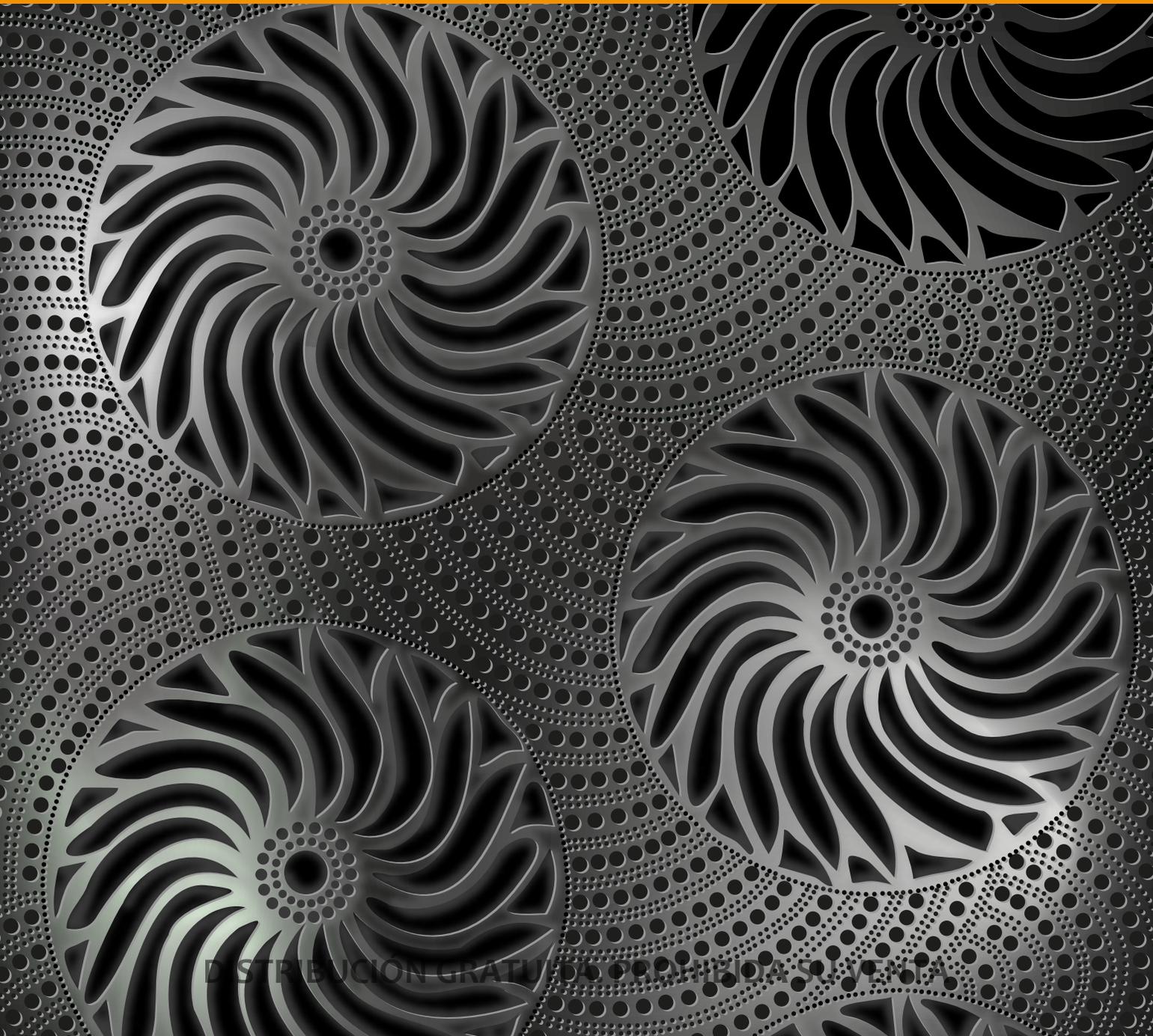


La biodiversidad en

Oaxaca

Estudio de Estado

Volumen 3



DISTRIBUCION GRATUITA DE PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

La biodiversidad en

 **Oaxaca** 

Estudio de Estado
Volumen 3

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Primera edición, 2022

Versión digital

Obra completa: ISBN 978-607-8570-60-7

Volumen III: ISBN 978-607-8570-63-8

Coordinación y seguimiento general:

CONABIO

Andrea Cruz Angón¹

Karla Carolina Nájera Cordero¹

Jorge Cruz Medina¹

Erika Daniela Melgarejo¹

SEMAEDES

Helena Iturribarría Rojas²

Manelik Olivera Martínez²

Cuidado de la edición:

Claudia Verónica Gómez Hernández

Karla Carolina Nájera Cordero¹

Jorge Cruz Medina¹

Corrección de estilo:

Vector Diseño

Karla Carolina Nájera Cordero¹

Jorge Cruz Medina¹

Diseño y formación:

Claudia Verónica Gómez Hernández/Vector Diseño

Cartografía:

Brenda Lizeth Islas Trejo

Jorge Cruz Medina¹

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

www.gob.mx/conabio

¹Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad

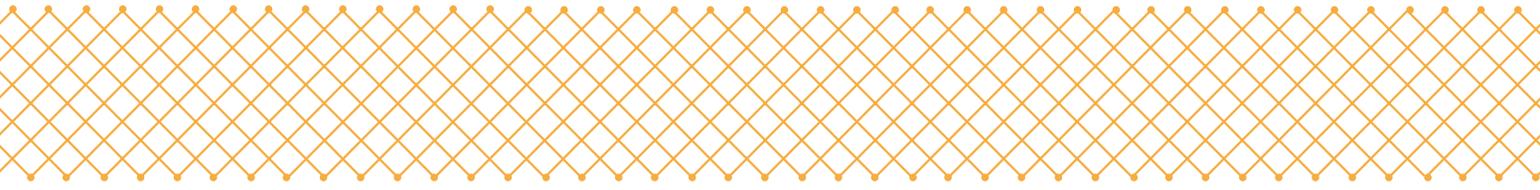
²Secretaría del Medio Ambiente, Energías y Desarrollo Sustentable

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.

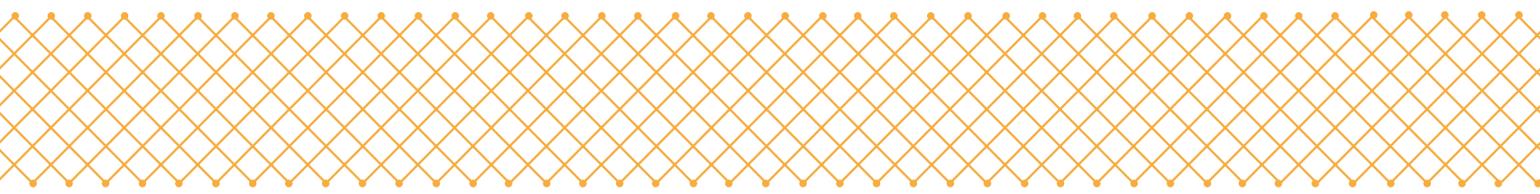
Impreso en México/Printed in Mexico

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



In memoriam

Carlos Moreno Derbez

María Esther Angélica Meave del Castillo

Luis Cervantes Peredo

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Presentación

Con gran orgullo y satisfacción presentamos la obra denominada *La Biodiversidad en Oaxaca. Estudio de Estado* que quedará como legado para las próximas generaciones de nuestra bella entidad y de todo el país. Este libro destaca dentro de la iniciativa Estrategias Estatales de Biodiversidad coordinada por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).

