por una gran variedad de árboles y arbustos de una de las subfamilias de leguminosas (Mimosoidae), que incluye especies de los géneros *Acacia*, *Lysiloma* y *Mimosa*, por mencionar algunos, aunque hay representantes de todas las subfamilias (Dorado *et al.* 2005, Bruneau *et al.* 2013).

Comprende un mosaico de bosque primario y secundario, es decir, de sitios prístinos (originales) y sitios reforestados después de su explotación agropecuaria. Dicho mosaico está rodeado de terrenos de uso agrícola y pequeños poblados que subsisten del cultivo de baja intensidad en la zona (Martínez-Garza *et al.* 2011). El frijol se cultiva en estos terrenos agrícolas y se considera como una leguminosa promiscua, porque es nodulada por muchas especies de rizobios, incluso de diferentes géneros, entre los que dominan *Rhizobium*, *Mesorhizobium* y *Sinorhizobium* (también conocido como *Ensifer*).

Miranda-Sánchez, F. y P. Vinuesa. 2020. Diversidad de rizobios simbióticos en leguminosas de la Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla. En: *La biodiversidad en Morelos. Estudio de Estado 2. Vol. II*. CONABIO, México, pp. 402-407.

## Diversidad de rizobios asociados a leguminosas

Por muchos años, *Rhizobium etli* se consideró como el simbionte dominante del frijol en México (Segovia *et al.* 1993). Sin embargo, su taxonomía ha sufrido cambios (López-Guerrero *et al.* 2012) y recientemente se encontraron otras cinco especies en nódulos de frijol en el país (Silva *et al.* 2003, López-López *et al.* 2012, Ribeiro *et al.* 2012, Verástegui-Valdés *et al.* 2014). Por lo cual, es posible que la diversidad de rizobios asociados a leguminosas de SBC sea mayor a la reportada hasta ahora, debido a la enorme riqueza de leguminosas que alberga este ecosistema.

En este estudio se comparó la diversidad de rizobios simbióticos presentes en suelos de bosque primario de SBC con la de suelos agrícolas de este mismo ecosistema. Se seleccionó un sitio conservado de la REBIOSH (consA) y dos sitios agrícolas cercanos (agrA y agrB). Se utilizaron dos especies nativas y abundantes de *Acacia* (*A. cochliacantha* y *A. farnesiana*), y dos variedades cultivadas de *P. vulgaris* (negro jamapa y rojo colorado), que actuaron como plantas trampa para obtener los rizobios a partir de los nódulos formados por medio de diversos suelos empleados como inóculo en el laboratorio (Miranda-Sánchez *et al.* 2016).

Se diseñaron **oligonucleótidos** (secuencias cortas de ADN –ácido desoxirribonucleico– o ARN –ácido ribonucleico–) específicos para el gen *recA* en la familia *Rhizobiaceae*, el cual es un excelente marcador molecular para el grupo. Se analizaron las secuencias del gen *recA* para 268 rizobios aislados de nódulo (cuadro 1) mediante métodos filogenéticos que permiten conocer sus relaciones de parentesco, en particular el método de

**Cuadro 1.** Aislados de nódulos obtenidos de los diferentes hospederos y suelos.

Hospedero	Suelo conservado (consA)	Suelo agrícola A (agrA)	Suelo agrícola B (agrB)
<i>Phaseolus vulgaris</i> (negro jamapa)	25	23	29
<i>P. vulgaris</i> (rojo colorado)	33	28	21
<i>Acacia cochliacantha</i>	19	18	22
<i>A. farnesiana</i>	24	2	24

Fuente: elaboración propia con datos de Miranda-Sánchez *et al.* 2016.

máxima verosimilitud (basado en modelos probabilísticos del proceso de divergencia de secuencias por mutación).

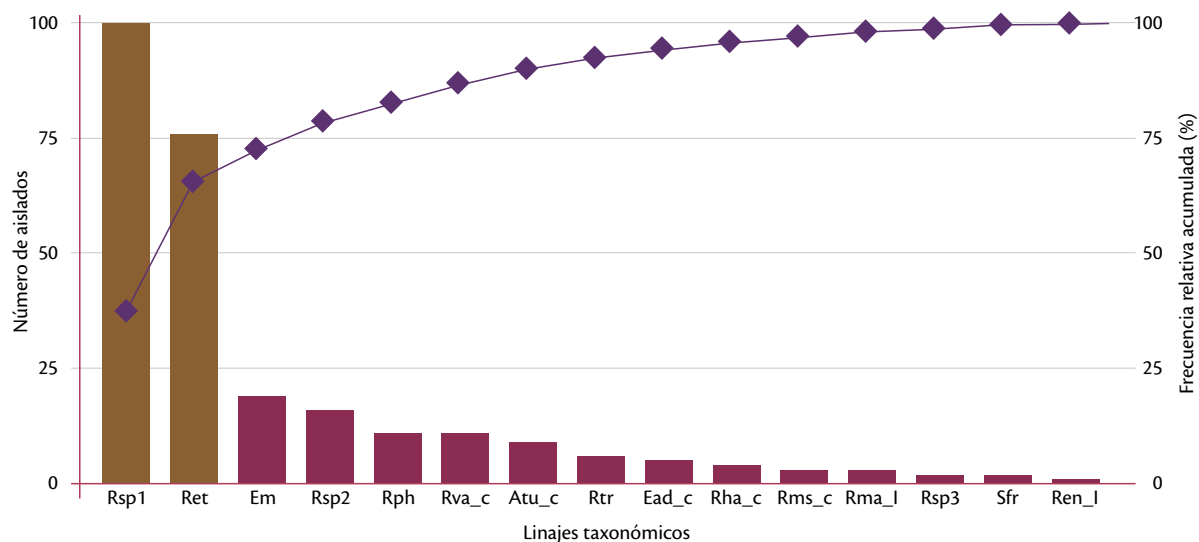
Los análisis filogenéticos revelaron la existencia de 15 linajes o especies de rizobios (figura 1), de las cuales sólo cinco han sido reportados previamente en la literatura. Los resultados también mostraron que *Rhizobium* sp. 1 (Rsp1), seguida por *R. etli* (Ret), fueron los linajes simbióticos con mayor abundancia de aislados, es decir, las dos especies numéricamente dominantes en los nódulos analizados. De estas dos, *R. etli* tuvo un mayor número de variantes genéticas o **haplotipos** con 18, mientras que *Rhizobium* sp. 1 tuvo un total de siete.

Por otro lado, *R. etli* noduló preferentemente a especies de *Acacia* spp., en contraste con *Rhizobium* sp. 1, que se recuperó con mayor frecuencia a partir de nódulos de *P. vulgaris* (cuadro 2). La leguminosa hospedera selecciona fuertemente al linaje simbiótico con el que se asocia (figura 2); además se puede observar que la riqueza taxonómica (número de especies) de rizobios recuperados del suelo conservado fue mayor (13 especies) que de los suelos agrícolas A (n=8) y B (n=9), el suelo agrB favorece la nodulación del linaje *R. etli*, mientras que para *Rhizobium* sp. 1 el suelo consA fue más apropiado.

Muy pocos estudios han explorado la diversidad de rizobios simbióticos en diferentes especies de un género o variedades de frijol (Souza *et al.* 1994, Aserse *et al.* 2012, López-Guerrero *et al.* 2012). A través del presente trabajo se generó el inventario más grande de rizobios simbióticos reportado hasta ahora para una sola región, específicamente la REBIOSH en Morelos.

Entre los linajes recuperados, se encuentran cinco previamente reportados como simbiontes del frijol (Martínez-Romero *et al.* 1991, Segovia *et al.* 1993, Lloret *et al.* 2007, López-Guerrero *et al.* 2012), incluyendo a *Ensifer mexicanus*, especie reportada como simbionte de *A. angustissima* en la REBIOSH (Lloret *et al.* 2007), más 10 que son potencialmente nuevos. Esto indica que queda una gran diversidad de especies de rizobios por descubrir en esta región rica en leguminosas.

Los dos linajes más abundantes además mostraron una gran **diversidad genética** y con ello preferencias ambientales diferentes. Con la comparación de patrones de diversidad se descubrió que las especies de leguminosas hospederas ejercen una mayor selección sobre la diversidad de los rizobios con los que se asocian, que la ejercida por el régimen de uso de los suelos (conservado versus agrícolas) estudiados. Sólo una pequeña



**Figura 1.** Frecuencia relativa acumulada (en porcentaje). Rsp1: *Rhizobium* sp. 1\*; Ret: *R. etli*; Em: *Ensifer mexicanus*\*; Rsp2: *Rhizobium* sp. 2; Rph: *R. phaseoli*\*; Rva\_c: complejo *R. vallis*; Atu\_c: complejo *Agrobacterium tumefaciens*; Rtr: *R. tropici*\*; Ead\_c: complejo *E. adhaerens*; Rha\_c: complejo *R. hainanense*; Rms\_c: complejo *R. mesosinicum*; Rma\_l: *R. mesoamericanum* like; Rsp3: *Rhizobium* sp. 3; Sfr: *Sinorhizobium fredii*; Ren\_l: *R. endophyticum* like\*. Las barras café muestran a los linajes donde está 50% o más del total de los aislados. \*Simbiontes del frijol previamente reportados. Fuente: elaboración propia con datos de Miranda-Sánchez *et al.* 2016.

**Cuadro 2.** Alelos del gen *recA* más abundantes de *R. etli* y *Rhizobium* sp. 1 y su distribución en función de la leguminosa hospedera.

Linaje	Haplotipo	Número de aislados de nódulo	Leguminosa hospedera		PDI <sup>a</sup>
			<i>Acacia</i> spp. (46)	<i>P. vulgaris</i> (30)	
<i>R. etli</i> (n=76)	Hap_3	20	11	9	0.181
	Hap_6	16	8	8	0.000
	Hap_7	14	9	5	0.444
	Hap_11	5	3	2	0.333
	Hap_10	3	3	0	1.000
	Hap_16	2	0	2	1.000
	Hap_79	3	0	3	1.000
<i>Rhizobium</i> sp. 1 (n=100)	Hap_3	60	7	53	0.872
	Hap_4	22	3	19	0.850
	Hap_1	11	4	7	0.428

El número total de aislados recuperados está indicado en paréntesis. <sup>a</sup>El índice de diferencia pareada (PDI) varía entre 0 y 1, e indica una preferencia nula (0) o total (1) de un genotipo de rizobio por un determinado hospedero, en función de la frecuencia con la que el genotipo es recuperado de cada hospedero. Fuente: elaboración propia con datos de Miranda-Sánchez *et al.* 2016.

fracción de la diversidad total de rizobios se encontró asociada de manera dominante a las plantas hospederas en una forma género-específica.

Se detectaron genotipos especialistas y generalistas (con alta o escasa preferencia por un hospedero, respectivamente) para la nodulación con los hospederos en las dos especies dominantes (cuadro 2). *R. etli* se encontró

como generalista y dominante del ecosistema, pero noduló preferencialmente a las especies de *Acacia* sobre *P. vulgaris*. Una nueva especie del género *Rhizobium* (Rsp1) dominó la ocupación de los nódulos de frijol y la mayoría de sus genotipos fueron especialistas. Este resultado es interesante ya que *R. etli* se consideraba como el simbionte primario del frijol.

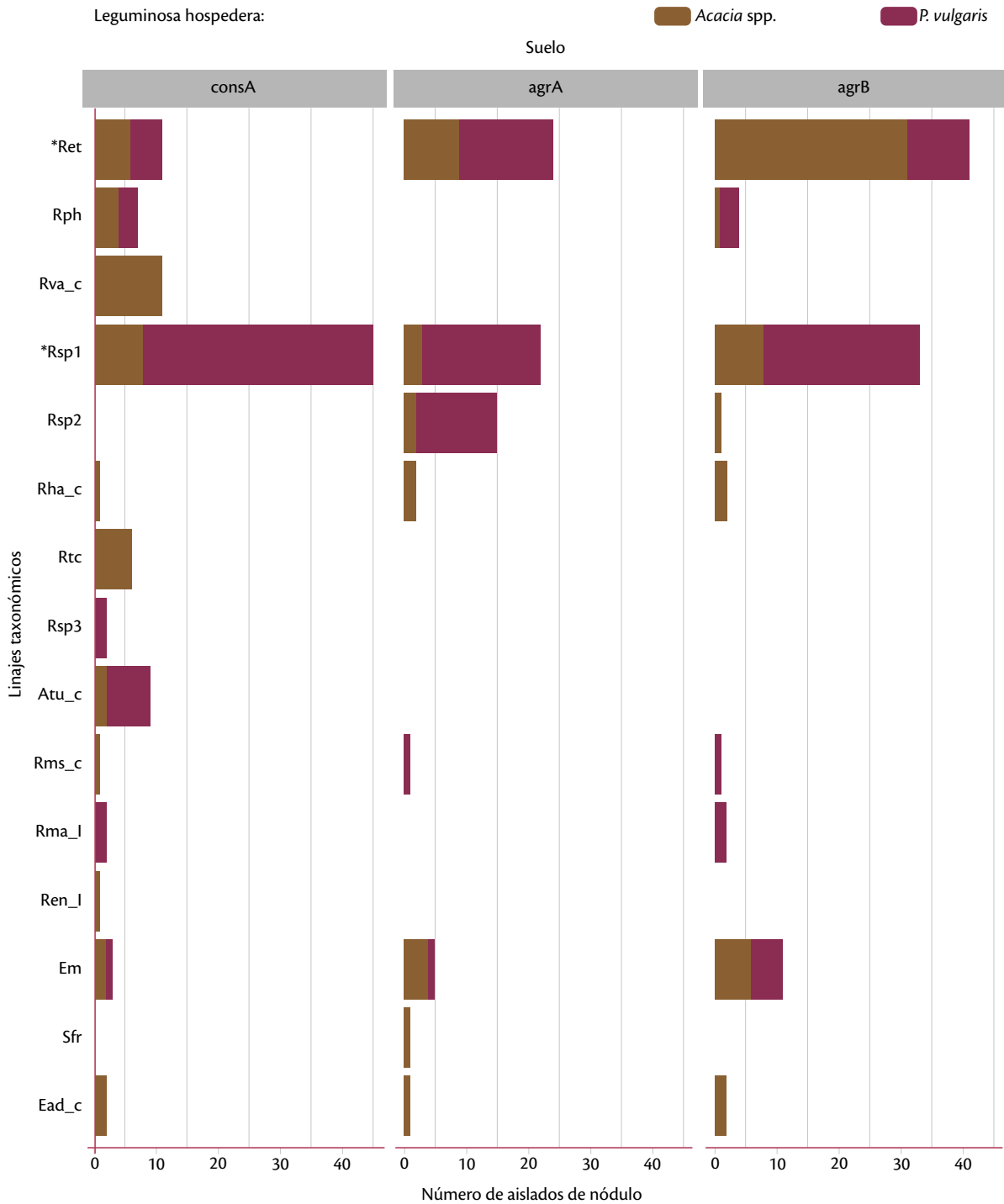


Figura 2. Abundancias por suelo y hospedero. \*Linajes predominantes. Fuente: elaboración propia con datos de Miranda-Sánchez *et al.* 2016.

Un análisis filogenético del gen de nodulación *nodC* reveló que la simbiovar (o simbiovariedad) *mimosae*, descrita a partir de nódulos de *Mimosa affinis* de la REBIOSH,

es la más abundante en la población muestreada de *R. etli* (Wang *et al.* 1999, Bontemps *et al.* 2016, Miranda-Sánchez *et al.* 2016).

## Conclusiones

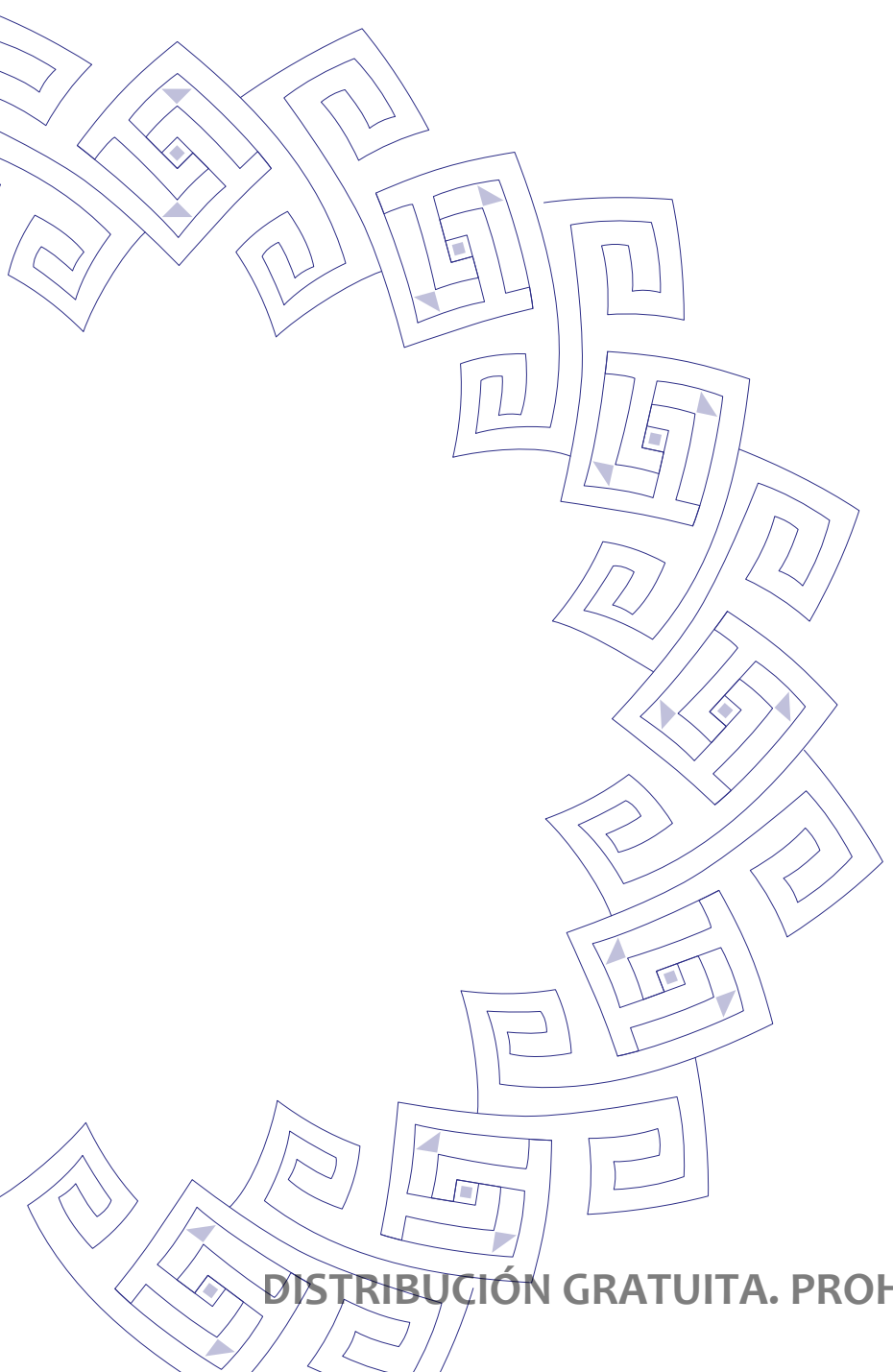
La diversidad genética de rizobios descubierta en este trabajo, así como los patrones diferenciales de preferencia, tanto por plantas hospederas, como por el tipo de suelos, muestran la necesidad que hay por describir nuevas entidades taxonómicas en el grupo de los rizobios.

Al mismo tiempo se deben reforzar las estrategias de conservación de la SBC, ya que constituye un ecosistema rico en plantas leguminosas. Éstas a través de los rizobios, brindan un servicio ecosistémico fundamental derivado de la fijación del nitrógeno atmosférico para enriquecer los suelos con este elemento, que frecuentemente es limitante para el crecimiento vegetal y la productividad de los ecosistemas.