Dentro del Plan Estatal de Desarrollo 2016-2022 en el Eje v Oaxaca Sustentable se reconoce la importancia del manejo y uso sustentable de la biodiversidad de Oaxaca; la presente obra contribuye plenamente a los objetivos del referido Plan y suma a las metas adquiridas por el país en el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CBD) y de la Estrategia Nacional sobre Biodiversidad en México y Plan de Acción 2016-2030 (ENBIOMEX).

Con esta publicación Oaxaca se pone a la vanguardia en el conocimiento de su vasta riqueza natural y cultural de la cual nos sentimos muy orgullosos. Esta obra compuesta de tres volúmenes contiene la descripción y el análisis detallado de la diversidad biológica de Oaxaca y su importancia global y nacional. Se trata de un documento analítico que retoma los estudios previos realizados en la entidad y que contiene información magistralmente sistematizada y con fotografías de alta calidad visual que reflejan la vasta riqueza natural y cultural de nuestra entidad.

Para que esto haya sido posible, fue fundamental la participación de especialistas nacionales y extranjeros de 36 instituciones, quienes trabajaron arduamente para plasmar la información más actualizada sobre su especialidad, basándose en múltiples trabajos de campo, revisiones de artículos científicos y bases de datos.

Me es grato agradecer, desde el Gobierno del Estado de Oaxaca y a nombre de la sociedad oaxaqueña, a los 139 autores participantes, 61 mujeres y 78 hombres, por su valiosa aportación en esta obra, que sin duda sentará un parteaguas en el conocimiento de la biodiversidad de nuestro Estado. Deseo finalmente reconocer al Dr. José Sarukhán Kermez, Coordinador Nacional de la CONABIO, y a su equipo de trabajo por la coordinación en la edición final de estos volúmenes y en especial al Dr. Alejandro de Ávila Bloomberg, Director del Jardín Etnobotánico de Oaxaca, por su apoyo al coordinar al inicio los trabajos de compilación de esta obra, con lo que desde Oaxaca se contribuye a conocer más sobre la riqueza biocultural de México.

Mtro. Alejandro I. Murat Hinojosa
Gobernador Constitucional del Estado de Oaxaca



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Mensaje

El Gobierno del Estado de Oaxaca, la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) y 139 investigadores especialistas locales, nacionales e internacionales han trabajado de manera comprometida y coordinada para desarrollar *La biodiversidad en Oaxaca. Estudio de Estado*, obra de tres volúmenes que complementa y robustece la información acerca del patrimonio natural de la entidad.

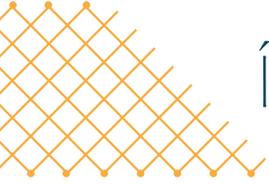
Oaxaca se distingue por albergar la mayor diversidad étnica y biológica en México; por esto, compilar el conocimiento sobre estos valiosos elementos resulta sumamente complejo. Este libro está conformado por 62 capítulos y 46 apéndices, integrando poco más de 10 200 especies reportadas para el estado. La información que aquí se presenta describe la situación actual de la diversidad biológica y su estrecha relación con los entornos físico, socioeconómico y jurídico de la entidad; es así como este documento constituye el referente principal de consulta tanto para autoridades gubernamentales y académicos, como para comunidades locales y sociedad en general.

La biodiversidad en Oaxaca. Estudio de Estado es el estudio número 25 en ser publicado y -junto con la *Estrategia para la Conservación y el Uso Sustentable de la Biodiversidad del estado de Oaxaca (ECUSBEO)*- contribuye a la implementación de la *Estrategia Nacional sobre Biodiversidad de México y Plan de Acción 2030*, así como al cumplimiento de los compromisos adquiridos por México ante el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB).

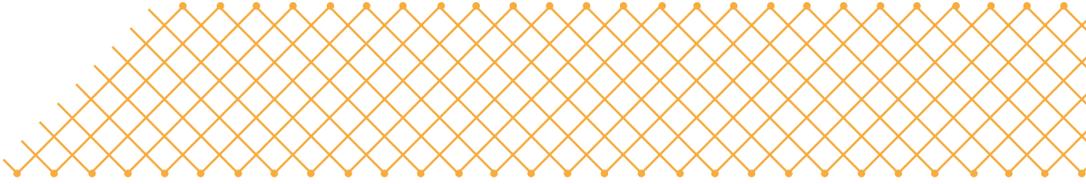
Felicito al gobierno estatal, a las 36 instituciones y organizaciones participantes, y a todos los autores que aportaron su amplio conocimiento y experiencia. Gracias a ellos, Oaxaca ahora cuenta con estos valiosos instrumentos que permitirán hacer una planeación estatal para la conservación y aprovechamiento sustentable de la biodiversidad, así como para implementar políticas públicas y promover un avance armónico entre el desarrollo económico de la entidad y la conservación de su invaluable capital natural.

Estoy convencido que la información publicada en esta obra será de gran utilidad para la toma de decisiones socioambientales en el estado. El compromiso y esfuerzo vertido en esta obra generará frutos para la sociedad oaxaqueña y servirá como referente para continuar incrementando el conocimiento del patrimonio natural en la entidad.

Dr. José Sarukhán Kermez
Coordinador Nacional de la CONABIO



Índice



- 9 Presentación
- 11 Mensaje
- 15 Introducción

6 · Diversidad de especies

- 23 Resumen ejecutivo. Diversidad de especies

Invertebrados terrestres

- 31 Ortópteros: chapulines, langostas, grillos y esperanzas
- 40 EC. *Liladownsia fraile* y otros ortópteros descritos recientemente
- 47 Insectos palo (fásmidos) y campamochas (mántidos)
- 55 Cerambycidae (Coleoptera)
- 61 Escarabajos estercoleros (Aphodiidae, Geotrupidae y Scarabaeidae)
- 75 Escarabajos elateroideos
- 85 Libélulas (Odonata)
- 90 EC. Riqueza y abundancia de moscas de la familia Syrphidae en la región de Huatulco
- 97 Encyrtidae (Hymenoptera: Chalcidoidea)
- 105 Mariposas diurnas (Lepidoptera)
- 114 EC. Historia evolutiva de las mariposas diurnas
- 121 Mariposas nocturnas o palomillas
- 133 Chinchas (Lygaeoidea)
- 147 Alacranes o escorpiones
- 153 Arácnidos no escorpiónidos



Vertebrados

- 163** Peces cartilagosos
- 179** Peces teleósteos marinos y costeros
- 195** Peces de agua dulce en las cuencas hidrológicas
- 205** Anfibios
- 218** EC. Diversidad de anfibios en zonas de conservación
- 225** Reptiles: actualización taxonómica, endemismos y conservación
- 241** Aves
- 256** EC. Impacto de los parques eólicos sobre las aves en el Istmo de Tehuantepec
- 263** Mamíferos silvestres terrestres
- 271** Mamíferos marinos en aguas costeras: riqueza y perspectiva

300 Autores



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Paisaje oaxaqueño. Foto: Javier Velásquez Hernández/CONABIO/Mosaico Natura.

Introducción

Jorge Cruz Medina, Karla Carolina Nájera Cordero y Andrea Cruz Angón

Oaxaca es una entidad ampliamente conocida por su riqueza natural, y tal es su extensión que el repertorio de su diversidad de especies se presenta en dos de los tres tomos de esta obra. Todos los grupos biológicos desarrollados en la sección 6 incluyen una breve descripción de sus características más relevantes, su diversidad y distribución, así como información sobre su importancia ecológica, económica y cultural; además, se incluyen datos sobre su estado de conservación, principales amenazas y recomendaciones para su protección. La mayoría de los capítulos se acompañan de listas de especies (apéndices), elaborados a partir de la información recabada por los especialistas participantes en este Estudio de Estado, así como de las bases de datos del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad de México (SNIB), de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).

Diversidad de especies

En el volumen anterior se presentó información sobre microorganismos, hongos, algas, cícadas e invertebrados acuáticos, que en conjunto representan 46.5% de todas las especies en el estado. Dentro de este volumen 3 de *La biodiversidad en Oaxaca. Estudio de Estado*, se describe información para diversos grupos de invertebrados terrestres, así como vertebrados terrestres y marinos, que integran un total de 5 461 especies (equivalente a 53.5% del total estatal).

Particularmente, este volumen 3 compila el conocimiento que se tiene hasta el momento para diversos

insectos (p.e. grillos, chapulines, escarabajos, libélulas, mariposas y chinches), arácnidos y vertebrados (peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos), y para algunos grupos es posible determinar un incremento sustancial en el registro de especies con presencia en Oaxaca en relación con trabajos previos (cuadro 1).

Asimismo, derivado del análisis de información descrito en esta obra, ha sido posible identificar que para el estado existen 581 especies (equivalente a 5.7% del total estatal) bajo alguna categoría de riesgo conforme a la Norma Oficial Mexicana 059 (SEMARNAT 2010), destacando las aves (con 203 especies enlistadas en esta norma, correspondiente a 25.9% del total de aves en Oaxaca), los reptiles (147, 45.5%), los mamíferos (74, 30.1%) y los anfibios (62, 39.7%; figuras 1 y 2).

Perspectivas

La biodiversidad en Oaxaca. Estudio de Estado es una "fotografía instantánea" de la importante diversidad biológica que alberga la entidad. Aunque el conocimiento sobre la biodiversidad oaxaqueña dista de estar completo, esta obra constituye una valiosa plataforma para promover acciones que permitan avanzar en la conservación y el aprovechamiento sustentable del capital natural, en beneficio de sus habitantes. Los esfuerzos futuros para complementar y actualizar este conocimiento deberán enfocarse en cubrir los vacíos de información, con la finalidad de seguir otorgando bases sólidas para la toma de decisiones en el estado.

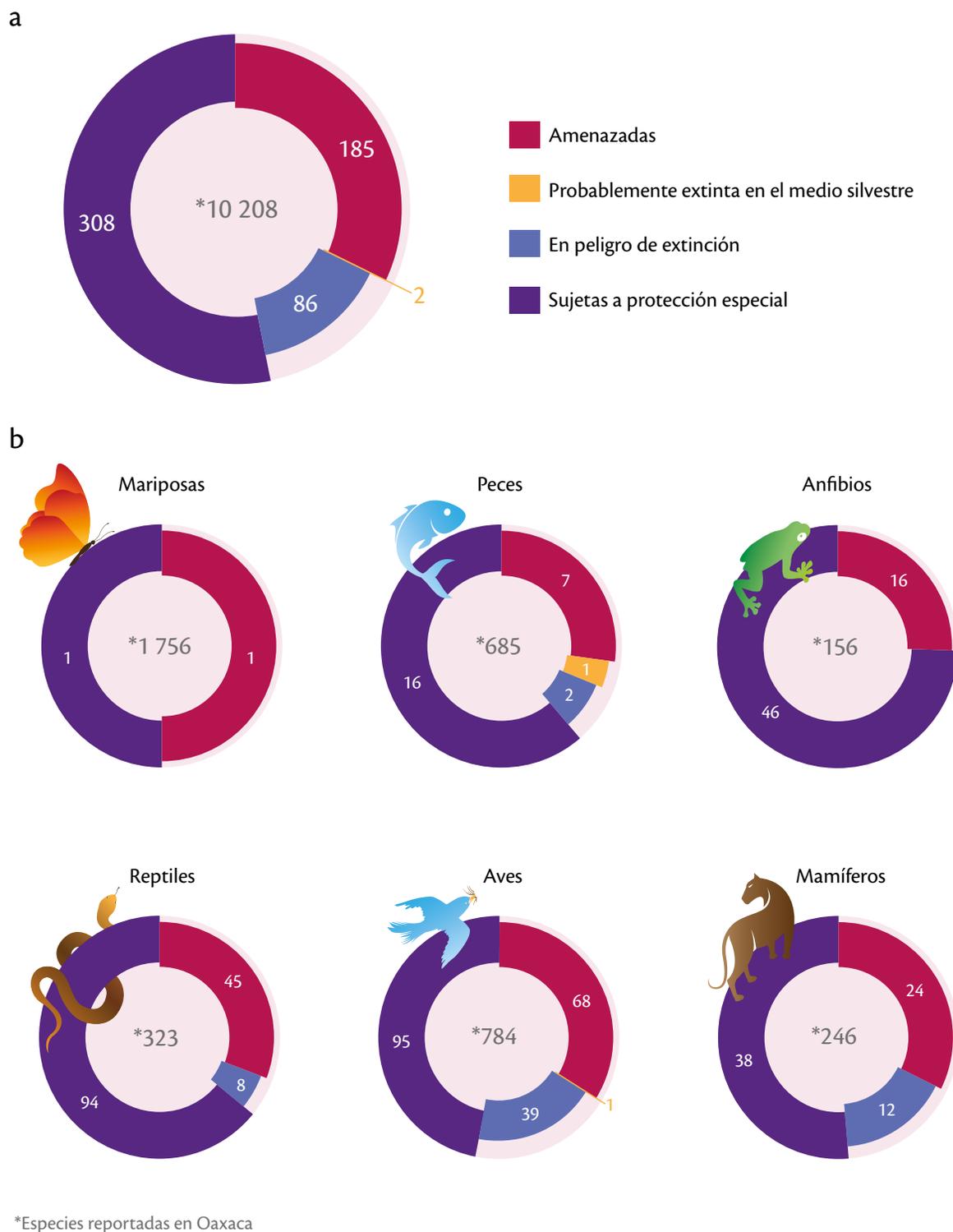


Figura 1. Especies consideradas en alguna categoría de riesgo dentro de la Norma Oficial Mexicana 059, a) conforme al total en Oaxaca; b) conforme al total en cada grupo biológico desarrollado en este volumen. Fuente: elaboración propia a partir de los apéndices de esta obra correspondientes a cada grupo biológico.