## Referencias

- Aserse, A.A., L.A. Räsänen, F. Assefa *et al.* 2012. Phylogeny and genetic diversity of native rhizobia nodulating common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Ethiopia. *Systematic and Evolutionary Microbiology* 35:120-131.
- Bontemps, C., M.A. Rogel, A. Wiechmann *et al.* 2016. Endemic *Mimosa* species from Mexico prefer alphaproteobacterial rhizobial symbionts. *New Phytologist* 209(1):319-333.
- Broughton, W.J., G. Hernández, M. Blair *et al.* 2003. Beans (*Phaseolus* spp.) - model food legumes. *Plant and Soil* 252:55-128.
- Bruneau, A., J.J. Doyle, P. Herendeen *et al.* 2013. Legume phylogeny and classification in the 21st century: progress, prospects and lessons for other species-rich clades. *Taxon* 62:217-248.
- Cleveland, C.C., A.R. Townsend, D.S. Schimel *et al.* 1999. Global patterns of terrestrial biological nitrogen ( $N_2$ ) fixation in natural ecosystems. *Global Biogeochemical Cycles* 13:623-645.
- Crews, T.E. 1999. The presence of nitrogen fixing legumes in terrestrial communities: evolutionary vs ecological considerations. *Biogeochemistry* 46:233-246.
- Dorado, O., B. Maldonado, D.M. Arias *et al.* 2005. *Leguminosas de la Sierra de Huautla. Imágenes y descripciones*. Centro de Educación Ambiental e Investigación Sierra de Huautla-UAEM/CONABIO, Cuernavaca.
- Ji, K.X., F. Chi, M.F. Yang *et al.* 2010. Movement of rhizobia inside tobacco and lifestyle alternation from endophytes to free-living rhizobia on leaves. *Journal of Microbiology and Biotechnology* 20:238-244.
- Lewis, G.P., B. Schrire, B. MacKinder y M. Lock. 2005. *Legumes of the World*. Kew Royal Botanic Gardens, Reino Unido.
- Lloret, L., E. Ormeño-Orrillo, R. Rincón *et al.* 2007. *Ensifer mexicanus* sp. nov. a new species nodulating *Acacia angustissima* (Mill.) Kuntze in Mexico. *Systematic and Applied Microbiology* 30:280-290.
- López-Guerrero, M.G., E. Ormeño-Orrillo, E. Velázquez *et al.* 2012. *Rhizobium etli* taxonomy revised with novel genomic data and analyses. *Systematic and Applied Microbiology* 35:353-358.
- López-López, A., M.A. Rogel, E. Ormeño-Orrillo *et al.* 2010. *Phaseolus vulgaris* seed-borne endophytic community with novel bacterial species such as *Rhizobium endophyticum* sp. nov. *Systematic and Applied Microbiology* 33:322-327.
- López-López, A., M.A. Rogel-Hernández, I. Barois *et al.* 2012. *Rhizobium grahamii* sp. nov., from nodules of *Dalea leporina*, *Leucaena leucocephala* and *Clitoria ternatea*, and *Rhizobium mesoamericanum* sp. nov., from nodules of *Phaseolus vulgaris*, siratro, cowpea and *Mimosa pudica*. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 62:2264-2271.
- Martínez-Garza, C., M. Osorio-Beristain, D. Valenzuela-Galván y A. Nicolás-Medina. 2011. Intra and inter-annual variation in seed rain in a secondary dry tropical forest excluded from chronic disturbance. *Forest Ecology and Management* 262:2207-2218.
- Martínez-Romero, E., L. Segovia, F.M. Mercante *et al.* 1991. *Rhizobium tropici*, a novel species nodulating *Phaseolus vulgaris* L. beans and *Leucaena* sp. trees. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 41:417-426.
- Miranda-Sánchez, F., J. Rivera y P. Vinuesa. 2016. Diversity patterns of Rhizobiaceae communities inhabiting soils, root surfaces and nodules reveal a strong selection of rhizobial partners by legumes. *Environmental Microbiology* 18:2375-2391.
- Oldroyd, G.E. 2013. Speak, friend, and enter: signalling systems that promote beneficial symbiotic associations in plants. *Nature Reviews Microbiology* 11:252-263.
- Ribeiro, R.A., M.A. Rogel, A. López-López *et al.* 2012. Reclassification of *Rhizobium tropici* type A strains as *Rhizobium leucaenae* sp. nov. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 62:1179-1184.
- Segovia, L., J.P. Young y E. Martínez-Romero. 1993. Reclassification of American *Rhizobium leguminosarum* biovar phaseoli type I strains as *Rhizobium etli* sp. nov. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 43:374-377.
- Silva, C., P. Vinuesa, L.E. Eguiarte *et al.* 2003. *Rhizobium etli* and *Rhizobium gallicum* nodulate common bean (*Phaseolus vulgaris*) in a traditionally managed milpa plot in Mexico: population genetics and biogeographic implications. *Applied and Environmental Microbiology* 69:884-893.

- Souza, V., L.E. Eguiarte, G. Avila *et al.* 1994. Genetic structure of *Rhizobium etli* biovar *phaseoli* associated with wild and cultivated bean plants (*Phaseolus vulgaris* and *Phaseolus coccineus*) in Morelos, Mexico. *Applied and Environmental Microbiology* 60:1260-1268.
- Verástegui-Valdés, M.M., Y.J. Zhang, F.N. Rivera-Orduna *et al.* 2014. Microsymbionts of *Phaseolus vulgaris* in acid and alkaline soils of Mexico. *Systematic and Applied Microbiology* 37:605-612.
- Vitousek, P.M., D.N.L. Menge, S.C. Reed y C.C. Cleveland. 2013. Biological nitrogen fixation: rates, patterns and ecological controls in terrestrial ecosystems. *Philosophical Transactions of The Royal Society B Biological Sciences* 368(1621):20130119.
- Wang, E.T., M.A. Rogel, A. Garcia-de los Santos *et al.* 1999. *Rhizobium etli* bv. *mimosae*, a novel biovar isolated from *Mimosa affinis*. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 49:1479-1491.



**DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA**



## Conservación de la diversidad genética

Raúl Ernesto Alcalá Martínez

### Introducción

La diversidad genética que mantienen las poblaciones (figura 1) es el resultado histórico de la interacción de procesos que producen o mantienen la variabilidad de las características genéticas (conjunto de genes), y de los procesos que la reducen.

Entre los procesos que incrementan la variabilidad se encuentran: 1) los cambios puntuales o de organización que ocurren en el material genético de manera espontánea en los individuos (**mutación**); 2) el intercambio de información entre copias homólogas de un mismo gen (**recombinación genética**); y 3) el intercambio genético entre individuos dentro o entre poblaciones (**flujo**



**Figura 1.** Variación fenotípica en el tamaño y la forma de la corola en una población de la planta carnívora violeta de barranca (*Pinguicula moranensis*). Se interpreta que esta marcada variación resulta en parte de diferencias genéticas inter-individuales. Fotos: Sara Gabriela Sánchez Villegas.

Alcalá, R.E. 2020. Conservación de la diversidad genética. En: *La biodiversidad en Morelos. Estudio de Estado 2*. Vol. II. CONABIO, México, pp. 409-415.

**genético**). Entre los procesos que reducen la variabilidad genética están: 1) la fijación aleatoria de **alelos (deriva genética)** y 2) el apareamiento entre individuos más emparentados que lo esperado por el azar (**endogamia**; Hartl 2000).

Los efectos relativos de dichos procesos dependen de las características intrínsecas de las especies (p.e. sistema de apareamiento, capacidad de dispersión, amplitud de su rango geográfico o el tamaño poblacional), y determinan diferencias inter-específicas en la diversidad genética (Barrowclough *et al.* 1985, Nybom 2004). Por lo tanto, de manera natural, algunas especies mantienen poblaciones con alta o con baja diversidad genética.

## Significado de la diversidad genética

Se sabe que diversas actividades humanas como la deforestación, la fragmentación del hábitat, la extracción selectiva de individuos con valor comercial, o la contaminación ambiental ocurren en los ecosistemas en tasas muy elevadas, y que producen impactos demográficos y genéticos severos en muchas especies. Particularmente, esto se observa en aquellas que naturalmente tienen una distribución restringida, tamaños poblacionales limitados o baja diversidad genética (Frankham *et al.* 2010).

En lapsos muy cortos, los impactos generados por las actividades humanas afectan directa o indirectamente aspectos de la ecología de las especies que tienen consecuencias negativas en la sobrevivencia, el crecimiento o la reproducción de los individuos (Tambutti *et al.* 2002; figura 2). Por tal motivo, las especies sujetas a los efectos de actividades humanas tienden a reducir sus tamaños poblacionales y la conectividad (**flujo genético**) entre individuos de diferentes poblaciones (Frankham *et al.* 2010).

A su vez, el tamaño poblacional y la conectividad entre poblaciones guardan una relación positiva con la diversidad genética y con el grado de adaptación (Crow y Kimura 1970, Soulé 1976, Frankham 1996, Reed y Frankham 2003, Spielman *et al.* 2004). De tal forma, que poblaciones aisladas y de tamaño pequeño tienden a estar más expuestas a la deriva genética y a la endogamia, las cuales no sólo reducen la diversidad genética, sino que además disminuyen su capacidad de adaptación (figura 3). Además, la deriva genética puede incrementar la llamada **carga genética**, que es el incremento en la frecuencia de fijación de alelos con efectos negativos.

Por su parte, la endogamia incrementa la condición **homocigota**, es decir, la proporción de individuos que presentan dos alelos idénticos por descendencia. Con dicha condición se aumenta la probabilidad de que los individuos adquieran genes que, en dicha condición, suelen reducir diferentes componentes del desempeño de la progenie (**adecuación**).

Asimismo, la diversidad genética se asocia positivamente con el potencial de evolución **adaptativa** (Ayala 1965, Franklin y Frankham 1998). De esta forma, las especies que son afectadas negativamente por actividades humanas presentan poblaciones con menor diversidad genética, cuya capacidad para adaptarse a nuevas presiones bióticas (patógenos, herbívoros, competidores) o abióticas (cambios de temperatura, humedad, entre otras) es limitada, por lo cual tienen una mayor probabilidad de extinción.

Los objetivos asociados con la conservación se enfocan en devolver a las poblaciones afectadas las condiciones necesarias para recuperar su diversidad genética, y así mantener su potencial de adaptación a las condiciones futuras (Carroll y Fox 2008). Las estrategias de conservación requieren de un enfoque



**Figura 2.** El ratón de meseta (*Peromyscus melanophrys*) se utiliza como bioindicador de riesgos a la salud humana. En los jales mineros dentro de la Reserva de la Biosfera Sierra de Huatla (REBIOSH), las poblaciones expuestas a contaminación por metales pesados sufren una disminución de su diversidad genética. Foto: Francisco X. González Cózatl/Banco de imágenes CONABIO.



**Figura 3.** Diferencias en diversidad genética en el tejón (*Nasua narica*). Las poblaciones ubicadas en la REBIOSH tienen una reducida variación de genes mitocondriales por su aislamiento de poblaciones ubicadas más al norte. Foto: Javier Hinojosa/Banco de imágenes CONABIO.

multidisciplinario. Sin embargo, desde el punto de vista biológico, surgen a partir de la estimación de parámetros como la diversidad genética, la endogamia, el grado de diferenciación genética entre poblaciones y en algunas ocasiones, de mediciones que reflejen el desempeño de la progenie (Frankham *et al.* 2010).

Dichos parámetros genéticos se comparan entre poblaciones afectadas (p.e. poblaciones fragmentadas, bajo extracción selectiva), y las que están en condiciones de garantizar mayor tamaño y conectividad (sitios conservados). Todo ello, con la finalidad de identificar la magnitud del efecto de las actividades humanas sobre la diversidad genética de las poblaciones (Carroll y Fox 2008).

Una vez que se obtiene el diagnóstico del patrón en el que se presenta la variación genética, se plantean objetivos generalmente encaminados hacia un manejo que promueva el incremento del tamaño y/o de la conectividad de las poblaciones (Frankham *et al.* 2010). En casos particulares, el objetivo se centra en diseñar esquemas de apareamiento para reducir la endogamia e incrementar la probabilidad de sobrevivencia de la progenie (Allendorf y Luikart 2007).

## Diversidad genética en el estado

Los estudios sobre diversidad genética realizados en Morelos se concentran en especies de plantas de importancia económica. El número de estudios relacionados con la conservación de plantas, animales u otros grupos es menor, y la mayoría presentan un enfoque geográfico amplio en el que no se observa un interés evidente por las poblaciones ubicadas en la entidad.

En contraste, algunos de los estudios explícitamente concentrados en el estado (cuadro 1), incluyen poblaciones localizadas en la Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla (REBIOSH).

En estos estudios se caracterizó la variación genética intrapoblacional mediante el porcentaje de **loci** que del total, retienen al menos dos alelos diferentes (polimorfismo). Aquellos loci que muestran un solo alelo se consideran invariables (monomórficos). Asimismo, incluyen información sobre la proporción de individuos **heterocigotos** con respecto al total de individuos (heterocigosis).

**Cuadro 1.** Parámetros genéticos estimados en poblaciones de animales y plantas estudiadas en la REBIOSH.

Especie	Marcador	Sitios	Loci	P	He	F <sub>st</sub>	Contexto	Referencias
Momoto de corona café ( <i>Momotus mexicanus</i> )	RAPD	3	83			0.129	Dispersión	Reyes <i>et al.</i> 2009
Ratón pigmeo sureño ( <i>Baiomys musculus</i> )	ISSR	4	105	72.38 - 84.76	0.250 - 0.31	0.112	Perturbación del hábitat	Vargas <i>et al.</i> 2012
Ratón de meseta ( <i>Peromyscus melanophrys</i> )	SNP	6	8 035		0.220 - 0.23	0.017	Perturbación del hábitat	Vega <i>et al.</i> 2017
Mariposa mexicana ( <i>Baronia brevicornis</i> )	ISSR	8	66	62.0 - 85.0	0.180 - 0.25		Rango geográfico restringido	Machkour-M'Rabet <i>et al.</i> 2014
<i>Brongniartia vazquezii</i>	Aloenzimas	4	6	50.0 - 83.33	0.170 - 0.22	0.101	Fragmentación	González-Astorga y Núñez-Farfán 2001
Vela ( <i>Tillandsia achyrostachys</i> )	Aloenzimas	6	16	50.0 - 62.5	0.190 - 0.24	0.390	Fragmentación	González-Astorga <i>et al.</i> 2004
Bonete ( <i>Jacaratia mexicana</i> )	RAPD	4	54	66.67 - 83.33	0.300 - 0.44	0.160	No definido	Arias <i>et al.</i> 2012

P: porcentaje de polimorfismo; He: heterocigosis esperada; F<sub>st</sub>: índice de fijación de Fisher y análogos.

Las diferencias genéticas entre poblaciones se evalúan mediante coeficientes que estiman las diferencias en **frecuencias alélicas** entre las poblaciones. Frecuencias alélicas similares resultan en valores bajos (cerca de cero) e indican un bajo grado de diferenciación genética. Diferencias marcadas en frecuencias alélicas resultan en valores altos (cerca de uno) y sugieren una alta diferenciación genética. Existen varios de estos coeficientes, uno de los más usados es el desarrollado por Sewall Wright, denominado coeficiente de fijación F<sub>st</sub>.

Reyes *et al.* (2009), realizaron estudios con poblaciones de momoto de corona café (*Momotus mexicanus*) en la REBIOSH, la cual es un ave residente de las zonas secas de México (figura 4), abundante a lo largo de la vertiente del Pacífico, aunque mantiene poblaciones en Centroamérica. Esta especie tiende a anidar en los mismos sitios a lo largo de las temporadas de apareamiento (fidelidad al sitio de nacimiento).

Dicho estudio se realizó con marcadores moleculares RAPD (fragmentos de ADN polimórficos amplificados al azar, por sus siglas en inglés), donde la hipótesis fue que la fidelidad al sitio de nacimiento de *M. mexicanus* podría explicar parcialmente el grado de diferenciación genética (F<sub>st</sub> = 0.129) que hay a una escala local.

Otras especies estudiadas específicamente en Morelos son el ratón pigmeo sureño (*Baiomys musculus*) y el ratón de meseta (*Peromyscus melanophrys*), ambos de la familia Cricetidae. El primero se distribuye ampliamente en México hasta Nicaragua, mientras que el segundo presenta una distribución restringida a México (Ceballos y Arroyo-Cabrales 2012).

Estudios realizados de manera independiente, mostraron una baja diferenciación genética (F<sub>st</sub> < 0.11) y niveles similares de diversidad genética (heterocigosis entre 0.22 y 0.31) en poblaciones ubicadas en sitios conservados (cobertura arbórea > 80%) y en sitios perturbados (cobertura arbórea < 40%) en la selva estacional del sur de Morelos (Vargas *et al.* 2012). Estos autores utilizaron marcadores ISSR (inter secuencias simples repetidas, por sus siglas en inglés) para estudiar los efectos de la perturbación del hábitat sobre la diversidad genética de *B. musculus*.

Recientemente, Vega y colaboradores (2017) estudiaron en los mismos sitios y con el mismo enfoque los efectos de la perturbación del hábitat sobre la estructura genética de *P. melanophrys* mediante marcadores SNP (polimorfismo de nucleótido simple, por sus siglas en inglés). Al parecer, en contra de lo esperado por la teoría y la evidencia empírica sobre el efecto de las actividades humanas sobre la diversidad genética, ambas especies parecen tener atributos conductuales que los tornan poco sensibles al efecto de la perturbación del hábitat de origen antrópico.

Las tres especies hasta aquí mencionadas se encuentran declaradas en la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, como de baja preocupación. Esta asignación probablemente se deba entre otras causas, a su amplia distribución (UICN 2017).

Otro estudio fue el de Machkour-M'Rabet *et al.* (2014) sobre la mariposa mexicana (*Baronia brevicornis*; familia Papilionidae), la cual es una especie con distribución actual reducida (relict), y se encuentra exclusivamente



**Figura 4.** Momoto de corona café (*Momotus mexicanus*). A pesar de su capacidad de vuelo, poblaciones cercanas de esta especie muestran una moderada diferenciación genética probablemente asociada a su conducta filopátrida (fidelidad al sitio de nacimiento). Foto: Sergio Eduardo Moya/Banco de imágenes CONABIO.

en algunas regiones del sur y centro sur de México (figura 5). Esta mariposa mantiene una relación especialista con su planta hospedera, la cubata (*Acacia cochliacantha*).

En general, las poblaciones de *B. brevicornis* en la entidad presentan mayor heterocigosis (0.20-0.25) asociada a las elevadas densidades poblacionales que mantiene esta especie a nivel local, respecto a la población ubicada en Chiapas (heterocigosis = 0.18).

Entre las especies de plantas que se reportan está *Brongniartia vazquezii* (familia Fabaceae), un arbusto con distribución restringida a la cuenca del río Balsas (figura 6a). En el estudio de González-Astorga y Núñez-Farfán (2001), realizado con **aloenzimas**, se reporta que la fragmentación del hábitat no produjo efectos negativos en la diversidad genética de las poblaciones. Las poblaciones

mantienen niveles de heterocigosis moderados (0.17-0.22) que sugieren un alto flujo genético entre ellas.

Por otra parte, González-Astorga y colaboradores (2004) efectuaron un estudio sobre la vela o bromelia (*Tillandsia achyrostachys*; familia Bromeliaceae), que es una planta epífita endémica que en Morelos (figura 6b) y se presenta muy frecuentemente sobre ejemplares de copal (*Bursera copallifera*).

De acuerdo con este estudio, es probable que la presencia de crecimiento clonal sea un mecanismo que explique los valores moderados de heterocigosis (0.19-0.24) presentes en poblaciones fragmentadas, para las que se especula una pérdida de diversidad genética por estar potencialmente expuestas a la deriva genética y endogamia (González-Astorga *et al.* 2004).

Finalmente Arias *et al.* (2012), realizaron un estudio sobre el bonete (*Jacaratia mexicana*; familia Caricaceae) que es un árbol nativo de las selvas secas presente en México (figura 6c) y en América Central. Encontraron que las poblaciones evaluadas mantienen altos niveles de variación genética (heterocigosis entre 0.3 y 0.44), probablemente asociados a los tamaños poblacionales grandes y a la cercanía geográfica entre ellas, lo que favorece el flujo genético.

## Conclusiones y recomendaciones

Los principios de la genética de la conservación establecen como prioridad el otorgar a las poblaciones de las diferentes especies la oportunidad de continuar adaptándose a las presiones selectivas que enfrentan. Para lograr este objetivo es requisito que las poblaciones mantengan su diversidad genética. Sin embargo, se predice que las actividades antropogénicas exponen a las poblaciones a procesos que reducen la diversidad genética, por lo cual comprometen su potencial evolutivo.

En general, los estudios presentados (cuadro 1) muestran evidencia alentadora ya que, aún bajo condiciones de perturbación del hábitat como la fragmentación o la deforestación, las poblaciones de especies de plantas y animales parecen ser resilientes (capacidad de un sistema para retornar a las condiciones previas a la perturbación). En varios de estos casos, se establece como característica distintiva, el hecho de que las poblaciones mantienen conectividad, es decir flujo genético.

Se espera que los esfuerzos para mantener la conectividad del hábitat (p.e. por medio de corredores), genere las condiciones que favorezcan el flujo genético. Por lo



**Figura 5.** Mariposa mexicana (*Baronia brevicornis*). Es probable que la alta densidad poblacional que mantiene en Morelos favorezca mayor diversidad genética con relación a las poblaciones ubicadas en Chiapas. Foto: Arcelia Díaz Jaramillo/Banco de imágenes CONABIO.



**Figura 6.** Especies de plantas estudiadas en Morelos para determinar su diversidad genética: a) *Brongniartia* sp.; b) bromelia (*Tillandsia* sp.); y c) bonete (*Jacaratia mexicana*). A pesar de estar expuestas a perturbaciones de origen antrópico, las tres especies que varían en forma de vida, muestran niveles moderados y altos de diversidad genética. Fotos: Oswaldo Téllez Valdés/Banco de imágenes CONABIO (a), Isáí Domínguez Guerrero/Banco de imágenes CONABIO (b), Silvia H. Salas Morales/Banco de imágenes CONABIO (c).

tanto, la conectividad del hábitat como una política de conservación, que se aplica a nivel poblacional se extendería en sus impactos positivos a niveles superiores como las comunidades o ecosistemas.

Los estudios sobre diversidad genética realizados en áreas naturales protegidas de Morelos son escasos. La respuesta a las perturbaciones depende, entre otros factores, de las características intrínsecas de las especies que modulan su capacidad de movimiento. Por ello, es prioritario incorporar más especies a los estudios genéticos con el objetivo de diagnosticar el estado que guardan en parámetros clave como el polimorfismo genético o el grado de heterocigocidad. Particularmente, se requiere identificar las posibles amenazas y proponer estrategias que permitan la recuperación o el mantenimiento de la diversidad genética.

## Referencias

- Allendorf, F.W. y G. Luikart. 2007. *Conservation and the genetics of populations*. Blackwell Publishing, Malden.
- Arias, D.M., A.L. Albarrán-Lara, A. González-Rodríguez *et al.* 2012. Genetic diversity and structure of wild populations of the tropical dry forest tree *Jacaratia mexicana* (Brassicales: Caricaceae) at a local scale in Mexico. *Revista de Biología Tropical* 60:01-10.
- Ayala, F.J. 1965. Evolution of fitness in experimental populations of *Drosophila serrata*. *Science* 150:903-905.
- Barrowclough, G.F., N.K. Johnson y R.M. Zink. 1985. On the nature of genic variation in birds. En: *Current ornithology*. Vol II. R.F. Johnston (ed.). Plenum, Nueva York, pp. 135-154.
- Carroll, S.P. y C.W. Fox. 2008. *Conservation Biology. Evolution in action*. Oxford University Press, Nueva York.
- Ceballos, G. y J. Arroyo-Cabrales. 2012. Lista actualizada de los mamíferos de México. *Revista Mexicana de Mastozoología Nueva época* 2(2):27-80.
- Crow, J.F. y M. Kimura. 1970. *An introduction to population genetics theory*. Columbia University Press, Nueva York.
- Frankham, R. 1996. Relationship of genetic variation to population size in wildlife. *Conservation Biology* 10:1500-1508.
- Frankham, R., J.D. Ballou y D.A. Briscoe. 2010. *Introduction to conservation genetics*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Franklin, I.R. y R. Frankham. 1998. How large must populations be to retain evolutionary potential? *Animal Conservation* 1:69-70.
- González-Astorga, J., A. Cruz-Angón, A. Flores-Palacios y A.P. Vovides. 2004. Diversity and genetic structure of the Mexican endemic epiphyte *Tillandsia achyrostachys* E. Morr. ex Baker var. *achyrostachys* (Bromeliaceae). *Annals of Botany* 94:545-551.
- González-Astorga, J. y J. Núñez-Farfán. 2001. Effect of habitat fragmentation on the genetic structure of the narrow endemic *Brongniartia vazquezii*. *Evolutionary Ecology Research* 3:861-872.
- Hartl, D.L. 2000. *A primer of population genetics*. Sinauer Associates, Sunderland.
- Machkour-M'Rabet, S., R. Leberger, J.L. León-Cortés *et al.* 2014. Population structure and genetic diversity of the only extant Baroniinae swallowtail butterfly, *Baronia brevicornis*, revealed by issr markers. *Journal of Insect Conservation* 18:385-396.
- Nybom, H. 2004. Comparison of different nuclear DNA markers for estimating intraspecific genetic diversity in plants. *Molecular Ecology* 13(5):1143-1155.
- Reed, D.H. y R. Frankham. 2003. Correlation between fitness and genetic diversity. *Conservation Biology* 17:230-237.
- Reyes, D., R.E. Alcalá, D. Arias y M. Osorio-Beristain. 2009. Genetic structuring at a fine scale in the Russet-crowned Motmot (*Momotus mexicanus*) in a tropical dry forest in central Mexico. *Western North American Naturalist* 69:171-174.
- Soulé, M. 1976. Allozyme variation: its determinants in space and time. En: *Molecular evolution*. F.J. Ayala (ed.). Sinauer Associates, Sunderland, pp. 60-77.
- Spielman, D., B.W. Brook y R. Frankham. 2004. Most species are not driven to extinction before genetic factors impact them. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 101:15261-15264.
- Tambutti, M., A. Aldama, O. Sánchez, R. Medellín y J. Soberón. 2002. La determinación del riesgo de extinción de especies silvestres en México. *Gaceta Ecológica* 61:11-21.
- UICN. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. 2017. *Lista Roja de especies amenazadas*. Versión 2017.1. En: <<http://www.iucnredlist.org/>>, última consulta: 30 de abril de 2018.
- Vargas, V., D. Valenzuela-Galván y R.E. Alcalá. 2012. Is genetic structure of the southern pygmy mouse *Baiomys musculus* (Cricetidae) related to human-induced spatial landscape heterogeneity in a tropical dry forest? *Genetica* 140:287-295.
- Vega, R., E. Vázquez-Domínguez, T.A. White *et al.* 2017. Population genomics applications for conservation: the case of the tropical dry forest dweller *Peromyscus melanophrys*. *Conservation Genetics* 18:313-326.

# Variabilidad genética de la carpita morelense (*Notropis boucardi*) y del conejo zacatuche (*Romerolagus diazi*)

José Antonio Guerrero Enríquez

## Introducción

La **variabilidad genética** es la materia prima para la evolución, de ella dependen tanto la **adaptación** como la especiación. Los niveles altos de variabilidad brindan a las poblaciones la posibilidad de responder a enfermedades, parásitos, depredadores y cambios ambientales (Hedrick 2001). Por ello es fundamental, conocer la variabilidad genética de las especies para proponer estrategias adecuadas de conservación.

Particularmente, en especies endémicas o de distribución restringida, el conocimiento de sus parámetros genéticos ayuda a definir si se encuentran en un estado crítico, y por lo tanto se requieren acciones de conservación urgentes. Como ejemplo se tienen a la carpita morelense (*Notropis boucardi*) y el conejo zacatuche (*Romerolagus diazi*), ambos son especies emblemáticas de la biodiversidad de Morelos (Carrasco-Carballido *et al.* 2015).

La carpita es un pequeño pez de agua dulce que no sobrepasa los 120 mm, de cuerpo alargado y no comprimido, con la aleta caudal bifurcada (figura 1). Su coloración durante la mayor parte del año es plateada en el dorso y blanco en el vientre, con una franja oscura que recorre ambos costados del cuerpo. Es endémica de Morelos, debido a que su distribución se restringe a un pequeño sistema de corrientes de agua dulce localizadas al oeste de Cuernavaca, capital del estado y a un manantial endorreico dentro del área natural protegida (ANP) Parque Estatal El Texcal (Contreras-MacBeath y Rivas 2007). Está catalogada como amenazada en la NOM-059 (SEMARNAT 2010).

El zacatuche es un conejo pequeño, de pelaje corto y coloración ocre, con orejas cortas y redondeadas, y la cola poco visible (figura 2). Es una especie endémica del

país con una distribución que se restringe a las montañas centrales del Eje Neovolcánico Transversal. En Morelos se distribuye en un área de 166 km<sup>2</sup> dentro la zona norte del complejo del ANP Corredor Biológico Chichinautzin, en altitudes por arriba de 2 800 msnm (Rizo-Aguilar *et al.* 2016).

Debido a la pérdida de su hábitat, el zacatuche se encuentra enlistado en la NOM-059 (SEMARNAT 2010) como especie en peligro de extinción, y en 2014 fue reconocido como una especie prioritaria para la conservación en México, con el fin de promover el desarrollo de proyectos para su conservación y recuperación (SEMARNAT 2014).

## Variabilidad genética de las especies

La información sobre la variabilidad genética de *N. boucardi* se limita a dos trabajos. El primero lo realizaron Schönhuth y Doadrio (2003), en el cual estudiaron las relaciones filogenéticas de las especies del género *Notropis*, mediante la generación de secuencias de ADN del **gen mitocondrial citocromo b (Cyt b)** para tres individuos de la especie. Por otra parte, Rosas-Flores (2013) realizó un trabajo sobre la **filogeografía** (el análisis de la distribución geográfica de las especies con respecto a su historia evolutiva y variabilidad genética) y la diversidad genética de las poblaciones de *N. boucardi* y *N. moralesi* (carpita Tepelneme) en Morelos basada en secuencias parciales del mismo gen.

En conjunto, ambos trabajos cuentan con secuencias de ADN para 29 ejemplares de cuatro localidades de Morelos donde se distribuye la especie. A partir de esta información se estimaron algunos parámetros que describen la variabilidad genética, como el número de variantes de ADN (**haplotipos**), la diversidad de los haplotipos (*h*) y la diversidad de nucleótidos ( $\pi$ ).

Guerrero, J.A. 2020. Variabilidad genética de la carpita morelense (*Notropis boucardi*) y del conejo zacatuche (*Romerolagus diazi*). En: *La biodiversidad en Morelos. Estudio de Estado 2. Vol. II*. CONABIO, México, pp. 416-419.





Figura 1. Carpita morelense (*Notropis boucardi*). Foto: Topiltzin Contreras-MacBeath.



Figura 2. Conejo zacatuche (*Romerolagus diazi*) fotografiado con una cámara trampa en su hábitat. Foto: Enrique Arroyo y José Antonio Guerrero.

Para los 29 ejemplares estudiados se identificaron nueve haplotipos (cuadro 1). Los valores de  $h$  y  $\pi$  varían notablemente: en dos de las poblaciones estudiadas (Bedoya y Cuentepec) se encontraron valores de cero para ambos parámetros, lo que indica que no hay variabilidad genética, mientras que en El Texcal se encontró la mayor variabilidad genética ( $h = 0.7143$  y  $\pi = 0.0042$ ).

Los valores de variabilidad genética hallados en los ejemplares de *N. boucardi* son muy bajos comparados con otras especies de peces dulceacuícolas endémicas de México. Como ejemplo se tienen al picote del Lerma (*Zoogoneticus quitzeoensis*) que tiene valores de  $h = 0.98$  y  $\pi = 0.017$  (Domínguez-Domínguez *et al.* 2008) y el mex-clapique del Balsas (*Ilyodon whitei*), que tiene valores de  $h = 0.99$  y  $\pi = 0.015$  (Beltrán 2009).

Para *R. diazi* también hay poca información sobre su variabilidad genética. Cervantes y colaboradores (2002) estudiaron la variabilidad genética de poblaciones de cinco lagomorfos mexicanos (orden Lagomorpha: conejos, liebres y afines), entre ellos *R. diazi*. Encontraron que el zacatuche presenta niveles de variabilidad genética mayores en comparación con la liebre cola negra (*Lepus californicus*) y el conejo montés (*Sylvilagus floridanus*), ambos ampliamente distribuidos.

Salomón *et al.* (2005) compararon la variabilidad genética entre individuos de una población silvestre y una en cautiverio utilizando fragmentos de ADN (ácido desoxirribonucleico) amplificados al azar (RAPD, por sus siglas en inglés) como marcador molecular. Encontraron un total de 31 loci y sus análisis mostraron que la población silvestre presentó mayor variabilidad genética que la de cautiverio.

Ramírez-Silva (2009) analizó 27 secuencias de ADN de 25 individuos de nueve localidades de las sierras Ajusco (17 individuos), Chichinautzin (7), Nevada (1) y de la población en cautiverio del zoológico de Chapultepec (1). Se identificaron 12 haplotipos, una proporción de sitios variables de 0.081, así como valores de  $\pi$  de 0.0109 y 0.0122 para las sierras del Ajusco y Chichinautzin, respectivamente. Además, 74% de la variabilidad genética se presentó en la comparación entre ambas sierras, mientras que sólo 3% se presentó dentro de las localidades estudiadas.

En 2015 se analizó la variabilidad genética, la estructura y la historia filogeográfica del zacatuche a partir del análisis de secuencias de ADN obtenidas de muestras de 152 individuos a lo largo de la Sierra del Chichinautzin y la Sierra Nevada (Osuna-López 2015). Los resultados revelaron que las poblaciones del zacatuche están estructuradas en cinco grupos genéticos, en uno de los cuales se encuentran las muestras de Morelos.

Los índices de diversidad genética  $h$  y  $\pi$  calculados para las poblaciones de la entidad localizadas en la Sierra del Chichinautzin (cuadro 1) muestran que la población de Páramo es la de menor variabilidad genética ( $h = 0.4593$  y  $\pi = 0.0023$ ), mientras que la de Coajomulco es la que muestra los valores más altos ( $h = 0.8971$  y  $\pi = 0.0049$ ).

Los valores de diversidad genética obtenidos para el conejo zacatuche son similares a los que se han reportado para otras especies de lagomorfos con rangos más amplios de distribución y que no se encuentran en peligro de extinción como: *Lepus europaeus* (Fickel *et al.* 2005), *Lepus saxatalis* (Kryger *et al.* 2004) y *Ochotona collaris* (Lanier y Olson 2013).

**Cuadro 1.** Parámetros de variabilidad genética estimados para las muestras colectadas en Morelos de *Notropis boucardi* y de *Romerolagus diazi*.

Localidad	Número de secuencias (N)	Haplotipos	Diversidad de haplotipos (h)	Diversidad de nucleótidos ( $\pi$ )
<i>Notropis boucardi</i>				
El Texcal	7	4	0.7143	0.0042
Bedoya	4	1	0.0000	0.0000
Cuentepec	8	1	0.0000	0.0000
Primavera	10	3	0.3778	0.0033
<i>Romerolagus diazi</i>				
Volcán Pelado	39	11	0.8412	0.0048
Coajomulco	11	6	0.8971	0.0049
Páramo	15	5	0.4593	0.0023
Tlálloc	14	7	0.7568	0.0100

Fuente: elaboración propia con datos de Rosas-Flores 2013, Osuna-López 2015.

## Conclusiones y recomendaciones

A pesar de que la información sobre la variabilidad genética de estas especies endémicas es preliminar debido al número de muestras analizadas, es notable el contraste en los valores reportados en los diferentes parámetros que miden la variabilidad genética.

En el caso del zacatuche (*R. diazi*), los altos niveles de variabilidad genética permiten sugerir que, desde el punto de vista genético, la especie es saludable, pero se sugiere continuar con el monitoreo genético de la especie.

Para el caso de la carpita morelense (*N. boucardi*) la situación es crítica, debido a que en dos de las cuatro poblaciones estudiadas se tiene nula variabilidad genética, lo cual aumenta el riesgo de extinción local de la especie por algún evento imprevisible, ya sea genético, demográfico o ambiental, que podría acelerar su declive poblacional. En este sentido, se sugiere implementar urgentemente un programa de restauración genética, mediante la translocación de individuos en las distintas poblaciones.

## Referencias

- Beltrán, R. 2009. *Filogeografía y estructura genética del pez Ilyodon whitei (Goodeidae)*. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias Biológicas-UAEM, Cuernavaca.
- Carrasco-Carballido, V., A. Alemán-Octaviano, L.M. Ayestarán-Hernández et al. 2015. *Especies emblemáticas del estado de Morelos*. Proyecto No. KF004. Informe técnico final presentado a SNIB-CONABIO. Centro de Investigación en Biodiversidad y Conservación-UAEM, Cuernavaca.
- Cervantes, F.A., C. Lorenzo y T.L. Yates. 2002. Genetic variation in population of mexican lagomorphs. *Journal of Mammalogy* 83:1077-1086.
- Contreras-MacBeath, T. y J.M. Rivas. 2007. Threatened fishes of the world: *Notropis boucardi* (Günther 1868) (Cyprinidae). *Environmental Biology of Fishes* 78:287-288.
- Domínguez-Domínguez, O., F. Alda, G. Pérez-Ponce de León et al. 2008. Evolutionary history of the endangered fish *Zoogoneticus quitzeoensis* (Bean, 1898) (Cyprinodontiformes: Goodeidae) using a sequential approach to phylogeography based on mitochondrial and nuclear DNA data. *BMC Evolutionary Biology* 8:161-179.
- Fickel, J., A. Schmidt, M. Putze et al. 2005. Genetic structure of populations of European brown hare: implications for management. *Journal of Wildlife Management* 69:760-770.
- Hedrick, P.W. 2001. Conservation genetics: where are we now? *Trends in Ecology and Evolution* 16:629-636.
- Kryger, U., T.J. Robinson y O. Bloomer. 2004. Population structure and history of southern African scrub hares, *Lepus saxatalis*. *Journal of Zoology* 263:121-133.
- Lanier, H.C. y L.E. Olson. 2013. Deep barriers, shallow divergences: reduced phylogenetical structure in the collared pika (Mammalia: Lagomorpha: *Ochotona collaris*). *Journal of Biogeography* 40:466-478.
- Osuna-López, F.J. 2015. *Diversidad, estructura genética y filogeografía del conejo de los volcanes Romerolagus diazi*. Tesis de maestría. INECOL, Xalapa.
- Ramírez-Silva, J.P. 2009. *Diversidad genética entre las poblaciones del conejo zacatuche (Romerolagus diazi)*. Tesis de doctorado. Instituto de Biología-UNAM, México.
- Rizo-Aguilar, A., C. Delfin-Alfonso, A. González-Romero et al. 2016. Distribution and density of the zacatuche rabbit (*Romerolagus diazi*) at the Protected Natural Area Corredor Biológico Chichinautzin. *Therya* 7:333-342.
- Rosas-Flores, J. 2013. *Filogeografía y variación genética de las poblaciones de Notropis boucardi y Notropis moralesi del estado de Morelos*. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias Biológicas-UAEM, Cuernavaca.
- Salomón, V.M., J.L. Contreras, P.D. Matzumura et al. 2005. Estimación de la variación genética en el teporingo (*Romerolagus diazi*) en cautiverio. *Veterinaria México* 36:119-133.
- Schönhuth, S. y I. Doadrio. 2003. Phylogenetic relationships of Mexican minnows of the genus *Notropis* (Actinopterygii, Cyprinidae). *Biological Journal of the Linnean Society* 80:323-337.
- SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. *Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010*. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.
- . 2014. *Acuerdo por el que se da a conocer la lista de especies y poblaciones prioritarias para la conservación*. Publicado el 5 de marzo de 2014 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.