Figura 2. Ejemplo de algunas especies reportadas en Oaxaca bajo alguna categoría de riesgo conforme a la Norma Oficial Mexicana 059 (SEMARNAT 2010): a) salamandra lengua de hongo rojiza (*Bolitoglossa rufescens*), sujeta a protección especial; b) abaniquillo guerrerense de encino (*Anolis microlepidotus*), amenazada; c) gavilán pecho rufo (*Accipiter striatus*), sujeta a protección especial; d) tapir centroamericano (*Tapirella bairdii*), en peligro de extinción. Fotos: Jorge Manuel Romero Martínez/Banco de imágenes CONABIO (a), Leopoldo Vázquez/Banco de imágenes CONABIO (b), Eric Centenero Alcalá/Banco de imágenes CONABIO (c), Iván Lira Torres/Banco de imágenes CONABIO (d).

Cuadro 1. Comparativo de la riqueza de especies de algunos grupos biológicos en Oaxaca respecto al total nacional.

Grupo	México	Oaxaca ^a	Oaxaca ^c	Oaxaca (esta obra) ^d	Oaxaca respecto al total nacional (%)
Hongos	6 500 ^b	ND	266	1 867	28.7
Algas	4 758 ^b	ND	ND	985	20.7
Gimnospermas	150 ^a	28	52	22	14.7
Angiospermas	23 791 ^a	3 388	7 752	511	2.1
Poríferos	268 ^a	ND	ND	27	10.1
Cnidarios	318 ^a	ND	ND	16	5.0
Poliquetos	1 300 ^a	ND	ND	238	18.3
Moluscos	4 100 ^a	ND	ND	617	15.0
Equinodermos	503 ^a	ND	ND	97	19.3
Crustáceos	5 387 ^a	11	2	353	6.6
Coleópteros	13 195 ^a	1 262	346	881	6.7
Odonatos	330 ^a	ND	126	163	49.4
Lepidópteros	14 362 ^a	1 050	1 419	1 756	12.2
Arácnidos y quelicerados	5 657 ^a	446	389	343	6.1
Peces	2 763 ^b	130	127	685	24.8
Anfibios	399 ^b	106	133	156	39.1
Reptiles	908 ^b	258	245	323	35.6
Aves	1 150 ^b	634	736	784	68.2
Mamíferos	564 ^b	194	190	246	43.6

ND: no disponible. Para el número total de especies en Oaxaca, revisar conteos generales en los apéndices de esta obra. Las filas sombreadas corresponden a los grupos que se incluyen en el presente volumen. Fuente: ^aLlorente-Bousquets y Ocegueda 2008, ^bSarukhán *et al.* 2017, ^cGarcía-Mendoza *et al.* 2004, ^dapéndices correspondientes a cada grupo biológico.

Referencias

- García-Mendoza, A.J., M.J. Ordóñez Díaz y M. Briones-Salas (eds.). 2004. *Biodiversidad de Oaxaca*. Instituto de Biología-UNAM/Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza/WWF, México.
- Llorente-Bousquets, J. y S. Ocegueda. 2008. Estado del conocimiento de la biota. En: *Capital natural de México, vol. 1: Conocimiento actual de la biodiversidad*. CONABIO, México, pp. 283-322.
- 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. Última reforma publicada el 14 de noviembre de 2019.



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA







Cincuate sureño (*Pituophis lineaticolis*) en bosque oaxaqueño. Foto: Elí García Padilla/Banco de imágenes CONABIO.

Resumen ejecutivo. Diversidad de especies

Oscar Báez Montes y Jorge Cruz Medina

Este último volumen de *La biodiversidad en Oaxaca. Estudio de Estado* continúa con la presentación del conocimiento de la biodiversidad oaxaqueña a nivel de especies, la información se organiza en dos apartados principales: invertebrados terrestres (grillos, chapulines y parientes, fásmidos, mántidos, escarabajos, libélulas, sírfidos, encírtidos, mariposas, chinches, escorpiones y arañas) y vertebrados (peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos). Este conocimiento se concentra en 25 contribuciones, las cuales describen brevemente las características biológicas de cada grupo, examinan su distribución y resaltan su riqueza biológica, lo que conforma un total de 5 461 especies (53.5% de las especies incluidas en los apéndices de esta obra). Asimismo, en cada contribución se señala la importancia ecológica, económica y/o cultural del grupo analizado, además de documentar factores que amenazan su permanencia, acciones de conservación emprendidas y propuestas para su aprovechamiento sustentable.

El volumen comienza con información para grillos, chapulines y parientes (orden Orthoptera), los cuales constituyen un reservorio de biomasa relevante dentro de las redes tróficas, y cuya riqueza para Oaxaca se documenta en 187 especies. Un referente inmediato de su aprovechamiento se relaciona con la gastronomía tradicional: en la entidad al menos 24 especies (entre ellas los chapulines de la milpa del género *Sphenarium*) son consumidas por diversos grupos étnicos y debido a su comercialización representan un importante ingreso económico para las comunidades. Por su parte, algunos ortópteros son de interés en las actividades

agrícolas, ya que pueden formar grupos de millones de individuos y ocasionar daños a cultivos o pastizales; mientras que otros son utilizados como indicadores de disturbio, erosión o de buena calidad del agua en ríos o lagos. En los últimos años se han descrito al menos 13 nuevas especies de ortópteros en Oaxaca, entre las que destaca el chapulín fraile (*Liladownsia fraile*) por su distribución restringida a la Sierra Madre del Sur. A pesar de su abundancia, este grupo de insectos se enfrenta a problemas como la deforestación, contaminación, pérdida y detrimento del hábitat.

Otros insectos descritos en esta sección son las campamochas o mántidos (orden Mantodea) y los insectos palo (orden Phasmatodea) que, aunque son grupos distintos, poseen características similares. En la entidad se registra un total de 31 especies: 20 de mántidos y 11 de fásmidos. Ambos grupos desempeñan funciones reguladoras dentro de los ecosistemas, al depredar plantas (insectos palo) y otros insectos (campamochas), además de ser fuente de alimento para vertebrados como lagartijas, aves, coatíes y tlacuaches. Particularmente, las campamochas han sido utilizadas para el control biológico de plagas, y constituyen un modelo de inspiración creativa para múltiples artesanos oaxaqueños. Entre los factores de presión identificados, se señala la modificación de hábitats como la principal amenaza para estos grupos.