## Comparación de la diversidad genética en poblaciones del tejón (*Nasua narica*)

Sergio Fabián Nigenda Morales y David Valenzuela Galván

### Introducción

El tejón o coatí de nariz blanca (*Nasua narica*, figuras 1 y 2) pertenece a la familia de los prociónidos en la que también se encuentran los mapaches (Gompper 1995). En México, el tejón como especie no está bajo ninguna categoría de protección, debido a que se encuentra prácticamente en todo el país, aunque la subespecie de Cozumel se considera amenazada (SEMARNAT 2010). Sin embargo, hay muy poca información sobre el estado conservación y la diversidad de sus poblaciones (Valenzuela-Galván 2005).

Una manera de evaluar estos aspectos y así generar las estrategias adecuadas de conservación, es mediante la determinación de su diversidad genética, la cual es la materia prima sobre la cual actúa el proceso de selección natural para permitir el cambio evolutivo a través del tiempo. Si las poblaciones tienen una diversidad genética reducida disminuye su probabilidad de adaptación y conservación frente a cambios ambientales (Frankham *et al.* 2010, Primack 2010). Hasta hace poco tiempo no se tenía ninguna información sobre la diversidad genética de las poblaciones del tejón en el país.



Figura 1. Tejón en la selva lacandona. Foto: Sergio Nigenda-Morales.

Nigenda-Morales, S.F. y D. Valenzuela-Galván. 2020. Comparación de la diversidad genética en poblaciones del tejón (*Nasua narica*). En: *La biodiversidad en Morelos. Estudio de Estado 2. Vol. II.* CONABIO, México, pp. 420-423.

## Diversidad genética del tejón

Dos estudios recientes generaron conocimiento básico importante sobre esta especie en México, y en particular en Morelos. Éstos evaluaron la variación de **genes mitocondriales** (fragmentos del **ADN** –ácido desoxirribonucleico– que se localiza en las mitocondrias de las células y que son transmitidos por vía materna) y nucleares (fragmentos de ADN en el núcleo de las células, que son transmitidos por ambos padres).

El primer estudio se hizo para conocer la diversidad genética y cómo se separan las poblaciones de tejón en México (Silva-Caballero *et al.* 2017). En éste se consideraron individuos de cinco poblaciones del país que incluyeron 13 tejones de la población presente en el Parque Nacional El Tepozteco (PNT), ubicado al norte del estado, los cuales mostraron una diversidad genética relativamente alta.

Se identificaron cuatro variantes o versiones diferentes de la secuencia (**haplotipos**) del **gen mitocondrial citocromo b (Cyt b)** las cuales se encuentran únicamente en esa población. Además, la probabilidad de encontrar dos variantes distintas de este gen (diversidad de secuencias o genética; que representa la probabilidad de que dos haplotipos tomados al azar sean diferentes) en los 13 individuos es 82.1% (0.821), es decir, relativamente alta; mientras que la posibilidad de encontrar diferencias en los nucleótidos entre dos secuencias al azar (diversidad nucleotídica) de este gen en esa población es 0.5% (0.005, cuadro 1).

En este estudio, también se incluyó el análisis de 12 genes nucleares microsatelitales (son pequeñas

secuencias o fragmentos de ADN, repetidas n veces una a continuación de la otra o en tándem), en los que en promedio los tejones del PNT tienen 4.83 diferentes versiones para cada uno de estos genes (alelos), y 65.4% (0.654) de los tejones tienen dos versiones diferentes para cada gen, es decir, son **heterocigotos** (heterocigosidad observada, cuadro 1; Silva-Caballero *et al.* 2017).

En el segundo estudio, se determinó cómo se distribuye geográficamente la variación genética y cuál es su relación histórica con los procesos geológicos o climáticos (Nigenda-Morales 2016), se usaron ocho tejones de la Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla (REBIOSH), ubicada al sur de Morelos.

En contraste con el primer estudio, se analizaron tres **genes mitocondriales (Cyt b, NADH5, 16S)** y 11 microsatélites. En general, se observó una diversidad relativamente más baja en la población de la REBIOSH que en la del PNT (cuadro 1).

La población de la REBIOSH tiene dos variantes de secuencias de genes mitocondriales únicas para esta población, mientras que la diversidad de secuencia de genes mitocondriales en estos tejones es 25% (0.25), y la nucleotídica es 0.02% (0.0002). Ambas son considerablemente menores que las registradas en la población del PNT.

Los microsatélites tienen valores de diversidad similares a los de las poblaciones del Tepozteco, con un promedio 5.64 alelos por gen y 68.2% (0.682) de los tejones fueron heterocigotos (Nigenda-Morales 2016).

La diferencia en la diversidad genética entre las poblaciones de tejón de Morelos, sobre todo en los genes mitocondriales, puede deberse a dos factores

**Cuadro 1.** Valores de diversidad genética de genes nucleares y mitocondriales para diferentes poblaciones de tejones en México.

Población	N	Genes nucleares (microsatélites)		Genes mitocondriales				
		Heterocigosidad observada	No. alelos	Diversidad secuencias	Diversidad nucleotídica	Total de secuencias	Secuencias compartidas	Secuencias únicas
Nayarit	11	0.651	4.333	0.857	0.0050	4	1	3
Jalisco	10	0.675	6.250	0.806	0.0040	4	1	3
Morelos (PN El Tepozteco)	13	0.654	4.833	0.821	0.0050	4	0	4
Morelos (RB Sierra de Huautla)	8	0.682	5.636	0.250	0.0002	2	0	2
Tabasco	12	0.646	4.000	0.864	0.0060	6	2	4
Yucatán	14	0.693	5.750	0.901	0.0070	7	2	5

PN: Parque Nacional; RB: Reserva de la Biosfera; N: número de muestras utilizadas en el estudio. **Secuencias compartidas:** secuencias de genes mitocondriales compartidas con otras poblaciones; **Secuencias únicas:** secuencias de genes mitocondriales que no se comparten con otras poblaciones y se encuentran únicamente en esa población. Fuente: elaboración propia con datos de Nigenda-Morales 2016, Silva-Caballero *et al.* 2017.



Figura 2. Tejón (*Nasua narica*). Foto: Luis Uriel Razo Laguna/Banco de imágenes CONABIO

principalmente, el comportamiento social de la especie y la localización geográfica de las poblaciones. El tejón es una especie que forma grupos familiares, en los que los machos se dispersan al alcanzar la edad adulta, y las hembras permanecen en el grupo de por vida (Valenzuela-Galván y Ceballos 2000).

Los genes mitocondriales reflejan la herencia materna (proveniente de la madre); mientras que los nucleares microsatelitales manifiestan la transmisión biparental (proveniente del padre y de la madre; Frankham *et al.* 2010). En este sentido, los niveles de diversidad observados indican claramente que los machos, al dispersarse, aumentan la diversidad de los genes nucleares microsatelitales dentro de las poblaciones, mientras que la diversidad en los genes mitocondriales permanece baja, ya que las hembras casi no se dispersan y permanecen en el grupo.

En cuanto a la localización geográfica, la población del PNT está ubicada sobre el Eje Neovolcánico Transversal, que es una barrera geográfica que separa poblaciones de mamíferos del centro del país de poblaciones sureñas (Gutiérrez-García y Vázquez-Domínguez 2013). Esta ubicación favorece el intercambio genético

con poblaciones alrededor y al norte de esta cadena montañosa, lo cual puede explicar su mayor diversidad de genes mitocondriales.

Por su parte, la población de la REBIOSH, se encuentra aislada dentro de la cuenca del Balsas, separada de otras poblaciones del sur del país por la Sierra Madre del Sur, la Sierra Madre Occidental y el nudo mixteco, además de las poblaciones del centro del país por el Eje Neovolcánico Transversal, lo cual contribuye a explicar su reducida variación de genes mitocondriales (Nigenda-Morales 2016). En cuanto a los microsatélites, las similitudes en diversidad entre poblaciones pueden ser explicadas por la mayor dispersión de machos como se ha mencionado anteriormente.

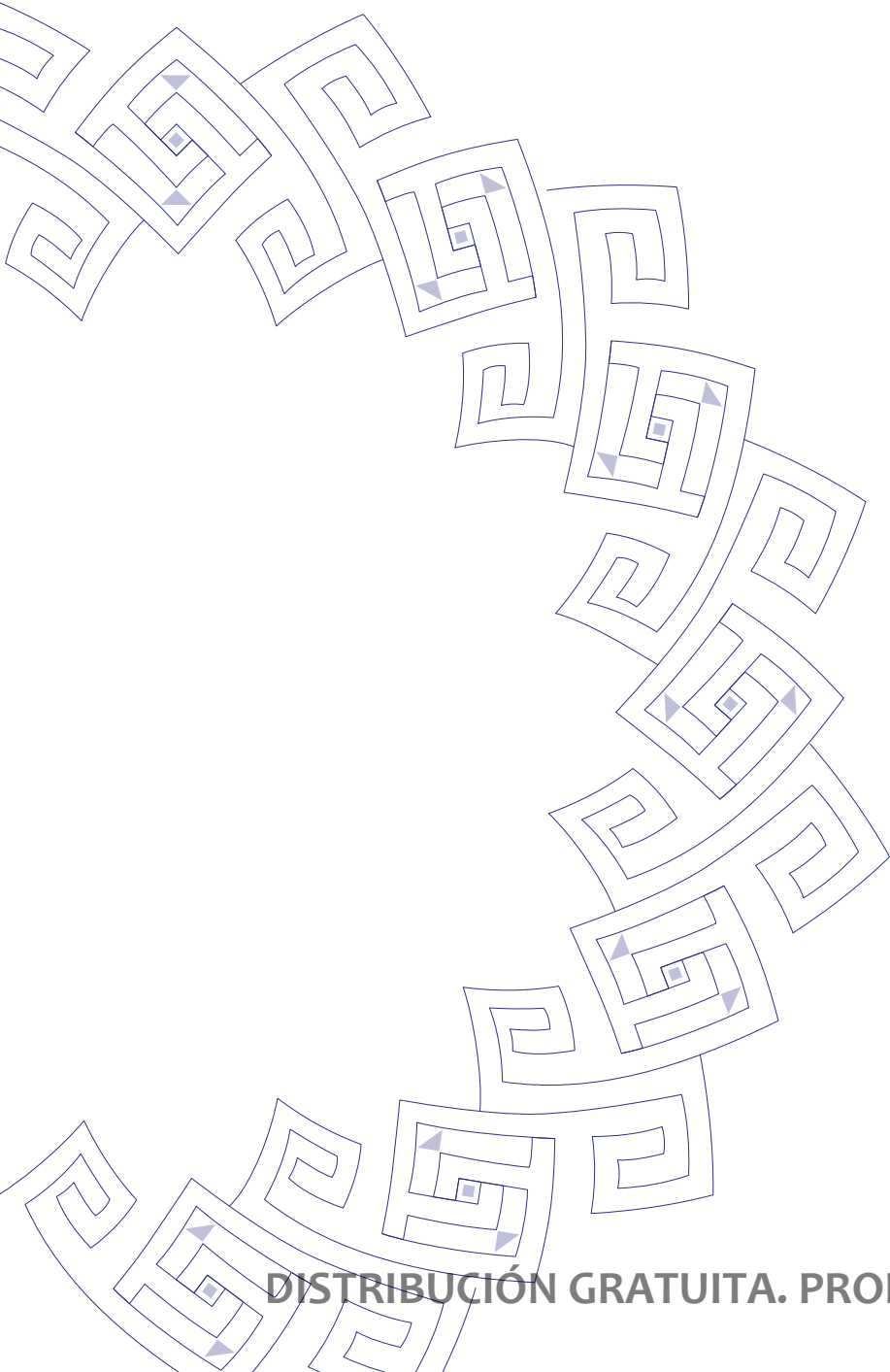
## Conclusiones y recomendaciones

Los resultados obtenidos para la diversidad genética de las poblaciones de tejón en Morelos indican que tienen una variación genética relativamente limitada pero única. Esto se traduce en una variación moderadamente reducida, pero muy importante ya que hasta el momento no se ha encontrado en otras poblaciones del país.

La pérdida de esta diversidad pondría en mayor riesgo no sólo la sobrevivencia de las poblaciones de tejón en el estado, sino también de otras poblaciones del país. Por lo tanto, es importante implementar estrategias que garanticen la conservación y sostenibilidad de ambas poblaciones, por ejemplo: establecer más áreas naturales protegidas; conservar o restaurar zonas que puedan funcionar como corredores biológicos naturales que permitan mantener el flujo genético entre poblaciones a mediano y largo plazo; y desarrollar planes de manejo y protección enfocados a estas y otras poblaciones de tejones en Morelos, para que tengan mayores posibilidades de sobrevivir a cambios ambientales, especialmente de cara al inminente cambio climático global, y así preservar el patrimonio natural del estado y del país en general.

## Referencias

- Frankham, R., J.D. Ballou y D.A. Briscoe. 2010. *Introduction to conservation genetics*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Gompper, M.E. 1995. *Nasua narica*. *Mammalian Species* 487:1-10.
- Gutiérrez-García, T.A. y E. Vázquez-Domínguez. 2013. Consensus between genes and stones in the biogeographic and evolutionary history of Central America. *Quaternary Research* 79:311-324.
- Nigenda-Morales, S.F. 2016. *Phenotypic and gene expression variation in the Virginia opossum (Didelphis virginiana) and phylogeography of the white-nosed coati (Nasua narica)*. Tesis de doctorado en biología. Universidad de California, Los Ángeles.
- Primack, R. 2010. *Essentials of conservation biology*. Sinauer Associates, Sunderland.
- SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. *Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010*. Publicada el 30 de diciembre en el Diario oficial de la Federación. Texto vigente.
- Silva-Caballero, A., G. León-Ávila, D. Valenzuela-Galván *et al.* 2017. Patterns of genetic diversity of the White-nosed coati reveals phylogeographically structured subpopulations in Mexico. *Natural Resources* 8:31-53.
- Valenzuela-Galván, D. 2005. Tejón, coatí. En: *Los mamíferos silvestres de México*. G. Ceballos y G. Oliva (eds.). CONABIO/FCE, México, pp. 411-413.
- Valenzuela-Galván, D. y G. Ceballos. 2000. Habitat selection, home range, and activity of the White-nosed coati (*Nasua narica*) in a Mexican tropical dry forest. *Journal of Mammalogy* 81:810-819.



**DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA**



# Aplicaciones del conocimiento sobre la diversidad genética

Efraín Tovar Sánchez y Elizabeth Nava García

## Introducción

El conocimiento sobre la **variación genética** es fundamental para distinguir especies, así como para la conservación de la **diversidad genética** y, en consecuencia, de la biodiversidad. Sin embargo, su estudio y entendimiento tiene otros beneficios al brindar la posibilidad de complementar estrategias de aprovechamiento de lo que ahora se reconocen como recursos genéticos, ya sea a nivel de poblaciones o de especies.

El uso de estos recursos provenientes de vegetales, animales o de microorganismos, se refiere al empleo actual o potencial en beneficio de la humanidad, e involucra procesos de investigación, explotación de las propiedades y productos que se pueden generar a partir de ellos (la mayoría de manera comercial; scDB 2011). En la actualidad, este aprovechamiento se desarrolla en las áreas de la salud pública, la producción agrícola, pecuaria, pesquera o forestal, la biotecnología y la biomedicina, entre otras (Bellon *et al.* 2009, scDB 2011).

En México existen diversos estudios que abordan la importancia del conocimiento de la diversidad genética, en términos de cantidad, calidad y distribución de la variación dentro y entre poblaciones, por ejemplo, en especies con valor comercial (Piñero *et al.* 2008). En parte, esto es posible gracias al rápido progreso de la biotecnología y la ingeniería genética durante las últimas décadas, que han permitido utilizar los recursos genéticos para el desarrollo de nuevos productos y prácticas que contribuyen al bienestar humano.

## Problemáticas y sus posibles soluciones

No obstante la amplia gama de estudios que pueden utilizar el análisis de la diversidad genética poblacional, tanto

en México como en Morelos son escasos los proyectos que abordan este tema con un enfoque o perspectiva de aplicación. Por ejemplo, en el área de la agronomía, se sabe que el manejo y selección artificial realizada por el ser humano en el proceso de domesticación de especies, favoreció ciertas características fenotípicas deseables, para aumentar su establecimiento, crecimiento y desarrollo (Casas y Parra 2007).

Sin embargo, al mismo tiempo se promueve la disminución gradual de adaptaciones a ambientes naturales y no naturales. Lo anterior ocasiona: 1) reducción en la tasa reproductiva y en la amplitud de la distribución geográfica natural de las especies (Gepts 2003); 2) cambios en la constitución genética de las poblaciones, y con ello, la posterior divergencia (diferenciación) de aquellas que son manejadas (o mejoradas) con respecto a las silvestres; y 3) disminución de la diversidad, incluso la erosión genética (Pickersgill 2007).

Una estrategia para revertir los efectos del manejo de especies domesticadas es a través de los recursos depositados en los bancos de germoplasma. Estos representan un importante reservorio de genes de especies silvestres, parientes de las utilizadas con fines agrícolas o forestales, que pueden ser utilizados para la recuperación y mantenimiento de la diversidad genética de poblaciones, así como la reducción de la erosión de la diversidad genética (Bellon *et al.* 2009). Asimismo, éstos pueden ayudar a facilitar opciones de adaptación a condiciones ambientales estresantes, ya que proporciona recursos para el desarrollo de nuevos genotipos.

Por otro lado, este progreso tecnológico en la genética en los últimos años ha sido rápido, continuo y contundente en diferentes ámbitos relacionados con la biología molecular, la proteómica y la genómica, y tiene aplicaciones importantes en la medicina clínica, la salud pública y la investigación aplicada.

Tovar-Sánchez, E. y E. Nava-García. 2020. Aplicaciones del conocimiento sobre la diversidad genética. En: *La biodiversidad en Morelos. Estudio de Estado 2*. Vol. II. CONABIO, México, pp. 425-429.

A su vez, la genética de poblaciones y el estudio comparativo de la variación entre individuos, constituye una visión matemática de la distribución, la variación, la dinámica de los alelos y genotipos dentro de las poblaciones y entre ellas (Hartl y Clark 1997). También, se tienen avances notables respecto a la secuenciación de genes y tecnologías de detección, así como en las formas de analizar e interpretar la variación genética generada por sucesos o eventos genéticos poblacionales, a una escala mucho más amplia que no se hubiese podido realizar con métodos antiguos (Octavio-Aguilar y Ramos-Frías 2014). Actualmente, estos adelantos se obtienen a partir de la genómica (encargada del mapeo, secuenciación y análisis de genomas), la cual también está en constante expansión y representa el uso de grandes bases de datos de muchos organismos. Con relación a esto, la genómica aplicada en el campo de la salud pública con el enfoque de la genética de poblaciones, ha permitido tener otra visión sobre la manera de entender los procesos patológicos y fisiológicos, así como la forma de poder diagnosticar, prevenir y controlar diferentes enfermedades crónicas, infecciosas y ambientales que afectan a la población.

Sin embargo, por ahora estos avances son sólo prometedores, tanto a nivel nacional como estatal, ya que falta capacitar y educar a personal en diferentes niveles (profesionales en salud pública, proveedores de cuidados de salud, tomadores de decisiones y público en general), con respecto al papel que desempeña la genómica en la salud (Burguete *et al.* 2009).

## Diversidad genética: un tema poco explorado en Morelos

En el estado son pocas las instituciones en las que, a partir de la información generada sobre diversidad genética, se abordan temas en aplicaciones diferentes a la descripción de especies o la conservación. El Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP, campo experimental Zacatepec) cuenta con uno de los bancos de germoplasma más importantes de arroz, además de ser el resguardo de otras especies vegetales de interés alimenticio y económico de la región.

Las características de los materiales genéticos permiten tener cultivos con resistencia a enfermedades y a plagas, con buena calidad de granos o frutos, así como propiedades nutricionales, todas las cuales pueden ser

seleccionadas por los mejoradores para hacer nuevas variedades.

En el programa de restauración ecológica del Centro de Investigación en Biodiversidad y Conservación (CIBYC) de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM), se realizan diferentes tipos de estrategias de resguardo del germoplasma de la diversidad de especies nativas de la Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla.

Los bancos de germoplasma, así como los ceparios, son valiosos porque a través de ellos se llevan a cabo actividades de colecta, conservación y caracterización de la diversidad genética de las especies, con fines de restauración de hábitats con disturbio (principalmente antropogénico) y protección de recursos genéticos nativos, así como la selección y mejoramiento de especies, entre otros (figura 1; Márquez-Sánchez 2008, Bellon *et al.* 2009).

Es así que se ponen a disposición del ser humano herramientas que pueden utilizarse para recuperar la salud genética de poblaciones afectadas por disturbios naturales o antropogénicos, y que han reducido su diversidad (Fuentes *et al.* 2009). De esta manera, también se puede contribuir a la generación de las tecnologías necesarias para la integración, manejo y explotación sustentable de estos recursos genéticos (INIFAP 2001).

En otra línea de aplicación, también agronómica, se encuentra el uso de bacterias benéficas fijadoras de nitrógeno (rizobios), las cuales están asociadas a plantas (principalmente leguminosas como el frijol), cuya utilidad práctica es la biofertilización, y que principalmente tienen un interés agrícola y forestal (Martínez-Scott *et al.* 2002, Rojas *et al.* 2016).

Por otra parte, está demostrado que la aplicación de fertilizantes comúnmente usados en suelos agrícolas, reduce drásticamente la diversidad genética de la población bacteriana (Martínez-Romero y Caballero-Mellado 1996, Caballero-Mellado y Martínez-Romero 1999, Miranda-Sánchez *et al.* 2016). Con base en esta información, en el Centro de Ciencias Genómicas de la Universidad Nacional Autónoma de México (CCG-UNAM), se realizaron investigaciones con el propósito de conocer la diversidad y distribución de la variabilidad genética de las especies de rizobios presentes en diferentes tipos de cultivos.

Otra área de estudio en la que se pone en práctica el conocimiento de la diversidad genética en el estado, es la salud pública, particularmente con respecto al problema



**Figura 1.** Condiciones de laboratorio de las muestras en bancos de germoplasma y ceparios del CIBYC: a) resguardo de germoplasma implementado por programas de restauración ecológica y b) preservación y mantenimiento de cepas de hongos. Fotos: Elizabeth Nava-García (a), Isaac Tello Salgado (b).

de contaminación por metales pesados en los suelos. En este sentido, se desarrollan estudios de ecotoxicología en los centros de investigación de la UAEM cuyo objetivo es detectar, a través de biomarcadores, aquellas señales tempranas de alerta generadas por presiones ambientales ocasionadas por contaminantes (Mussali-Galante *et al.* 2013a).

Los cambios ambientales producidos por la contaminación pueden propiciar una gama de respuestas que puede ocurrir en todos los niveles de organización biológica. Dichas respuestas pueden observarse en alteraciones a nivel molecular, celular, de tejidos, de órganos

(p.e. hígado, riñón) o de sistemas (p.e. circulatorio, reproductor), lo que a su vez puede comprometer la salud del individuo, y disminuir su éxito reproductivo, con la consecuente afectación en la abundancia de las poblaciones, y la modificación de la diversidad de las comunidades, hasta poner en riesgo la salud del ecosistema.

Mussali-Galante y colaboradores (2013b) documentaron que el estrés ambiental causado por la presencia de metales pesados, es uno de los factores principales que modifican los niveles y la distribución de la diversidad genética de las poblaciones del ratón de meseta (*Peromyscus melanophrys*) que habita en áreas

contaminadas por las actividades de minería en el estado (figura 2). En este estudio, los parámetros de diversidad genética se pueden considerar como biomarcadores de la salud poblacional de los ratones, los cuales a su vez puede relacionarse con el riesgo para la salud humana (véase *Diversidad genética de especies centinela como bio-indicador de la salud poblacional* en esta obra).

Otro ejemplo de aplicación en materia de salud pública en la entidad se relaciona con investigaciones de la transmisión de la enfermedad de Chagas, realizadas tanto en la UAEM, como en el Instituto Nacional de Salud Pública (INSP). A partir de los datos sobre la genética de poblaciones de vectores (organismos que transportan y transmiten un patógeno de un ser vivo a otro), Mayares (2014) realizó un estudio sobre la filogeografía de la chinche *Triatoma pallidipennis*, el principal vector de la enfermedad en Morelos. Con esta información se hicieron algunas inferencias sobre la historia y los posibles

patrones de movimiento de este insecto en diferentes localidades del estado. Los resultados obtenidos pueden ser interpretados en el contexto de las potenciales vías de transmisión del protozooario *Tripanosoma cruzi*, el causante de la enfermedad de Chagas (véase *Variación genética de la chinche (Triatoma pallidipennis): principal vector de la enfermedad de Chagas* en esta obra).

## Conclusiones y recomendaciones

El conocimiento de la diversidad genética es fundamental en áreas aplicadas como las relacionadas con la productividad alimentaria o forestal, la salud pública, entre otras, todas desde una perspectiva sustentable. Si bien en México se tienen grandes avances en el estudio de la diversidad genética durante las últimas dos décadas, éstos son insuficientes dada la basta diversidad biológica del país (Piñero *et al.* 2008).



Figura 2. Vista de un jal (residuo de la actividad minera) erosionado, en la REBIOSH. Foto: Efraín Tovar-Sánchez.

Morelos tiene un gran potencial para desarrollar investigación en la que se utilice información sobre diversidad genética para abordar estos temas; sin embargo, son pocos los grupos de investigadores trabajando actualmente con estos enfoques. En este sentido, es fundamental realizar foros en los que se reflexione sobre las oportunidades que se están perdiendo en materia de aprovechamiento de recursos naturales tomando en cuenta criterios genéticos. Los esfuerzos a realizar deberán considerar la formación de recursos humanos que constituyan la base de las próximas generaciones con esta visión hacia el futuro.

## Referencias

- Bellon, M.R., A.F. Barrientos-Priego, P. Colunga-García *et al.* 2009. Diversidad y conservación de recursos genéticos en plantas cultivadas. En: *Capital natural de México: estado de conservación y tendencias de cambio*, vol. II. A. Concheiro, S. Anta, J. Carabias *et al.* (comps.). CONABIO, México, pp. 355-382.
- Burguete, A., V.H. Bermúdez-Morales y V. Madrid-Marina. 2009. Medicina genómica aplicada a la salud pública. *Salud Pública de México* 51:5379-5385.
- Caballero-Mellado, J. y E. Martínez-Romero. 1999. Soil fertilization limits the genetic diversity. *Simbiosis* 26:111-121.
- Casas, A. y F. Parra. 2007. Agrobiodiversidad, parientes silvestres y cultura. *LEISA Revista de Agroecología* 23(2):5-8.
- Fuentes, F.F., P. Maughan y E. Jellen. 2009. Diversidad genética y recursos genéticos para el mejoramiento de la Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Revista Geográfica del Valparaíso* 42:20-33.
- Gepts, P. 2003. Crop domestication as a long-term selection experiment. En: *Plant breeding reviews: Long-term selection: crops, animals, and bacteria*, vol. xxiv. J. Janick (ed.). John Wiley and Sons, Oxford, pp. 1-44.
- Hartl, D. y A. Clark. 1997. *Principles of population genetics*. Sinauer Associates, Sunderland.
- INIFAP. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. 2001. *Informe de investigación 1999 del estado de Morelos. Publicación Especial No. 21*. Centro de Investigación Regional del Centro-INIFAP, México.
- Márquez-Sánchez, F. 2008. De las variedades criollas de maíz (*Zea mays* L.) a los híbridos transgénicos. I: recolección de germoplasma y variedades mejoradas. *Agricultura, sociedad y desarrollo* 5(2):151-166.
- Martínez-Romero, E. y J. Caballero-Mellado. 1996. *Rhizobium* phylogenies and bacterial genetic diversity. *Critical Reviews in Plant Sciences* 15:113-140.
- Martínez-Scott, M.M., V. Hernández-Hernández, A. Palomo-Gil y J. Vásquez-Arroyo. 2002. Diversidad genética de rhizobia asociada a cuatro leguminosas arbóreas del noreste de México. *Revista Chapingo serie zonas áridas* 3(1):9-18.
- Mayares, D.I. 2014. *Filogeografía de Triatoma pallidipennis (Hemiptera: Reduviidae) en el estado de Morelos*. Tesis de maestría en biología integrativa de la biodiversidad y conservación. UAEM, México.
- Miranda-Sánchez, F., J. Rivera y P. Vinuesa. 2016. Diversity patterns of Rhizobiaceae communities inhabiting soils, root surfaces and nodules reveal a strong selection of rhizobial partners by legumes. *Environmental Microbiology* 18:2375-2391.
- Mussali-Galante, P., E. Tovar-Sánchez, M. Valverde y E. Rojas. 2013a. Biomarkers of exposure for assessing environmental metal pollution: from molecules to ecosystems. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 29:117-140.
- Mussali-Galante, P., E. Tovar-Sánchez, M. Valverde *et al.* 2013b. Evidence of population genetic effects in *Peromyscus melanophrys* chronically exposed to mine tailings in Morelos, México. *Environmental Science and Pollution Research* 20:7666-7679.
- Octavio-Aguilar, P. y J. Ramos-Frías. 2014. Aplicación de la genética de poblaciones en el ámbito de la medicina. *Biomédica* 34:171-9.
- Pickersgill, B. 2007. Domestication of plants in the Americas: Insights from mendelian and molecular genetics. *Annals of Botany* 100:925-940.
- Piñero, D., A. Barahona, L. Eguiarte *et al.* 2008. La variabilidad genética de las especies: aspectos conceptuales y sus aplicaciones y perspectivas en México. En: *Capital natural de México: conocimiento actual de la biodiversidad*, vol. I. J. Soberón, G. Halffter y J. Llorente-Bousquets (comps.). CONABIO, México, pp. 415-435.
- Rojas, J.M., D.M. Romero, M.D.R.B. Cristales *et al.* 2016. Mecanismos de fitoestimulación por rizobacterias, aislamientos en América y potencial biotecnológico. *Biológicas* 17(2):24-34.
- SCDB. Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica. 2011. *Uso de los recursos genéticos*. Hojas informativas en la serie ABS. En: <<https://www.cbd.int/abs/infokit/revised/web/factsheet-uses-es.pdf>>, última consulta: 15 de noviembre de 2017.

# Diversidad genética de especies centinela como bioindicador de la salud poblacional

Patricia Mussali Galante y Efraín Tovar Sánchez

## Introducción

Durante la última década, el análisis de los efectos de los metales sobre la estructura y **diversidad genética** en poblaciones naturales se ha convertido en un tema prioritario en estudios de ecotoxicología (Bickham *et al.* 2000, Mussali-Galante *et al.* 2013). En términos generales, se tiene documentado el efecto significativo que la exposición a contaminantes ambientales tiene sobre los cambios en la estructura y diversidad genética de las poblaciones (Mussali-Galante *et al.* 2013).

En particular, se sabe que hay una reducción en la diversidad genética, la diferenciación poblacional, el éxito reproductivo, el potencial adaptativo y en el número de descendientes (Gardeström *et al.* 2008).

Asimismo, existen evidencias de que la estructura genética de las poblaciones expuestas crónicamente a contaminantes puede ser utilizada como un biomarcador de la salud ambiental. Por tal motivo, es recomendable utilizar especies centinela como bioindicadores que proporcionan información del tipo, cantidad, disponibilidad y los efectos de la exposición a través del tiempo (Basu *et al.* 2007, Tovar-Sánchez *et al.* 2012).

El uso de las especies centinela es muy importante en estudios de salud ambiental, debido a que además pueden ser utilizadas para evaluar la presencia o aumento en el ambiente de uno o varios agentes tóxicos (Mussali-Galante *et al.* 2014). Este tipo de estudios sienta las bases para la estimación de riesgos ambientales (Bickham *et al.* 2000). Así, se hace evidente la importancia del análisis de los efectos de contaminantes como los metales pesados y metaloides, sobre la estructura genética y los niveles de sobrevivencia y reproducción de las poblaciones que se desarrollan en ambientes contaminados.

## La minería en el estado y sus efectos en el ambiente

La dinámica de las cuencas hidrológicas se ha visto alterada por disturbios tanto naturales como antropogénicos que se producen de manera frecuente en el país. Uno de los disturbios más comunes en México, y que menos atención ha recibido, es el que se produce por la industria minera metálica. Dicha industria se considera como una actividad primaria; 32 entidades federativas del país registran yacimientos mineros, y a nivel mundial, México destaca en la producción de plata, plomo, molibdeno y zinc (Velasco *et al.* 2005).

Sin embargo, esta industria tiene consecuencias negativas debido al procesamiento de los recursos mineros y genera diversos sitios contaminados a lo largo de todo el país, los cuales generalmente presentan metales pesados (Salomons 1995).

Los metales pesados ocasionan daños a los organismos, debido a que no son biodegradables: tienden a bioacumularse en los tejidos por lo que las afectaciones van desde el nivel molecular o celular hasta niveles de organización superiores como los ecosistemas (Mussali-Galante *et al.* 2013). Los metales pesados se definen como elementos que tienen propiedades tóxicas, y generalmente presentan densidades superiores a 5 g/cm<sup>3</sup> (Duffus 2002).

Morelos cuenta con varios distritos mineros que han sido explotados por décadas. En las minas más comunes se extrae plata, plomo y zinc (Volke *et al.* 2005). Los distritos mineros más explotados en el estado por sus contenidos de minerales metálicos, son los que se ubican en el municipio de Tlaquiltenango, los cuales se utilizaron durante los siglos XVIII y XIX, y hasta 1950 se aprovecharon seis minas en esta región (Volke *et al.* 2005).

Mussali-Galante, P. y E. Tovar-Sánchez. 2020. Diversidad genética de especies centinela como bioindicador de la salud poblacional. En: *La biodiversidad en Morelos. Estudio de Estado 2. Vol. II.* CONABIO, México, pp. 430-434.

Las minas se localizan dentro de la Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla (figura 1), decretada como tal en 1999 (SEMARNAP 1999), la cual protege cerca de 59 030 ha de selva baja caducifolia (INEGI 2002), y aunque desde 1993 se encuentran cerradas aún existen tres presas de jales. Los jales, también llamados relaves, colas o *tailings*, son residuos de granulometría fina, con un tamaño de partícula  $\leq 50 \mu\text{m}$ , que pueden contener elementos potencialmente tóxicos, como los metales pesados.

Los residuos mineros se producen mediante un proceso de trituración y molienda de la roca que contiene los minerales de interés. Cuando se obtienen los minerales de valor, los residuos suelen depositarse en sitios cercanos a las minas, donde son susceptibles a ser transportados por acción de viento o a lixiviarse en suelos o cuerpos de agua como ríos y arroyos, donde contaminan el agua, y generan un riesgo latente tanto para la salud humana como para los organismos (Gutiérrez y Moreno 1995).

En un estudio realizado por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) en conjunto con el Instituto Nacional de Ecología (INE), se determinó que los jales de Huautla contenían elevadas concentraciones de plomo y arsénico, al grado que rebasaban los límites máximos permisibles tanto nacionales como internacionales (Volke *et al.* 2004, Velasco *et al.* 2005).

En general, en los jales de Huautla se tiene registro de metales pesados biodisponibles como: arsénico (As), cadmio (Cd), cobre (Cu), zinc (Zn), plomo (Pb), hierro (Fe) y manganeso (Mn; Volke *et al.* 2004, Velasco *et al.* 2005, Solís 2016). Estos desechos se encuentran a la intemperie y al borde de una serie de ríos que desembocan en el río Amacuzac (Velasco *et al.* 2005).

Además, está demostrado que el agua proveniente de la mina Pájaro Verde en el poblado de Huautla, está contaminada con concentraciones de arsénico superiores a lo que permiten las normas mexicanas e internacionales. Lo anterior ha tenido repercusiones en los habitantes del poblado, al generar altos niveles de arsénico total en sangre (Tovar-Sánchez *et al.* 2016).

## Efecto de los metales pesados en especies centinela

Estudios previos en poblaciones de mamíferos pequeños –consideradas especies centinela– que habitan en el jale principal de Huautla (el cual se ubica a escasos 500 m del

poblado), documentan la bioacumulación (concentración del contaminante en el organismo por encima de las concentraciones en el ambiente), de metales pesados (Zn, Ni –níquel–, Fe y Mn) en hueso e hígado de dos especies de roedores: el ratón de meseta (*Peromyscus melanophrys*) y el ratón pigmeo sureño (*Baiomys musculus*).

En general, se detectó un aumento en las concentraciones de todos los metales analizados en ambas especies con respecto a los roedores del sitio testigo (localidades con las mismas condiciones climáticas, pero sin la presencia de metales pesados). Además, ambas especies presentaron elevados niveles de daño genético con respecto a los roedores que se establecieron en sitios testigo (Tovar-Sánchez *et al.* 2012).

Las evidencias anteriores demuestran que los recursos naturales de este sitio están contaminados por diversos metales provenientes de los jales de la región, lo que ha afectado a la biota circundante y pudiera comprometer la salud del ecosistema.

También se realizó un estudio en la localidad de Huautla (Tovar-Sánchez *et al.* 2012), donde de manera natural se encuentran poblaciones del ratón de meseta *P. melanophrys*, que es una especie considerada centinela (figura 2).

En general, se puede decir que los roedores que habitan los tres jales de la localidad bioacumulan metales pesados en sus órganos, en comparación con los organismos que se localizan en los sitios testigo. Además, se demostró que hay una relación entre el aumento de la bioacumulación de metales pesados en los órganos de los roedores y la disminución en sus niveles de diversidad genética.

La pérdida de diversidad genética en poblaciones sometidas a un estrés ambiental se conoce como **erosión genética**. Este es un factor que se debe tomar en cuenta cuando se estiman los riesgos de las poblaciones expuestas a contaminación ambiental (Van Straalen y Timmermans 2002).

En general, la pérdida de diversidad genética en las poblaciones que habitan en jales, en comparación con las poblaciones de sitios no contaminados, puede tener diversas consecuencias.