Los escarabajos (orden Coleoptera) representan el grupo biológico más diverso a nivel mundial y en este volumen se abordan los escarabajos con cuernos (Cerambycidae), estercoleros (Aphodiidae, Geotrupidae

y Scarabaeidae) y elateroideos (Cantharidae, Lampyridae, Lycidae, Phengodidae y Telegeusidae). En conjunto, Oaxaca alberga 881 especies, y particularmente las regiones montañosas del estado pueden considerarse como sitios de diversificación. El grupo es relevante por participar en procesos de reincorporación de materia (p.e. madera y estiércol) en los ecosistemas; además, algunas especies son de interés forestal por los daños que pueden provocar a diversos árboles, y otras podrían utilizarse como indicadores para la elección de sitios de conservación. En general, las principales amenazas para los escarabajos descritos en esta obra son la destrucción y degradación de sus hábitats; asimismo, algunas especies son atractivas y apreciadas por coleccionistas, por lo que la extracción desmedida de individuos afecta a sus poblaciones, situación adversa que también padecen las mariposas de la entidad.

Otro grupo de insectos voladores que se presenta en este volumen son las libélulas o *xcabaii bendxab* (caballitos del diablo en zapoteco de Mitla) que, al ser hábiles depredadores, participan en el control de poblaciones de insectos que pueden tornarse perjudiciales para el ser humano. En Oaxaca se documentan 163 especies dentro del orden Odonata, lo que corresponde a 46% de la riqueza de libélulas reportada para México. En el campo ambiental, los odonatos se consideran buenos bioindicadores de la calidad del agua, por lo que han sido empleados para evaluar el impacto de las actividades humanas en ecosistemas acuáticos. La pérdida de su hábitat y la contaminación son factores de presión que comparten con otros grupos de invertebrados.

Esta obra también incluye información sobre moscas de la familia Syrphidae (orden Diptera) y microavispa parasitoides pertenecientes a la familia Encyrtidae (orden Hymenoptera). Los sírfidos desempeñan funciones ecológicas primordiales, ya que los adultos facilitan la polinización de plantas (muchas de ellas de importancia económica como el aguacate), mientras que sus larvas efectúan un control biológico natural al alimentarse de pulgones. Por su parte, los encírtidos brindan un servicio ambiental de regulación al controlar poblaciones de otros insectos, con lo que se generan importantes beneficios dentro del sector agrícola y forestal. En Oaxaca, la riqueza conocida para estos grupos reúne 64 especies (35 de sírfidos y 29 de encírtidos); no obstante, es importante ampliar y profundizar el estudio sobre ellos, dada su relevancia ecológica y económica.

Entre los insectos más conspicuos y carismáticos se encuentran las mariposas (orden Lepidoptera), cuya riqueza biológica en la entidad registra 1 756 especies (1 939 *taxa*). Las mariposas pueden ser de hábitos diurnos o nocturnos (polillas) y han sido apreciadas desde tiempos prehispánicos, hecho que se observa en diferentes manifestaciones artísticas y culturales (p.e. nombres de localidades como Papalutla o Papalotipac, hacen alusión a la abundancia de mariposas). En el estado, existen tradiciones arraigadas donde se aprovechan diferentes especies, como la extracción de seda a partir de orugas nativas (*Eutachyptera psidii*) o exóticas (*Bombyx mori*), o el uso gastronómico de los gusanos rojos del maguey o chinicuiles (*Comadia redtenbacheri*) que otorgan un sabor distintivo al mezcal y a diversos platillos; por su parte, otras especies resultan de importancia económica ya que sus larvas pueden ocasionar daños a cultivos. Las principales amenazas para las mariposas se relacionan con la degradación o pérdida de hábitats, el uso de agroquímicos, la contaminación lumínica (en mariposas nocturnas), las especies exóticas y el cambio climático. Las mariposas monarca (*Danaus plexippus*) y cometa chinanteca (*Pterourus esperanza*) se encuentran dentro de la NOM-059 (en las categorías sujeta a protección especial y amenazada, respectivamente), y se destacan las acciones emprendidas por las comunidades chinantecas para la protección de los bosques donde habitan. Otras iniciativas que favorecen la protección de mariposas son el ecoturismo y el establecimiento de áreas destinadas voluntariamente a la conservación (ADVC), instrumentos con los cuales podría promoverse la protección de sitios con alta riqueza de lepidópteros, como las selvas tropicales lluviosas ubicadas entre Los Chimalapas, Istmo y la Sierra Mazateca. Al igual que los escarabajos, libélulas y moscas de la familia Syrphidae, las mariposas son indicadoras de una buena calidad en los ecosistemas.

El último grupo de insectos que se presenta en esta obra son las chinches (superfamilia Lygaeoidea), con un listado de 131 especies. La mayoría de estos organismos se alimenta de tallos, hojas, frutos o semillas, por lo que inciden en la regeneración de la vegetación; algunos otros se alimentan de insectos y han sido empleados en programas de control biológico; mientras que un grupo muy reducido se alimenta de sangre de vertebrados. Cabe resaltar que algunos miembros de la familia Blissidae como *Toonglassa tumorosis* y *T. munda* se han

identificado como plagas de diversas monocotiledóneas en Oaxaca (p.e. pastos, platanillo, bambúes), y en general, las chinches se encuentran estrechamente asociadas a la vegetación, por lo que son altamente sensibles a los cambios en sus hábitats.

La sección continúa con información para los alacranes (orden Escorpiones), artrópodos que generalmente son temidos por su toxicidad; sin embargo, la gran mayoría de especies dentro del grupo (cerca de 80%) no son tóxicas para el ser humano y su función en los ecosistemas como depredadores es de importancia para la regulación de poblaciones de otros animales. De las 54 especies registradas en Oaxaca, cuatro son especies nuevas para la ciencia y 37 son endémicas. Asimismo, sólo dos especies resultan de relevancia médica en el estado: *Centruorides limpidus* (registrada en Huajuapán de León) y *C. baergi* (registrada en Cuicatlán).

Las arañas (orden Araneae) son parientes cercanos de los alacranes, y en la entidad se registran 289 especies, de las cuales 141 son endémicas a México y 73 a Oaxaca. Las regiones con mayor número de especies documentadas son Valles Centrales e Istmo. Al igual que los alacranes, su importancia ecológica radica en la regulación de poblaciones, principalmente de insectos; por su parte, en San Pedro Pochutla algunos pobladores aprovechan la araña de seda *Trichonephila clavipes* como alimento. Adicionalmente, se resalta el uso potencial de diversos venenos para el tratamiento de enfermedades cardiovasculares, dolor crónico e inflamaciones; sobre este aspecto, sólo dos especies exhiben peligrosidad para el ser humano: la viuda negra (*Latrodectus mactans*) y la araña violinista (*Loxosceles reclusa*). Diversos factores vinculados con la reducción de la cubierta vegetal (expansión de asentamientos humanos, actividades agropecuarias o incendios) afectan la presencia de arañas en el estado, situación que se agrava por el escaso conocimiento que se tiene sobre la diversidad, biología y ecología de este grupo.

En el apartado de vertebrados se presenta el conocimiento compilado para peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos en Oaxaca, los cuales agrupan 2 194 especies. Este apartado inicia con información sobre los peces cuyo esqueleto está compuesto por cartílago (clase Chondrichthyes), entre los que se encuentran tiburones, rayas, mantas y quimeras; en Oaxaca, la riqueza para este grupo es de 61 especies. Los tiburones son depredadores tope en las redes alimenticias marinas y regulan las poblaciones de otras especies de peces. En la

entidad, el aprovechamiento de tiburones es el segundo en importancia en la industria pesquera (sólo después de la pesquería de camarones) y su relevancia cultural se demuestra en algunas tradiciones tehuanas, a través de una danza que representa la pesca del tiburón sierra (*Pristis pristis*). En cuanto a su estado de conservación, ocho especies de condricios se mencionan en alguna categoría de riesgo conforme a la NOM-059: los tiburones ballena (*Rhincodon typus*) y peregrino (*Cetorhinus maximus*) como amenazadas, el tiburón sierra (*P. pristis*) en peligro de extinción, y cinco especies de rayas del género *Mobula* como sujetas a protección especial. Un instrumento a destacar es el Plan de Acción Nacional para el Manejo y Conservación de Tiburones, Rayas y Especies Afines en México, ya que establece directrices en ámbitos de investigación, regulación, vigilancia y educación para favorecer su aprovechamiento y conservación.

Por su parte, los peces que poseen un esqueleto óseo (clase Osteichthyes) conforman un total de 624 especies, donde se incluyen organismos marinos, costeros y de agua dulce. Al respecto, se documentan 194 especies que se aprovechan para la pesca marina, entre las que destacan por su alto valor económico el huachinango (*Lutjanus peru*), el pargo amarillo (*L. argentiventris*), el pargo colorado (*L. colorado*), el jurel (*Caranx caninus*) y el atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*). En el caso de peces de agua dulce, sobresale la presencia de 41 especies endémicas (30 exclusivas de México y 11 de Oaxaca), como resultado de la historia geológica de las cuencas hidrológicas del estado y el aislamiento de poblaciones. Del total de peces óseos registrados para la entidad, 18 especies se encuentran en alguna categoría de riesgo conforme a la NOM-059, entre ellas el caballito del Pacífico (*Hippocampus ingens*), pez ángel real (*Holacanthus passer*), almirante mexicano (*Millerichthys robustus*), guayacón de Chimalapa (*Priapella intermedia*) y juil ciego (*Rhamdia reddelli*); además, se proponen algunas especies para incluirse en esta norma. Los factores de presión para los peces (tanto marinos como continentales) son la pesquería no regulada, el uso de redes de arrastre como método de captura, la sobreexplotación, la contaminación de cuerpos de agua (ya sea por nutrientes, microorganismos o derrames de hidrocarburos), la construcción de barreras físicas como presas y la introducción de especies exóticas.

Otros vertebrados que dependen fuertemente del agua son los anfibios (clase Amphibia), organismos que

brindan servicios ambientales de regulación, ya que se alimentan de una gran cantidad de invertebrados (p.e. insectos vectores de enfermedades como el dengue, Zika o chikungunya). En esta obra se documentan 156 especies, de las cuales 65 son endémicas al estado; la Sierra Madre de Oaxaca (SMO) concentra la mayor riqueza, e incluso alberga anfibios cuya distribución es muy limitada dentro de la entidad (microendemismos). Es importante mencionar que este grupo se encuentra bajo severas amenazas debido a la destrucción de sus hábitats, el comercio ilegal, la introducción de especies invasoras y la aparición de enfermedades emergentes (p.e. quitridiomycosis), lo que en conjunto está mermando rápidamente sus poblaciones. Hasta el momento, 62 especies con distribución en el territorio oaxaqueño se encuentran en alguna categoría de riesgo dentro de la Norma Oficial Mexicana 059.

Como información complementaria para este grupo, se presenta un estudio de caso donde se analiza la presencia de anfibios dentro de áreas naturales protegidas (ANP) y ADVC en Oaxaca. La superficie conservada bajo estos esquemas es muy pequeña en el estado (aproximadamente 5% del territorio), por lo que aún existen zonas importantes con presencia de anfibios sin algún instrumento que procure su conservación; tal es el caso de los bosques mesófilos de montaña en la SMO, que presentan la mayor riqueza y endemismos de anfibios. Cabe señalar que las ADVC han funcionado como esquemas complementarios exitosos para este grupo, ya que en ellas se han identificado al menos 56 especies de anfibios, entre las que destacan ranas arborícolas (*Sarcohyala crassa*, *S. hazelae*) y salamandras endémicas (p.e. *Pseudoeurycea juarezi*).

Este tercer volumen también refleja el conocimiento sobre las lagartijas, serpientes, tortugas y cocodrilos que se distribuyen en el estado. Al respecto, las cifras más actualizadas registran 323 especies (330 *taxa*) dentro de la clase Reptilia, lo que destaca a Oaxaca como la entidad en México con mayor riqueza para este grupo y uno de los sitios con mayor proporción de endemismos. A su vez, más del 40% de las especies de reptiles en territorio oaxaqueño se clasifica en alguna categoría de riesgo conforme a la normatividad mexicana. En relación con su importancia, además de ser un componente esencial de las redes tróficas, los reptiles forman parte de la cultura de diversos grupos étnicos; tal es el caso de las iguanas al constituir un símbolo de identidad en la cultura Zapote-

ca, o los cocodrilos que se vinculan con la prosperidad y abundancia en comunidades como San Pedro Huamelula. Por su parte, algunas especies de reptiles siguen aprovechándose como alimento, y su piel es apreciada en la industria peletera. Los principales factores de presión que amenazan la permanencia de reptiles en Oaxaca son el cambio de uso del suelo, la deforestación, los incendios forestales y el tráfico ilegal de especies.