Los efectos de los metales se observan en todos los niveles de organización biológica: a nivel molecular, estos elementos alteran la molécula del **ADN** (ácido desoxirribonucleico), y producen daños genéticos que causan alteraciones celulares, que resultan en afectaciones sobre

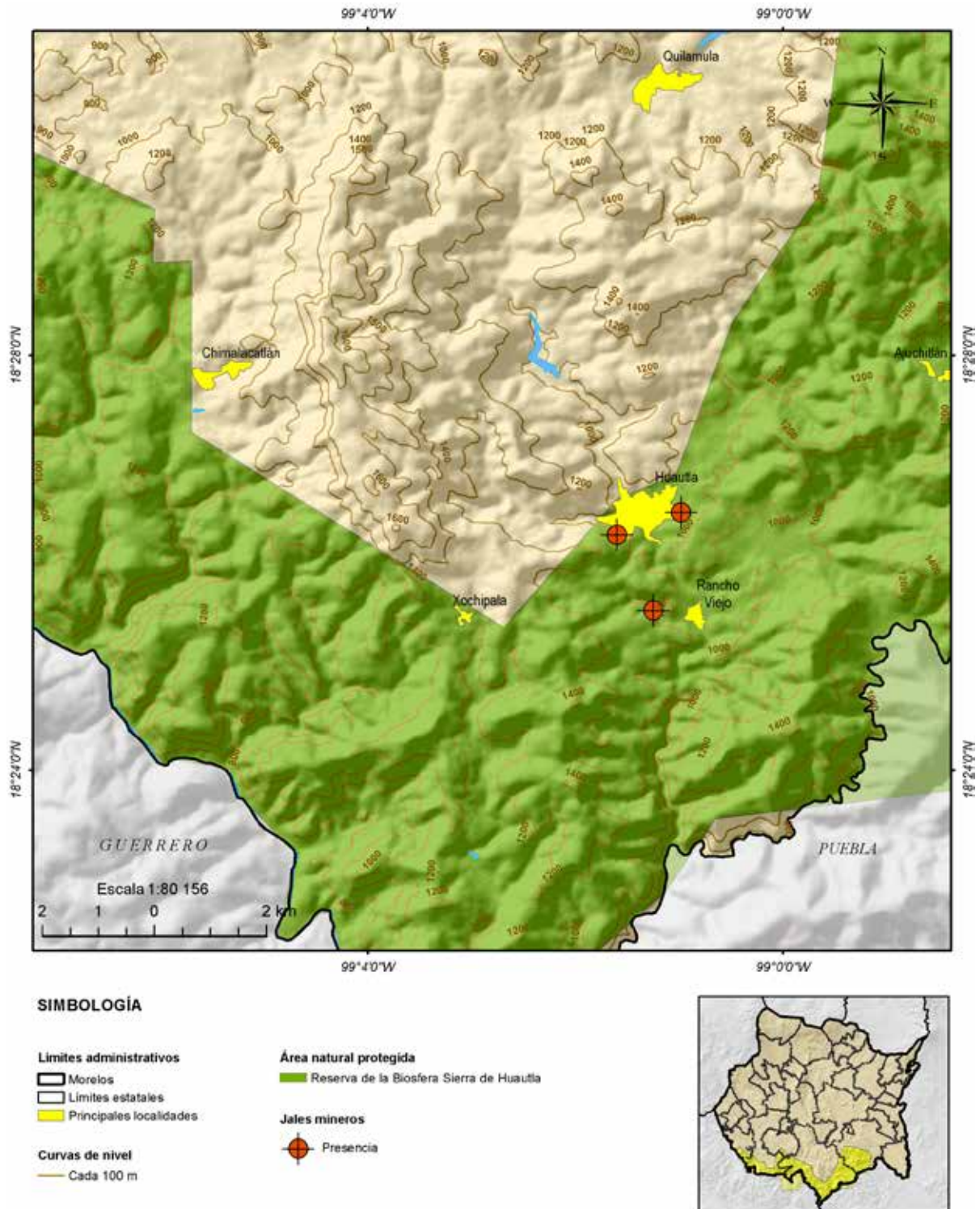


Figura 1. Localización de jales mineros dentro de la Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla (REBIOSH) en Morelos. Fuente: elaboración propia Efraín Tovar-Sánchez.





Figura 2. Ratón de meseta (*Peromyscus melanophrys*). Foto: Janet Esteves-Aguilar.

la salud del individuo (Valavanidis y Vlachogianni 2010, Mussali-Galante *et al.* 2013).

El daño genético que resulta de una exposición crónica a metales pesados puede alterar las células somáticas (cualquier célula del cuerpo excepto los espermatozoides y óvulos) o germinales (lo opuesto a las células somáticas).

Si las alteraciones ocurren en las células somáticas, los efectos sobre la salud del individuo podrían causar la muerte a edad temprana, así como alteraciones en el tamaño corporal. En contraste, si las alteraciones ocurren en células germinales, pueden tener efectos mutagénicos (generadores de **mutaciones**) heredables que ocasionan un bajo éxito reproductivo, menor viabilidad y disminución en la fertilidad, especialmente si las hembras presentan mayor daño genético, como es el caso de las hembras de *P. melanophrys* en Huautla.

Ambos escenarios resultarían en una disminución de la diversidad genética de las poblaciones expuestas (Bickham *et al.* 2000). Adicionalmente, la baja densidad de roedores observada en las poblaciones expuestas a contaminantes puede ser otro factor que promueva la reducción en su diversidad genética.

Por otro lado, la baja tasa de migración que se presenta en las poblaciones contaminadas es sin duda otro factor que promueve la pérdida de diversidad genética en las poblaciones expuestas, ya que disminuye el flujo

genético entre poblaciones cercanas, que tiende a afectar negativamente la abundancia de la población de roedores (Belfiore y Anderson 1998).

## Conclusiones y recomendaciones

El estrés ambiental causado por metales pesados, es uno de los factores principales que influye en los niveles y la distribución de la diversidad genética de las poblaciones de *P. melanophrys* que habitan en los jales de Huautla.

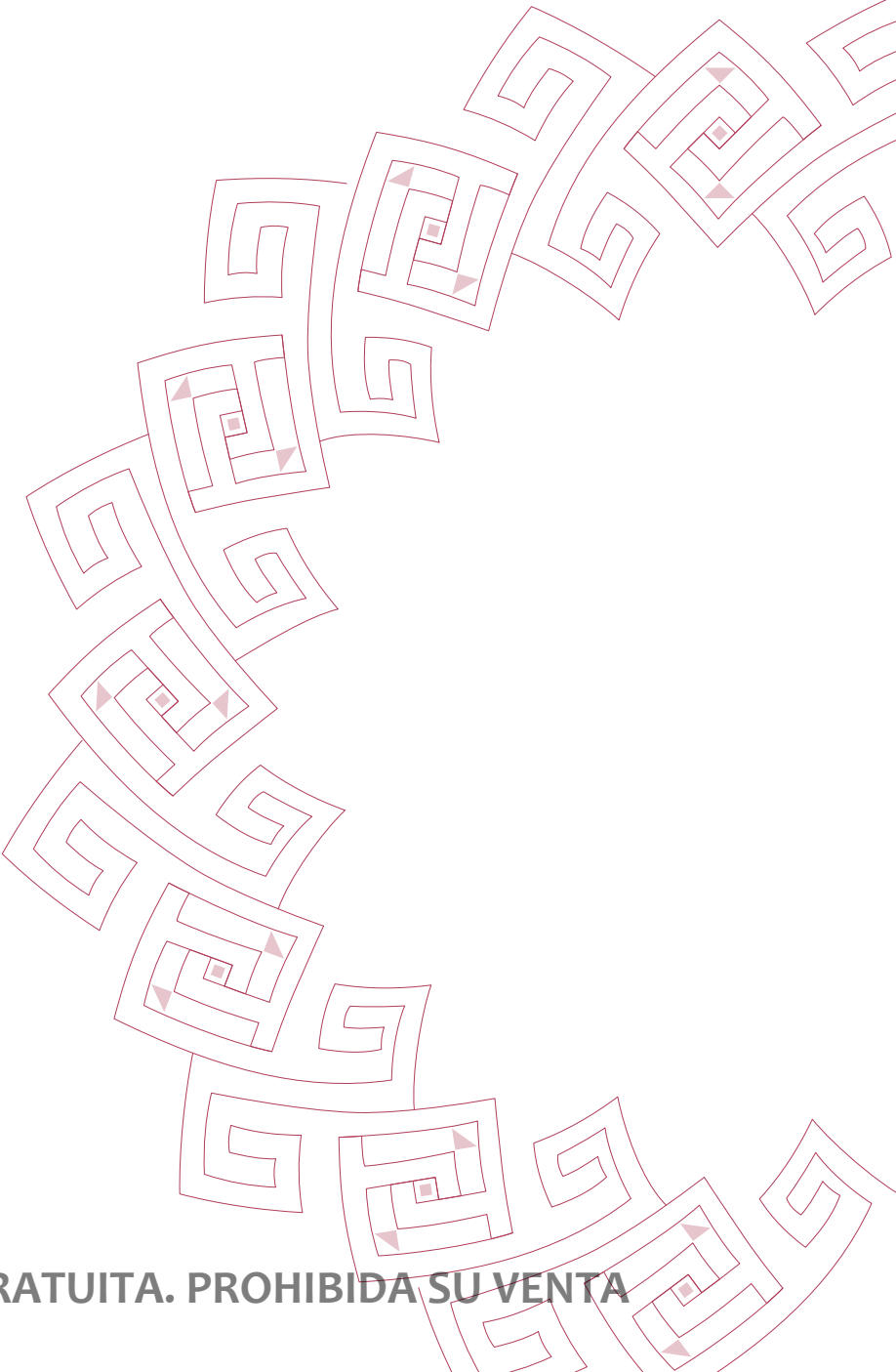
Se sugiere el cambio en la estructura y la diversidad genética de las poblaciones en escalas micro-geográficas como un biomarcador (herramienta para evidenciar la influencia de un contaminante sobre la salud del individuo) a nivel de la población. A este tipo de biomarcadores se les conoce como permanentes (Mussali-Galante *et al.* 2014).

Los resultados obtenidos pueden extrapolarse a poblaciones que pueden estar expuestas a mezclas similares de metales pesados. Sin embargo, todavía hay vacíos de información que sugieren la necesidad de incrementar el número de estudios para evaluar la salud poblacional. Asimismo, este tipo de estudio puede ser un acercamiento a las posibles consecuencias de la contaminación ambiental por metales pesados sobre las poblaciones humanas que se encuentran expuestas a estos compuestos de manera crónica.

## Referencias

- Basu, N., A.M. Scheuhammer, S.J. Bursian *et al.* 2007. Mink as a sentinel species in environmental health. *Environmental Research* 103:130-144.
- Belfiore, N. y S. Anderson. 1998. Genetic patterns as a tool for monitoring and assessment of environmental impacts: The example of genetic ecotoxicology. *Environmental Monitoring and Assessment* 51:465-479.
- Bickham, J., S. Sandhu, P. Hebert *et al.* 2000. Effects of chemical contaminants on genetic diversity in natural populations: Implications for biomonitoring and ecotoxicology. *Mutation Research* 463:33-51.
- Duffus, J. 2002. "Heavy metals" a meaningless term? *Pure and Applied Chemistry* 74:793-807.
- Gardeström, J., U. Dahl, O. Kotsalainen *et al.* 2008. Evidence of population genetic effects of long-term exposure to contaminated sediments: A multi-endpoint study with copepods. *Aquatic Toxicology* 86:426-436.

- Gutiérrez, M.E. y M. Moreno. 1995. Los residuos en la minería mexicana. En: *Residuos peligrosos en México*. F.J. Garfias y L. Barojas (eds.). INE, México, pp. 37-44.
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 2002. *Información geográfica del estado de Morelos*. INEGI, México.
- Mussali-Galante, P., E. Tovar-Sánchez, M. Valverde y E. Rojas. 2013. Biomarkers of exposure for assessing environmental metal pollution: from molecules to ecosystems. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 29:117-140.
- . 2014. Genetic structure and diversity of animal populations exposed to metal pollution. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology* 227:79-106.
- Salomons, W. 1995. Environmental impact of metals derived from mining activities: Process, prediction, prevention. *Journal of Geochemical Exploration* 52:5-23.
- SEMARNAP. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. 1999. *Decreto por el que se declara área natural protegida, con el carácter de reserva de la biosfera, la región denominada Sierra de Huautla, ubicada en los municipios de Amacuzac, Puente de Ixtla, Jojutla, Tlaquiltenango y Tepalcingo, en el Estado de Morelos*. Publicado el 8 de septiembre de 1999 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.
- Solís, M.B. 2016. *Aislamiento de bacterias de jales mineros y análisis de su potencial para la remediación de sitios contaminados con metales pesados*. Tesis de maestría en biotecnología. UAEM, Cuernavaca.
- Tovar-Sánchez, E., L.T. Cervantes, C. Martínez et al. 2012. Comparison of two wild rodent species as sentinels of environmental contamination by mine tailings. *Environmental Science and Pollution Research* 19:1677-1686.
- Tovar-Sánchez, E., P. Mussali-Galante, M. Martínez-Pacheco et al. 2016. Relationship between genotoxic damage and arsenic blood concentrations in individuals residing in an arsenic contaminated area in Morelos, Mexico. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 32:101-117.
- Valavanidis, A. y T. Vlachogianni. 2010. Metal Pollution in Ecosystems. Ecotoxicology studies and risk assessment in the marine environment. Science advances on environment, toxicology and ecotoxicology issues. En: <www.chem-tox-ecotox.org/wp>, última consulta: 8 de mayo de 2018.
- Van Straalen, N. y M. Timmermans. 2002. Genetic variation in toxicant-stressed populations: An evaluation of the "genetic erosion" hypothesis. *Human and Ecological Risk Assessment* 8:983-1002.
- Velasco, J.A., D.A. De la Rosa, M.E. Ramírez y T. Volke. 2005. *Evaluación de tecnologías de remediación para suelos contaminados con metales. Etapa II*. SEMARNAT/INE, México.
- Volke, T.L., J.A. Velasco, D.A. De la Rosa y G. Solórzano. 2004. *Evaluación de tecnologías de remediación para suelos contaminados con metales. Etapa I*. SEMARNAT/INE, México.
- Volke, T.L., J.A. Velasco y D.A. De la Rosa. 2005. *Suelos contaminados por metales y metaloides: muestreo y alternativas para su remediación*. SEMARNAT/INE, México.



**DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA**

# Variación genética de la chinche (*Triatoma pallidipennis*): principal vector de la enfermedad de Chagas

Elizabeth Arellano Arenas, Dayana Inés Mayares Salvador, Janine Madeleine Ramsey Willoquet, Raúl Ernesto Alcalá Martínez, Carlos Napoleón Ibarra Cerdeña, Ezequiel Tun Ku, Angélica Pech May, Himmler Keynes de la Cruz Félix, Rebeca Rosales Barrera y Marco Antonio Ocampo Salgado

## Introducción

La enfermedad de Chagas es una zoonosis (infección transmitida de animales a humanos) reconocida por su elevado impacto sanitario, económico y social (Hotez *et al.* 2007). A nivel mundial se reportan casi 8 millones de personas infectadas, la mayoría en Latinoamérica, y 25 millones en riesgo (WHO 2017); para México se estiman 1.1 millones de personas (OPS 2006).

El parásito *Trypanosoma cruzi* es el responsable de dicha enfermedad, la cual se transmite por **vectores** (a través de organismos vivos) específicamente insectos de la subfamilia Triatominae, conocidos comúnmente en México como chinches besuconas (figura 1).

El método más común de prevención es el control químico de sus vectores (aplicación de sustancias insecticidas). En países suramericanos, este método resultó ser eficaz en poblaciones de chinches que viven en domicilios, de tal manera que se limitó la transmisión de la enfermedad 70% (Moncayo y Silveira 2009). Sin embargo, se ha documentado la reinfestación de casas desde hábitats silvestres, lo que revierte el efecto del insecticida (Ramsey *et al.* 2003).

## Ciclo de la transmisión

En enfermedades transmitidas por vectores, donde en el ciclo interviene un huésped (por lo general el ser humano), un reservorio (en el que se completa el ciclo de vida del patógeno), un vector que propaga el patógeno (generalmente un artrópodo) y el agente biológico (un virus o microorganismo), la dinámica de transmisión puede



Figura 1. Ejemplar adulto de la chinche (*Triatoma pallidipennis*) en Morelos. Foto: Dayana I. Mayares Salvador.

modificarse por efectos antropogénicos. Por ejemplo, el crecimiento demográfico de la población humana incrementa la probabilidad de contacto de vectores con huéspedes y reservorios del parásito. Lo anterior se debe principalmente porque la alteración de los ecosistemas y la influencia humana favorecen la movilidad de los vectores (Weiss y McMichael 2004). De igual manera, las

Arellano, E., D. Mayares-Salvador, J.M. Ramsey, R.E. Alcalá, C.N. Ibarra-Cerdeña, E. Tun Ku, A. Pech-May, H.K. De la Cruz-Félix, R. Rosales Barrera y M. Ocampo Salgado. 2020. Variación genética de la chinche (*Triatoma pallidipennis*): principal vector de la enfermedad de Chagas. En: *La biodiversidad en Morelos. Estudio de Estado 2. Vol. II*. CONABIO, México, pp. 436-443.

migraciones de personas entre regiones o movimientos locales entre zonas urbanas y rurales, contribuyen al movimiento de vectores y del patógeno.

Asimismo, la aplicación de compuestos químicos para control de insectos, no sólo es insuficiente para detener la transmisión de *T. cruzi*, sino que favorece ciertos patrones de adaptación local. Esto se refleja en un símil de la resistencia a los compuestos que se utilizan para el mismo control (Flores-Ferrer *et al.* 2018).

En la actualidad, el uso de datos moleculares y análisis genéticos permite abordar de una manera innovadora algunos problemas de salud pública, como la enfermedad de Chagas, en términos de su prevención, tratamiento y pronóstico. Por ejemplo, a partir de este tipo de análisis, en los que se determina la cantidad de divergencia y la dirección de la evolución, es posible identificar el origen de algunas enfermedades, detectar especies crípticas o de patogenicidad diferencial (con diferente capacidad para causar daño al huésped) tanto en vectores, como en parásitos, así como las posibles rutas de infección (Panzer *et al.* 2006, Abad-Franch y Monteiro 2007).

En todas estas aproximaciones, el conocimiento sobre la diversidad y estructura genética es una herramienta fundamental para inferir tendencias y hacer predicciones sobre la dinámica de los vectores y potencialmente de los patógenos (Piccinali *et al.* 2009). Con esta información, los tomadores de decisiones sobre el control de vectores cuentan con más y mejores elementos para aplicar programas de control que pueden diferir de una localidad a otra.

El análisis de genética poblacional y de filogeografía (estudio de la relación entre los linajes evolutivos y su distribución geográfica), ayuda precisamente a entender esta dinámica y los factores asociados con el riesgo de infección. Por ejemplo, la precisa identificación de chinches provenientes de diferentes regiones es crucial para determinar de manera confiable diferencias en su biología. Lo mismo sería para aspectos de ecología o comportamiento, lo cual puede ser una referencia para la planeación y monitoreo de las intervenciones de control químico. Estos análisis también permiten detectar tendencias adaptativas en poblaciones locales de vectores, información que ayuda a definir los agentes químicos a utilizar o sus concentraciones (Abad-Franch y Monteiro 2005).

## *Triatoma pallidipennis*

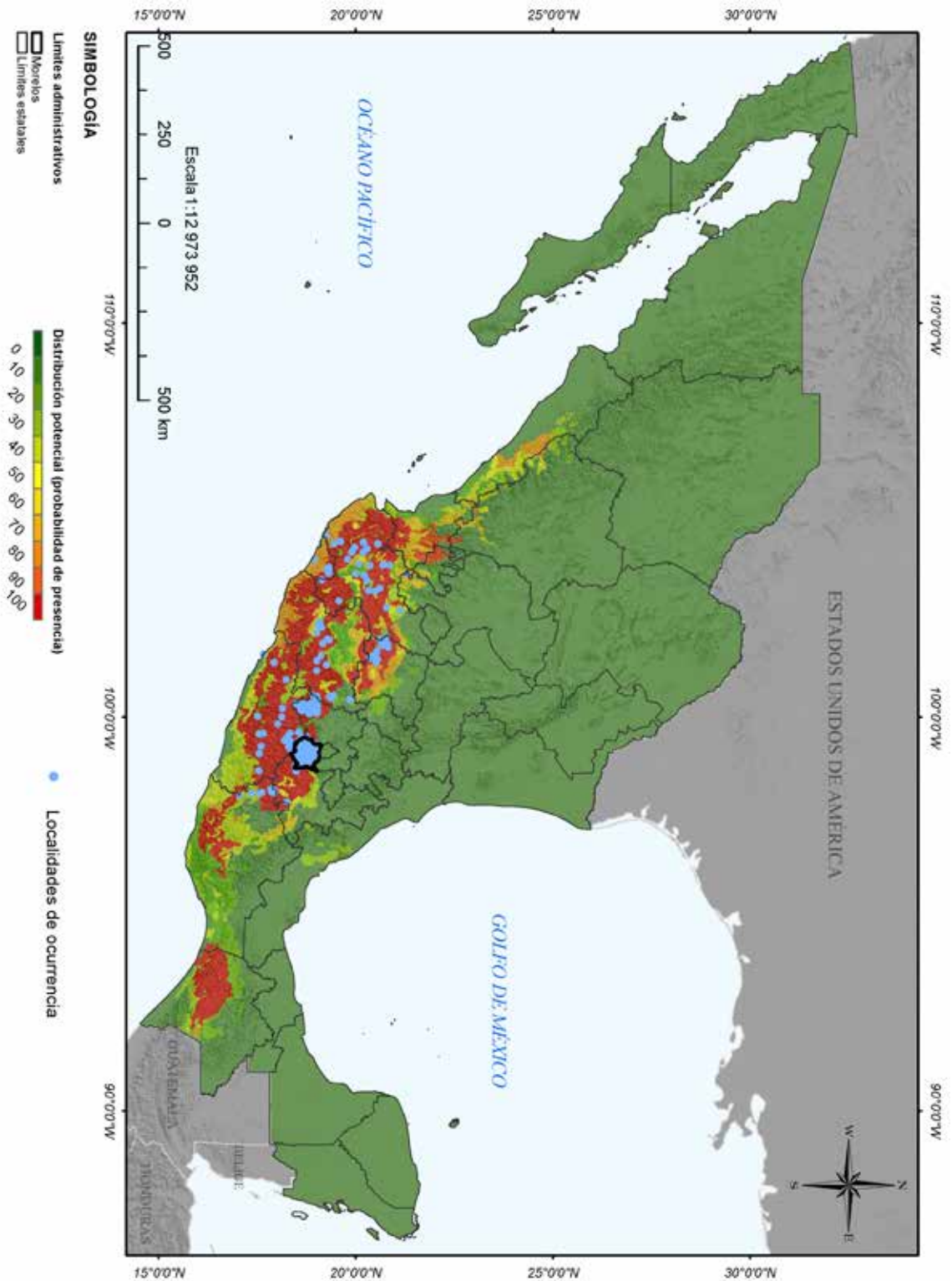
Se trata de una especie endémica de México, con una distribución geográfica que cubre potencialmente más de 18% del país (figura 2; Ramsey *et al.* 2015). Son insectos hematófagos obligados (sólo comen sangre) y su biología implica una relación cercana a su fuente de alimento (principalmente mamíferos, incluyendo al humano).

Su capacidad vectorial y de infestación a domicilios la hacen uno de los principales vectores de *T. cruzi* en el centro del país (Ramsey *et al.* 2015). De esta región, Morelos es el estado que cuenta con más información sobre su presencia. Ramsey y colaboradores (2012) reportan que al menos 77% de las comunidades urbanas y suburbanas –donde radica 75% de la población– están infestadas con *T. pallidipennis*.

Con la finalidad de aportar información que se pueda utilizar para la implementación de estrategias de control vectorial, en el presente trabajo se describe la **variación genética** intra e interpoblacional de 107 chinches de la especie *T. pallidipennis*, procedentes de 25 localidades de Morelos (cuadro 1, figura 3). Para fines comparativos, se incluyeron seis individuos provenientes de otros estados (Colima, Estado de México, Oaxaca y Michoacán); así como un individuo de la especie *Triatoma dimidiata* perteneciente al **haplogrupo** 3 (Hg3), de los tres que habitan en Chiapas (Pech-May *et al.* 2019).

Se generaron fragmentos de secuencias de **ADN** (ácido desoxirribonucleico) de 506 **nucleótidos** que forman parte del **gen mitocondrial** ND4. Con el programa DnaSP v5 (Librado y Rozas 2009) se calcularon diferentes índices de diversidad genética, tales como: el número de sitios polimórficos o variables, el número de **haplotipos** (variantes genéticas), el valor de diversidad haplotípica y el de diversidad nucleotídica; asimismo, se identificaron los haplotipos que se comparten entre individuos o poblaciones. Estos valores, en conjunto, describen cuánta variación genética hay, y en general cómo está distribuida.

También se calcularon las distancias genéticas bajo varios esquemas de comparación, la cual es una medida que refleja el grado de diferenciación entre individuos, poblaciones o especies. Los valores se obtuvieron con el programa PAUP 4.0 (Phylogenetic Analysis Using Parsimony; Swofford 1998) con la aplicación del modelo evolutivo de Kimura dos parámetros (Kimura 1980), que es un modelo de sustitución de nucleótidos que permite



**Figura 2.** Distribución potencial de la chinche besucona (*T. pallidipennis*) en México, estimada a partir de métodos de predicción. Los puntos azules se refieren a las localidades de ocurrencia de la especie, y los valores del recuadro se refieren a la probabilidad de presencia. Fuente: elaboración propia con datos de Ramsey *et al.* 2015.

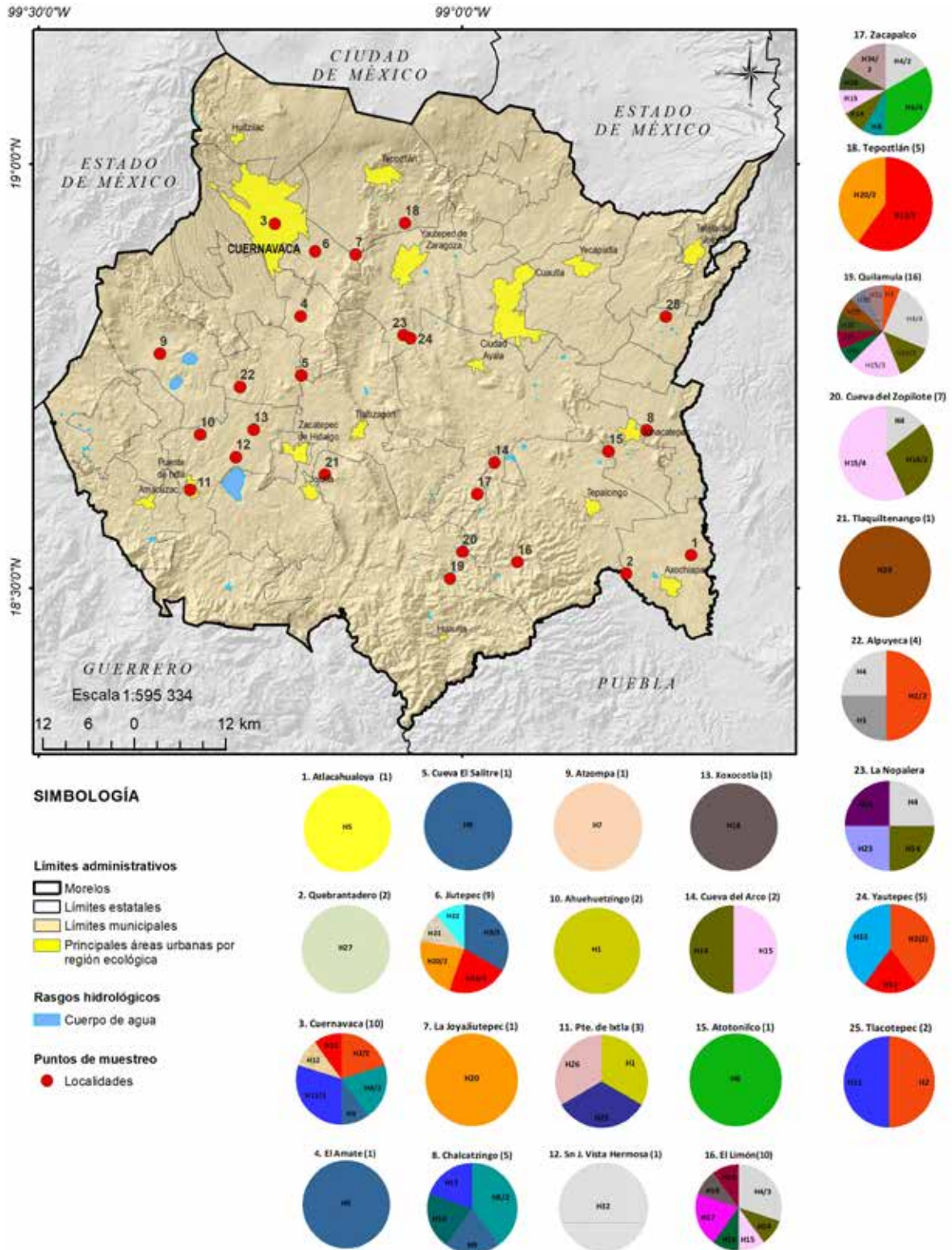


Figura 3. Frecuencia de haplotipos registrados en individuos de *T. pallidipennis* organizados por población dentro de Morelos. Los haplotipos se presentan en diferentes colores para su fácil distinción y los números representan las localidades de colecta (ver cuadro 1). Fuente: elaboración propia.

**Cuadro 1.** Localidades de colecta de la chinche *T. pallidipennis*.

Localidad, municipio	N	No. hap.	Haplotipos
Atlachualoya, Axochiapan	1	1	H5
Quebrantadero, Axochiapan	2	1	H27(2)
Cuernavaca, Cuernavaca	10	6	H2(2), H8(2), H9, H11(3), H12, H13
El Amate, Emiliano Zapata	1	1	H9
Cueva El Salitre, Emiliano Zapata	1	1	H9
Jiutepec, Jiutepec	9	5	H9(3), H13(2), H20(2), H21, H22
La Joya, Jiutepec	1	1	H20
Chalcatzingo, Jonacatepec	5	4	H8(2), H9, H10, H11
Atzompa, Miaatlán	1	1	H7
Ahuehuetzingo, Puente de Ixtla	2	1	H1(2)
Puente de Ixtla, Puente de Ixtla	3	3	H1, H25, H26
San José Vista Hermosa, Puente de Ixtla	1	1	H31
Xoxocotla, Puente de Ixtla	1	1	H18
Cueva del Arco, Tepalcingo	2	2	H14, H15
Atotonilco, Tepalcingo	1	1	H6
El Limón, Tepalcingo	10	7	H4(3), H14, H15, H16, H17(2), H18, H19
Zacapalco, Tepalcingo	12	7	H4(2), H6(4), H8, H14, H15, H28, H34(2)
Tepoztlán, Tepoztlán	5	2	H13(3), H20(2)
Quilamula, Tlaquiltenango	16	10	H2, H4(4), H14(2), H15(3), H16, H19, H28, H29, H30, H31
Cueva Zopilote, Tlaquiltenango	7	3	H4, H14(2), H15(4)
Tlalquiltenango, Tlaquiltenango	1	1	H29
Alpuyeca, Xochitepec	4	3	H2(2), H3, H4,
La Nopalera, Yautepec	4	4	H14, H23, H24, H4
Yautepec, Yautepec	5	3	H2(2), H13, H33(2)
Tlacotepec, Zacualpan de Amilpas	2	2	H2, H11

N: tamaño de muestra por localidad; No. hap.: número de haplotipos identificados. Fuente: elaboración propia.

hacer estimaciones sobre la cantidad de diferenciación entre secuencias de ADN. En particular, éste supone que la probabilidad de observar una sustitución de tipo transición es diferente al tipo transversión, de aquí que haya dos parámetros.

Los resultados indican que hay 64 (12.6%) sitios polimórficos o variables en el fragmento de ADN seleccionado, los cuales dan lugar a 34 haplotipos, que es igual a un valor de diversidad haplotípica de 0.954. De todos los haplotipos identificados, 14 (41.2%) son únicos (un individuo por haplotipo), y 20 (58.8%) son compartidos entre dos o más individuos (que pueden provenir de la misma o diferente población). Por su parte, la diversidad nucleotídica, que equivale a la variación que hay en términos de nucleótidos, tuvo un valor de 0.00943. Cabe

mencionar que cuando se incluyeron los individuos de otros estados, el número de haplotipos aumentó a 39, de los cuales 18 (46.2%) fueron únicos y 21 compartidos (53.8%), los otros índices también aumentaron (cuadro 2).

En cuanto a la divergencia genética –expresada como un valor de distancia que va de 0 a 1– su rango de valores fluctuó entre 0.18 y 0.20 cuando se comparó *T. pallidipennis* con *T. dimidiata* (Hg3). Al contrastar, dentro de la especie, muestras de Morelos con otros estados, la divergencia genética arrojó valores entre 0.056 y 0.097, mientras que la distancia promedio sólo entre las poblaciones de Morelos, osciló de 0 a 0.054.

Al analizar la distribución de los haplotipos en las 25 localidades de la entidad, se observó que 11 presentaron



**Cuadro 2.** Índices de diversidad genética registrados en la chinche *T. pallidipennis*, a dos escalas geográficas distintas.

Escala geográfica	N	NC	S	H	HC	DH ± 1DE	DN ± 1DE
Morelos	107	506	64	34	20	0.954 ± 0.007	0.00943 ± 0.00093
Otros estados (Colima, Estado de México, Oaxaca y Michoacán)	113	506	89	39	21	0.959 ± 0.007	0.01328 ± 0.00174

N: Número de individuos; NC: número de nucleótidos que forman parte del fragmento de secuencias de ADN analizado; S: número de sitios polimórficos; H: número de haplotipos; HC: número de haplotipos compartidos; DH: diversidad haplotípica; DN: diversidad nucleotídica; DE: desviación estándar.

Fuente: elaboración propia.

un haplotipo, y el resto tuvieron entre 2 y 10 diferentes; el número promedio de haplotipos por población fue de 3 (figura 3, cuadro 1).

Las poblaciones polimórficas con el mayor número de haplotipos son: Quilamula (10) y Zacapalco (9). Los haplotipos más comunes, por distribuirse en más poblaciones (6), son el H4 (que es el más abundante con 12 individuos) y el H14 (8); le siguen los haplotipos H2 (8) y H15 (10) que se distribuyen en cinco diferentes poblaciones. Siete haplotipos (H1, H6, H16, H18, H19, H28 y H29) están presentes en individuos que habitan dos diferentes poblaciones, tres haplotipos (H8, H11 y H20) están en tres poblaciones, otros tres (H2, H9 y H15) en cinco poblaciones, y dos (H4 y H14) en seis poblaciones.

El patrón que se reveló en el análisis de los haplotipos mostró que 11 poblaciones presentan haplotipos únicos. Es probable que en estas poblaciones en realidad haya más variación, debido a que la mayoría de ellas estuvieron representadas por uno o dos individuos. El escaso número de haplotipos podría ser el resultado de un limitado muestreo a nivel individual; aunque, por otro lado, incluso en Cueva del Arco y Tlacotepec con sólo dos individuos se encontraron dos haplotipos.

Por otra parte, el valor promedio para la diversidad haplotípica puede considerarse elevado. En 95 de 100 casos, dos haplotipos tomados al azar serían distintos (cuadro 2), lo que indica que *T. pallidipennis* en Morelos tiene una considerable variación genética, la cual se observa hacia el interior de las poblaciones, pues más de la mitad de ellas mostraron varios haplotipos.

También es importante resaltar que muchas poblaciones comparten haplotipos, incluso algunas que están a distancias considerablemente mayores a las que podrían recorrer estos insectos de manera natural. Por ejemplo, el haplotipo H4 se encuentra presente

tanto en la parte centro-occidental como en el sur del estado (figura 3), zonas que naturalmente están separadas por macizos montañosos que corren de norte a sur. Este hecho sugiere conectividad entre las poblaciones, la cual se puede explicar por varios escenarios. Desde un punto de vista histórico, podría sugerir expansión del rango geográfico en la que algunos haplotipos se dispersan ampliamente. Otro escenario podría estar más asociado con flujo genético más reciente, probablemente producido por migración asistida por las actividades humanas.

Por otro lado, el índice de variación nucleotídica es menor de 1% (cuadro 2) y el máximo número de diferencias entre dos haplotipos es de 12 (de 506; análisis no mostrado), lo que puede indicar que los haplotipos se han diferenciado poco y es compatible con una hipótesis de reciente origen de las poblaciones. Sin embargo, para poner a prueba esta suposición, sería necesario un tipo de análisis sobre el grado de parentesco y la dirección de evolución en los haplotipos para tener mayor evidencia sobre el patrón evolutivo de *T. pallidipennis* en la entidad.

Aun considerando las poblaciones fuera del estado, el número de haplotipos únicos se incrementó a cuatro y sólo hubo uno más compartido. Estos resultados contrastan con lo reportado para *T. dimidiata* en la región que va del sur de México a Centroamérica, en donde se encontraron 36 haplotipos, la mayoría de ellos únicos (Monteiro *et al.* 2013). Tal escenario sugiere un origen más antiguo de las poblaciones con limitada conectividad entre ellas, lo que lleva a la diferenciación y fijación de haplotipos en distintas áreas.

En cuanto a la diferenciación entre poblaciones, las distancias genéticas indican que, aunque éstas son relativamente cortas hacia el interior del estado, sus valores alcanzan los observados en comparaciones realizadas con poblaciones de otros estados. Algunas incluso son mayores a los reportados en otros trabajos que

comparan grupos bien diferenciados, como en Grisales y colaboradores (2010) que reportaron 3.6% entre tres poblaciones del único haplogrupo de *T. dimidiata* que habita en Colombia (Hg3; Gómez-Palacio y Triana 2014, Pech-May *et al.* 2019).

## Conclusiones y recomendaciones

Se observa que existe amplia variación genética intra e interpoblacional en *T. pallidipennis* en Morelos, aunque las diferencias entre haplotipos sean pocas. El análisis de distancia genética (con respecto a poblaciones fuera del estado), podría develar la presencia de grupos o linajes divergentes; sin embargo, para confirmarlo son necesarias otras metodologías de análisis que incluyan un mayor muestreo.

El patrón de distribución geográfica de la variación en el estado sugiere que hay movimiento de chinches más allá de lo esperado para su propia biología. Esto es relevante y deberá ser evaluado en el contexto ecológico, considerando los diferentes hábitats que rodean el ciclo de infección de *T. cruzi*, para estimar tasas de migración de individuos entre hábitats y entre poblaciones geográficamente separadas.

Los resultados de este trabajo pueden contribuir a mejorar las estrategias de control de este vector. Por ejemplo, la considerable variación genética detectada en algunas poblaciones puede deberse a la llegada constante de individuos, incluso después de la aplicación de control, ya sea de áreas silvestres o de otras zonas. Esto es congruente con la hipótesis de movimiento asistido (por personas) de insectos, tal vez desde áreas lejanas. En este sentido, programas de sensibilización sobre hábitos de la comunidad humana con respecto a sus dinámicas de movimiento, podrían ayudar a reducir las oportunidades de reinfestación de chinches en los hogares.

## Referencias

Abad-Franch, F. y F.A. Monteiro. 2005. Molecular research and the control of Chagas disease vectors. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 77(3):437-454.