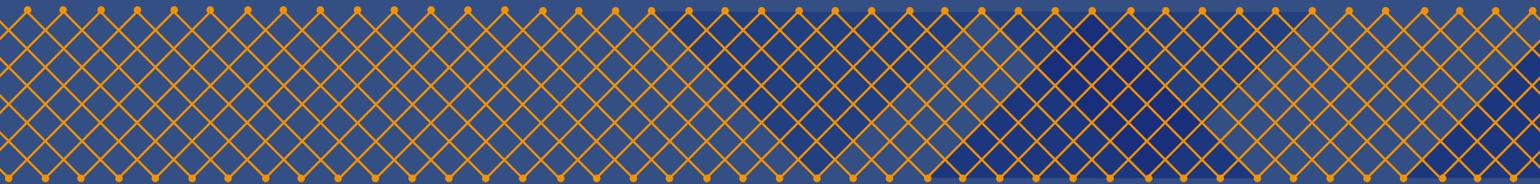
Las aves, al igual que los reptiles, son un grupo numeroso dentro del territorio estatal, y son relevantes ecológicamente por participar en procesos como control de plagas, polinización, dispersión de semillas y propiciar la sucesión ecológica. Con diversas adaptaciones que las hacen dominar el aire, sus colores y cantos, la riqueza de aves en Oaxaca es la mayor del país con 784 especies (cerca de 70% de las descritas para México), de las cuales 59 son endémicas. Dentro de las amenazas identificadas para este grupo, sobresale la fragmentación de hábitats ocasionada por la construcción de vialidades (que junto con el desarrollo industrial generan una sinergia adversa), además de la presencia de gatos domésticos o ferales, y la contaminación. El número de especies en riesgo es de los más altos (203 especies en la NOM-059) y los esquemas para su conservación como las ANP resultan limitados en superficie; por ello, las áreas de importancia para la conservación de las aves (AICA) -que abarcan 32% del territorio- podrían coadyuvar en su manejo; no obstante, este esquema carece de un marco legal adecuado y de recursos para su operación. Entre las perspectivas para el grupo se señala el ecoturismo de observación de aves como una actividad que puede generar una derrama económica importante para las comunidades y fomentar su conservación.

Como información complementaria, esta sección incluye un estudio de caso que analiza el impacto de los parques eólicos sobre las aves en el Istmo de Tehuantepec. Al respecto, se señala que la operación de aerogeneradores en la zona -considerada uno de los corredores migratorios más importantes para las aves en América- representa una amenaza emergente para la fauna voladora. Una estimación sobre la posible mortalidad de aves en la región sugiere que más de 50 mil aves mueren anualmente, derivado de la colisión de individuos con las torres eólicas.

El último grupo de vertebrados revisado en esta obra son los mamíferos (clase Mammalia), para los cuales se

reportan 246 especies en Oaxaca (222 terrestres y 24 marinas). En cuanto a su estado de conservación, al menos 74 especies de mamíferos se clasifican en alguna categoría de riesgo conforme a la normatividad nacional, donde destacan 19 cetáceos, 18 murciélagos, 14 roedores y 11 carnívoros. Para el caso de mamíferos terrestres, se señala a los bosques mesófilos de montaña como ecosistemas frágiles con presencia de mamíferos endémicos; mientras que en el ambiente marino, la zona económica exclusiva de la entidad se considera como una región con riqueza intermedia de mamíferos, similar a la reportada para otras zonas tropicales de México y el mundo. En general, los mamíferos marinos se consideran como indicadores de la situación o cambios en los ecosistemas, debido a la posición trófica que ocupan y a su amplia distribución. Por su parte, los mamíferos terrestres de la entidad participan en procesos de polinización, dispersión de semillas y control biológico de plagas; asimismo, se ha documentado que diferentes comunidades los aprovechan como alimento, medicina o animales de compañía. Los factores que ponen en riesgo a los mamíferos de la entidad son la destrucción y contaminación de hábitats, cacería ilegal o sobreexplotación, introducción de especies exóticas y cambio climático.

El conocimiento integrado en *La biodiversidad en Oaxaca. Estudio de Estado* constituye un compendio robusto de información sobre la singular configuración del territorio y la vida en la entidad. A partir de ello, es posible reconocer que dentro de sus límites geográficos, es el estado a nivel nacional con mayor riqueza documentada para especies de hongos, ortópteros, anfibios, reptiles, aves y mamíferos; además, junto con Chiapas y Veracruz, es uno de los primeros lugares en México en albergar la más alta diversidad de mariposas. Como se detalla a lo largo de esta obra, Oaxaca cuenta además con importantes recursos naturales (p.e. minerales, eólicos e hidrológicos), lo que suma al sobresaliente capital natural de la entidad; no obstante, conservar y aprovechar sustentablemente este maravilloso e irreplicable patrimonio requerirá de una enorme responsabilidad y amplio conocimiento científico para la toma de decisiones, así como de esfuerzos continuos y transversales entre academia, gobierno y sociedad. Lo anterior, con el objetivo de impulsar el desarrollo y bienestar de los oaxaqueños en el presente y el futuro, en armonía con el entorno natural del cual se sustentan.



Depredación de mariposa. Foto: Roberto Flores Diego/CONABIO/Mosaico Natura.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Invertebrados terrestres





Saltamonte perezoso (*Taeniopoda eques*). Foto: Noe Mestas/CONABIO/Mosaico Natura.

Ortópteros: chapulines, langostas, grillos y esperanzas

Iván Israel Castellanos Vargas, Zenón Cano Santana, Ricardo Mariño Pérez, Paolo Fontana y Filippo Maria Buzzetti

Descripción

El orden de los ortópteros (Orthoptera) agrupa a insectos tales como chapulines (o saltamontes), langostas, grillos, esperanzas y caras de niño, los cuales se caracterizan por tener patas posteriores de tipo saltatorio, con fémures engrosados y órganos estriduladores (que producen su peculiar sonido). Tienen una cabeza grande con poca movilidad, antenas delgadas cuya longitud es variable, grandes ojos compuestos (a excepción de los que viven en cuevas) y un aparato bucal masticador (McGavin 2002). Sus dos primeros pares de patas generalmente son caminadoras y muy semejantes entre sí, aunque en algunas especies el primer par puede tener adaptaciones para excavar.

Tienen dos pares de alas bien desarrolladas, aunque a veces carecen de ellas. En las especies aladas, el par de alas delantero (llamadas tegminas) comúnmente son coriáceas (endurecidas como cuero) y a menudo se emplean para la emisión de sonidos; mientras que el segundo par es membranoso y está plegado como un abanico lateralmente a lo largo del abdomen. Estas últimas alas les permiten realizar vuelos activos en los que se desplazan grandes distancias, aunque muchas especies se limitan al vuelo pasivo a distancias cortas (Gullan y Cranston 2000, McGavin 2002).

El orden Orthoptera se divide en los subórdenes Ensífera y Caelífera. Los miembros de Ensífera (grillos, esperanzas y caras de niño) se caracterizan por tener antenas más largas que el cuerpo, órganos timpánicos colocados en las tibias de las patas delanteras, producir

sonido con las tegminas, hembras con un ovipositor muy largo, tener hábitos nocturnos y alimentarse de plantas o de otros animales. Por su parte, en Caelífera (chapulines y langostas) las especies presentan antenas cortas a veces engrosadas en el ápice, órganos timpánicos a los costados del abdomen, las hembras poseen un ovipositor corto y robusto con forma de pinza, tener hábitos diurnos y alimentarse predominante de plantas (Essig 1942, Cigliano *et al.* 2021).

El ciclo de vida de los ortópteros comprende las etapas de huevo, ninfa y adulto. Las ninfas se parecen a los adultos, pero carecen de alas (o están poco desarrolladas), sus órganos genitales no están diferenciados y no son funcionales; en tanto que los adultos tienen alas bien desarrolladas (en las especies que las poseen) y sus genitales ya están maduros y son funcionales. En general, los huevos son depositados en el interior de las plantas o bajo el suelo para resistir el invierno frío y seco; las ninfas eclosionan y crecen durante las primeras lluvias, y los adultos se concentran a mediados y finales de la temporada de lluvias, entre septiembre y diciembre (Essig 1942).

Distribución y diversidad

Los ortópteros en Oaxaca tienen una amplia distribución geográfica, que comprende diversos climas, hábitats y tipos de vegetación (figura 1). Pueden vivir en los manglares tropicales del Parque Nacional Lagunas de Chacahua a nivel del mar, como el grillo verde con espinas (*Phlugis chrysopa*), o en los fríos bosques de coníferas que existen

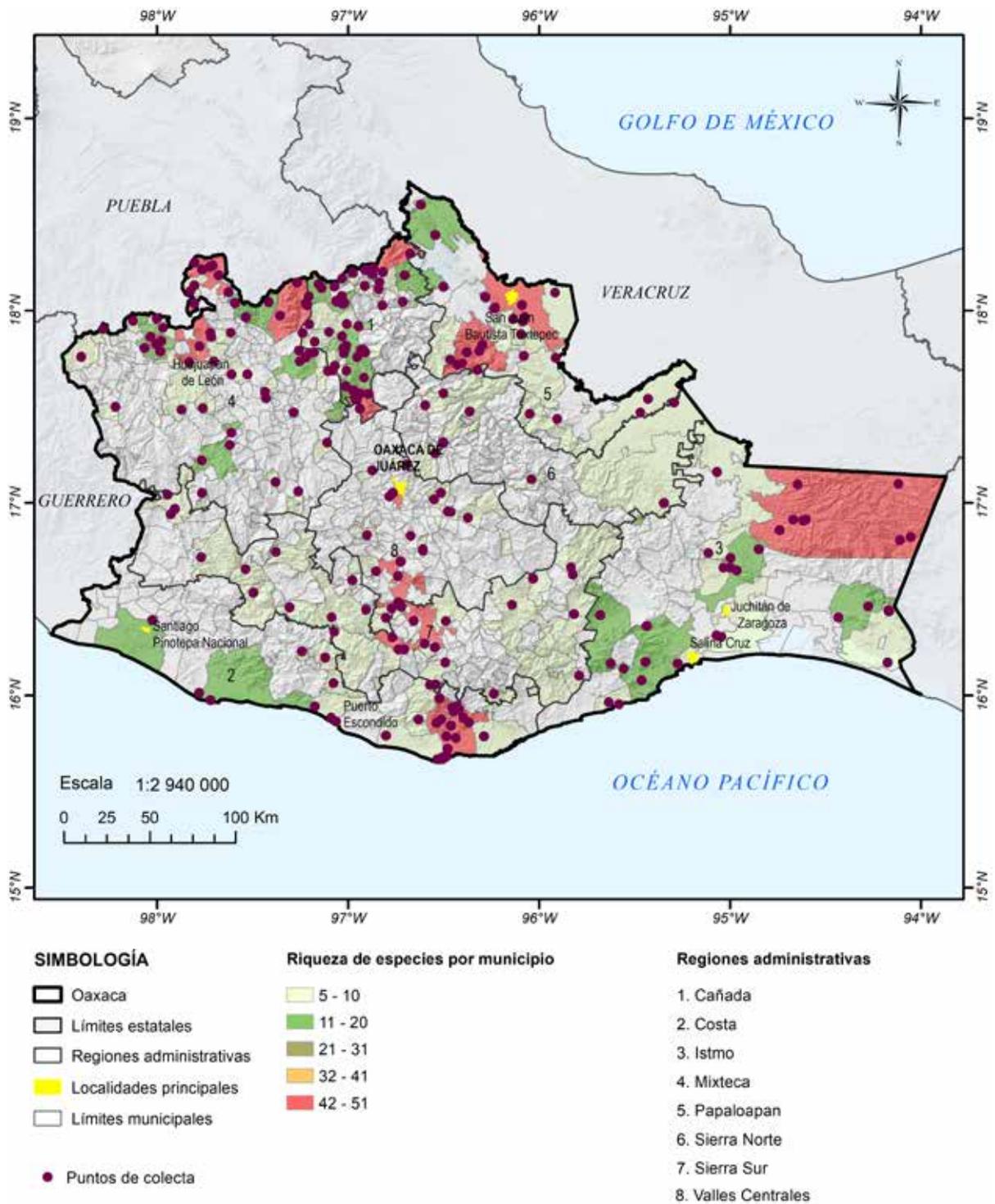


Figura 1. Riqueza de ortópteros por municipio y puntos de colecta entre 2008 y 2009. Fuente: elaboración propia con base en Cano-Santana *et al.* 2012.

en las cimas más altas de las sierras, como el chapulín *Perixerus squamipennis*, registrado en San Miguel Coatlán, a una altitud de 2 325 msnm.

En el estado se registran 190 especies (187 identificadas) de ortópteros, agrupadas en 110 géneros y 14 familias (apéndice 21). Este número de especies representa el 19.4% de las 978 que reconocieron Fontana y colaboradores (2008) para el país, y 0.65% de las 29 020 que se han descrito en el planeta (Cigliano *et al.* 2021). De acuerdo con datos de Barrientos-Lozano (2004), el estado ocupa el primer lugar a nivel nacional en diversidad de ortópteros seguido por Baja California (98 especies), Veracruz (74), Tamaulipas (60) y Baja California Sur (38). Los datos de Barrientos-Lozano (2004) y Fontana y colaboradores (2017) sugieren la existencia de al menos 27 especies que únicamente han sido registradas en Oaxaca (cuadro 1).

Las familias de ortópteros que agrupan el mayor número de especies (85.8%) en el estado son: Acrididae (82), Tettigoniidae (45), Gryllidae (14), Pyrgomorphidae (12) y Romaleidae (10; cuadro 2). Los géneros que agrupan 24.2% de la diversidad oaxaqueña son: *Sphenarium* (7 especies), *Melanoplus* (6), *Paratettix* (6), *Schistocerca* (6), *Taeniopoda* (5), *Arphia* (4), *Insara* (4), *Stenopelmatus* (4) y *Teicophrys* (4). Los ortópteros más abundantes en el estado son los chapulines *Boopedon rufipes* y *Rhammatocerus viatorius viatorius* (Acrididae), así como el chapulín de la milpa *Sphenarium purpurascens* (Pyrgomorphidae; figura 2; Cano-Santana *et al.* 2012).

Importancia

Los ortópteros tienen una gran importancia ecológica debido a que: 1) son muy abundantes, sobre todo en lugares abiertos y soleados como praderas, pastizales, zonas alteradas, bosques abiertos y campos de cultivo; 2) cumplen una función como herbívoros dominantes, en diversos ecosistemas terrestres; 3) tienen un lugar importante dentro del ciclo de nutrientes de los ecosistemas, debido a que consumen gran cantidad de biomasa vegetal, a veces provocando que tejidos vegetales no consumidos caigan al suelo, donde quedan a disposición de la