—. 2007. Biogeography and evolution of Amazonian triatomines (Heteroptera: Reduviidae): implications for Chagas disease surveillance in humid forest ecoregions. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz* 102:57-70.

Flores-Ferrer, A., O. Marcou, E. Walecx *et al.* 2018. Evolutionary ecology of Chagas disease; what do we know and what do we need? *Evolutionary Applications* 11:470-487.

Gómez-Palacio, A. y O. Triana. 2014. Molecular evidence of demographic expansion of the chagas disease vector *Triatoma dimidiata* (Hemiptera, Reduviidae, Triatominae) in Colombia. *PLoS Neglected Tropical Diseases* 8(3):e2734.

Grisales, N., O. Triana, V. Angulo *et al.* 2010. Diferenciación genética de tres poblaciones colombianas de *Triatoma dimidiata* (Latreille 1811) mediante análisis molecular del gen mitocondrial ND4. *Biomédica* 30:207-14.

Hotez, P.J., D.H. Molyneux, A. Fenwick *et al.* 2007. Control of neglected tropical diseases. *The New England Journal of Medicine* 357:1018-1027.

Kimura, M. 1980. A simple method for estimating evolutionary rates of base substitutions through comparative studies of nucleotide sequences. *Journal of Molecular Evolution* 16:111-120.

Librado, P. y J. Rozas. 2009. DnaSP v5: A software for comprehensive analysis of DNA polymorphism data. *Bioinformatics* 25:1451-1452.

Moncayo, A. y A.C. Silveira. 2009. Current epidemiological trends for Chagas disease in Latin America and future challenges in epidemiology, surveillance and health policy. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz* 104(1):17-30.

Monteiro, F.A., T. Peretolchina, C. Lazoski *et al.* 2013. Phylogeographic pattern and extensive mitochondrial DNA divergence disclose a species complex within the Chagas disease vector *Triatoma dimidiata*. *PLoS ONE* 8(8):E70974.

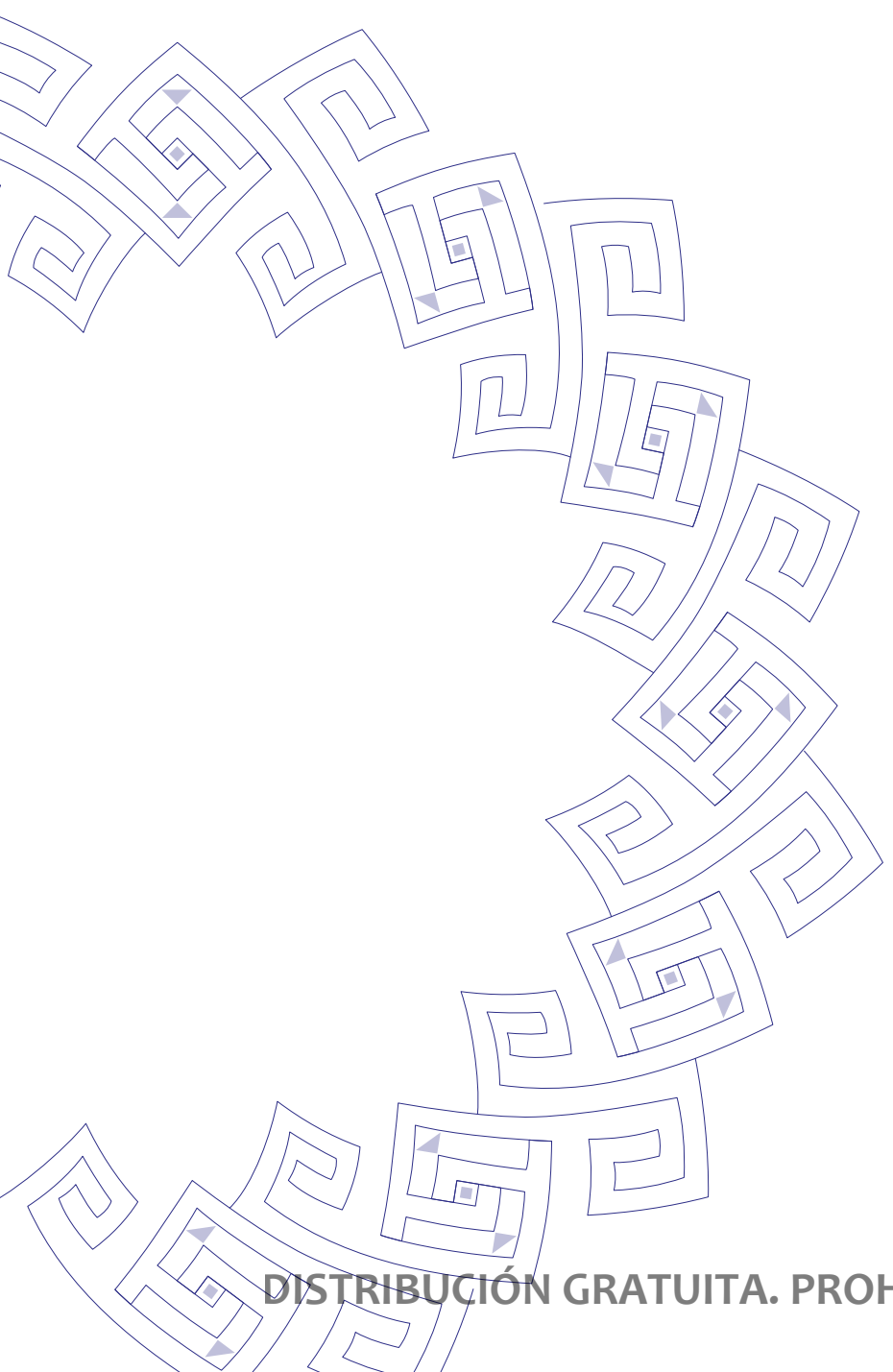
OPS. Organización Panamericana de la Salud. 2006. *Estimación cuantitativa de la enfermedad de Chagas en las Américas*. OMS/OPS, Montevideo.

Panzer, F., I. Ferrandis, J. Ramsey *et al.* 2006. Chromosomal variation and genome size support existence of cryptic species of *Triatoma dimidiata* with different epidemiological importance as Chagas disease vectors. *Tropical Medicine and International Health* 11(7):1092-1103.

Pech-May, A., C.J. Mazariegos-Hidalgo, A. Izeta-Alberdi *et al.* 2019. Genetic variation and phylogeography of the *Triatoma dimidiata* complex evidence a potential center of origin and recent divergence of haplogroups having differential *Trypanosoma cruzi* and DTU infections. *PLoS Neglected Tropical Diseases* 13(1):e0007044.

Piccinali, R.V., P.L. Marcet, F. Noireau *et al.* 2009. Molecular population genetics and phylogeography of the Chagas disease vector *Triatoma infestans* in South America. *Journal of Medical Entomology* 46(4):796-809.

- Ramsey, J.M., A. Cruz-Celis, L. Salgado y C.L. Schofield. 2003. Efficacy of pyrethroid insecticides against domestic and peridomestic populations of *Triatoma pallidipennis* and *Triatoma barberi* (Reduviidae: Triatominae) vectors of Chagas' disease in Mexico. *Journal of Medical Entomology* 40(6):912-20.
- Ramsey, J.M., A.E. Gutiérrez-Cabrera, L. Salgado-Ramírez *et al.* 2012. Ecological connectivity of *Trypanosoma cruzi* reservoirs and *Triatoma pallidipennis* hosts in an anthropogenic landscape with endemic Chagas disease. *PLOs ONE* 7(9):E46013.
- Ramsey, J.M., A.T. Peterson, O. Carmona-Castro *et al.* 2015. Atlas of Mexican Triatominae (Reduviidae: Hemiptera) and vector transmission of Chagas disease. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz* 110(3):339-352.
- Swofford, D. 1998. *PAUP\*. Phylogenetic Analysis Using Parsimony (\*and other methods)*. Sinauer Associates, Sunderland.
- Weiss, R.A. y A.J. McMichael. 2004. Social and environmental risk factors in the emergence of infectious diseases. *Nature Medicine* 10:S70-S76.
- WHO. World Health Organization. 2017. *Chagas disease (American trypanosomiasis)*. En: <<http://www.who.int/chagas/disease/en/>>, última consulta: 20 de agosto de 2017.



**DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA**

## Glosario de términos de diversidad genética

**Adaptación.** Proceso en el cual un organismo se ajusta a las condiciones ambientales que lo rodean. Se refiere tanto a las características que incrementan la supervivencia y el éxito reproductivo de un organismo.

**Adecuación.** Éxito reproductivo relativo de un genotipo comparado con otros en una población.

**ADN.** Ácido desoxirribonucleico. Ácido nucleico formado por una doble cadena de nucleótidos, contiene un azúcar desoxirribosa, un fosfato y cuatro bases nitrogenadas (adenina, guanina, citosina y timina). Contiene las instrucciones genéticas utilizadas en el desarrollo y funcionamiento de todos los organismos vivos conocidos, y es responsable de su transmisión hereditaria.

**Alelo.** Variante de la secuencia del ADN en un determinado locus, es decir, las formas alternativas que puede tener un gen.

**Alelo monomórfico.** Es el alelo que en una población dada constituye 100% de los que están presentes en su locus, porque de hecho es el único.

**Alelo polimórfico.** Cuando existen varios alelos para un gen o locus dado, se dice que la población es polimórfica con respecto a ese gen o locus.

**Aloenzima.** Formas alternativas de una enzima, codificadas por diferentes alelos de un mismo locus genético.

**ARN.** Ácido ribonucleico. Ácido nucleico formado por una cadena simple de nucleótidos, contiene un azúcar ribosa, un fosfato y cuatro bases nitrogenadas (adenina, guanina, citosina y uracilo). Participa en la síntesis de las proteínas y realiza la función de mensajero de la información genética.

**Basidio.** Estructura microscópica productora de esporas, encontrado en los cuerpos fructíferos de los hongos basidiomicetos.

**Carga genética.** Información codificada en el ADN de cada organismo.

**Cromosoma.** Estructura altamente organizada formada por ADN y proteínas, contiene la mayor parte de la información genética de un individuo.

**Deriva genética.** Fuerza evolutiva que actúa junto con la selección natural que cambia las frecuencias alélicas en una población, provocado por factores del azar.

**Divergencia genética.** Cambio en la frecuencia de los alelos del patrimonio genético de una población debido a los diferentes mecanismos de evolución.

**Diversidad genética.** Variación genética que existe dentro de los individuos de una misma especie.

**Diversidad haplotípica.** Probabilidad de que dos haplotipos tomados al azar sean diferentes.

**Diversidad nucleotídica.** Probabilidad de que dos nucleótidos con homología de posición en una secuencia de ADN tomados al azar sean diferentes.

**Endogamia.** Apareamiento entre individuos más emparentados que lo esperado por el azar.

**Enzima.** Proteína catalizadora producida en el interior de un organismo vivo que acelera reacciones químicas específicas.

**Erosión de la diversidad genética.** Disminución o desaparición gradual de la diversidad genética en o entre las poblaciones de una especie.

**Fenotipo.** Expresión del genotipo más la influencia del medio.

**Filogeografía.** Área de estudio que analiza los principios y procesos de la distribución geográfica de las especies, y destaca la influencia de los factores históricos sobre la distribución de los linajes.

**Flujo genético.** Intercambio genético entre individuos dentro o entre poblaciones.

**Frecuencia alélica.** Proporción que se observa de un alelo específico respecto al conjunto de los que pueden ocupar un locus determinado en la población.

**Gen.** Fragmento o secuencia de ADN que codifica para una proteína funcional.

**Gen 16S.** Gen que se localiza en el ADN mitocondrial y que codifica para un componente del ARN ribosomal.

**Gen citocromo b (Cyt b).** Gen involucrado en el sistema de la fosforilación oxidativa de la mitocondria, denominada complejo III. La utilización de este marcador en estudios con diferentes organismos ha sido de gran utilidad para inferir relaciones evolutivas y filogeográficas entre miembros de distintos grupos, por ejemplo de mamíferos.

**Gen de cloroplasto.** Material genético de los cloroplastos, los cuales son característicos de los organismos autótrofos fotosintéticos, tales como las plantas y las algas verdes.

**Gen mitocondrial.** Material genético de las mitocondrias, los elementos de la célula que generan energía para la misma. Se trata de un material genético circular cerrado de doble cadena que se localiza en el interior de las mitocondrias. Ha sido muy utilizado en estudios evolutivos de especies a bajos niveles taxonómicos o de grupos de organismos cercanamente emparentados, por ejemplo, poblaciones de la misma especie. Entre los diferentes tipos de marcadores (genes) mitocondriales, se encuentran el gen citocromo b (Cyt b) y la región control.

**Gen NADH5.** Ubiquinona Oxidoreductasa subunidad 5. Gen que se encuentra en el ADN mitocondrial, y codifica para una proteína localizada en la parte interna de la mitocondria, que participa en la cadena respiratoria.

**Gen nuclear.** Gen localizado en los cromosomas del núcleo de una célula eucariota. Son transmitidos por ambos padres.

**Gen ribosomal 18S.** Componente de la subunidad pequeña ribosómica de los eucariotas (40S).

**Genoma.** Conjunto de genes contenidos en los cromosomas, lo que puede interpretarse como la totalidad del material genético que posee un organismo o una especie en particular.

**Genotipo.** Información genética que posee un organismo.

**Gram negativas.** Bacterias que no se tiñen de azul oscuro o de violeta por la tinción de Gram, y lo hacen de un color rosado tenue, debido a la presencia de la doble membrana celular.

**Haplotipo.** Conjunto de variaciones del ADN, o polimorfismos, que tienden a ser heredados juntos y se encuentran en el mismo cromosoma.

**Haplogrupo.** Grupo o linaje de haplotipos que tienen un ancestro común.

**Heterocigoto.** Se refiere a que posee dos alelos diferentes para un carácter dado en el locus correspondiente de cromosomas homólogos.

**Homocigoto.** Posee un par idéntico de alelos en los loci correspondientes de cromosomas homólogos para un carácter dado o para todos los caracteres.

**Linaje.** Línea de antepasados y descendientes de una especie.

**Loci.** Plural de locus (en latín, lugar).

**Locus.** Localización específica de un gen o una secuencia de ADN en un cromosoma.

**Locus monomórficos.** Gen que presenta alelos iguales para todos los individuos de la especie.

**Locus polimórficos.** Gen que tiene variantes (diferentes presentaciones) de alelos en los individuos de una especie.

**Marcador molecular.** Segmento de ADN que tiene una posición definida en un cromosoma y cuya herencia puede ser rastreada.

**Microsatélites.** Pequeñas secuencias o fragmentos del ADN, repetidas varias veces una a continuación de la otra. Son altamente polimórficos, muy abundantes y están dispersos por el genoma de eucariotes y en algunos procariontes.

**Mutación.** Cualquier cambio en la secuencia de un nucleótido o en la organización del ADN (genotipo) de un ser vivo, que produce una variación en las características de éste y que no necesariamente se transmite a la descendencia.

**Mutágeno.** Agente físico, químico o biológico que altera o cambia la información genética (usualmente ADN) de un organismo, y ello incrementa la frecuencia de mutaciones por encima del nivel natural.

**Nucleótido.** Moléculas que constituyen los ácidos nucleicos, conformados por un azúcar (desoxirribosa o ribosa), un grupo fosfato y una base nitrogenada (purina o pirimidina).

**Oligonucleótido.** Secuencia lineal de nucleótidos (ADN o ARN) unidos por enlaces fosfodiéster, habitualmente no mayor de 50 nucleótidos. Tienen distintas aplicaciones: como cebadores en reacciones de

amplificación, como sondas de hibridación y en bloqueos específicos de ARN mensajero.

**Parasexual.** Mecanismo de reproducción, que ocurre en los hongos, que consiste en la unión de una o varias hifas sin existir una fusión nuclear. Origina recombinación genética por procesos distintos a la reproducción sexual como la meiosis y la fecundación.

**Poblaciones alopátricas.** Poblaciones de la misma especie que están separadas geográficamente y que, por lo tanto, no pueden cruzarse. Con el tiempo, estas poblaciones pueden presentar divergencias fenotípicas o genéticas.

**Reacción en cadena de la polimerasa.** Conocida como PCR por sus siglas en inglés (polymerase chain reaction), es una técnica de biología molecular desarrollada en 1986 por Kary Mullis. Su objetivo es obtener un gran número de copias de un

fragmento de ADN particular (gen), partiendo de un mínimo; en teoría basta partir de una única copia de ese fragmento original, o molde.

**Recombinación genética.** Intercambio de información entre copias homólogas de un mismo gen.

**Riqueza alélica.** Es el número medio de alelos por locus y cuantifica el número total de alelos diferentes detectado en cada uno de los loci de una población.

**Secuencias compartidas.** Secuencias de genes que son compartidas con otras poblaciones.

**Secuencias únicas.** Secuencias de genes que no se comparten con otras poblaciones, y se encuentran únicamente en esa población.

**Variación genética.** Variación en el material genético de una población o especie.

**Vector.** Organismos que transportan y transmiten un patógeno (virus, bacterias, protozoarios) de un ser vivo a otro.

**DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA**



**Compilación y edición técnicocientífica de las secciones:**

**Medio físico:** Dr. Valentino Sorani Dalbón<sup>1</sup> y Lic. Cyndi Laura Román Colín<sup>1</sup>

**Sociedad y economía:** Dra. Nohora Beatriz Guzmán Ramírez<sup>1</sup> y Dra. Erandy Toledo Alvarado<sup>1</sup>

**Contexto normativo e institucional:** M.C. Liliana González Flores<sup>1</sup> y M.C. Liliana Fuentes Vargas<sup>2</sup>

**Diversidad de ecosistemas:** Dra. Elisabet Verónica Wehncke<sup>1</sup> y Dra. Esmeralda Urzua Vázquez<sup>1</sup>

**Diversidad de hongos:** Dr. Ricardo Valenzuela Garza<sup>3</sup>

**Diversidad vegetal:** Dra. Rosa Cerros Tlatilpa<sup>1</sup> y M.C. Luis Gil Galván González<sup>1</sup>

Universidad Autónoma del Estado de Morelos,<sup>1</sup> Gobierno del Estado de Morelos,<sup>2</sup> Instituto Politécnico Nacional,<sup>3</sup> Universidad Nacional Autónoma de México,<sup>4</sup> Consultor independiente.<sup>5</sup>

**Revisión técnica de textos<sup>a</sup> y listas de especies:<sup>b</sup>**

Inti Burgos Hidalgo<sup>a,b</sup>

Karla Carolina Nájera Cordero<sup>a,b</sup>

Diana López Higareda<sup>a,b</sup>

Griselda Guerrero Márquez<sup>b</sup>

Jorge Cruz Medina<sup>b</sup>

**Agradecimientos:**

La Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, expresa su reconocimiento a todas aquellas instituciones y personas que colaboraron en la elaboración del presente Estudio de Estado, en particular a Topiltzin Contreras MacBeath y Denis Castro Bustos, quienes estuvieron involucrados en etapas iniciales o finales de la elaboración de esta obra.

**Forma de citar:**

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) y Gobierno del Estado de Morelos. 2020.  
*La biodiversidad en Morelos. Estudio de Estado 2.* CONABIO, México.

---

Los apéndices de esta obra se encuentran en forma digital en:  
<http://www.biodiversidad.gob.mx/region/EEB/estudios.html>

**DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA**

Versión digital publicada en agosto de 2020  
Familia tipográfica Cronos Pro

**DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA**

**DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA**



**CONABIO**

COMISIÓN NACIONAL PARA  
EL CONOCIMIENTO Y USO  
DE LA BIODIVERSIDAD



**MORELOS**  
PODER EJECUTIVO

**DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA**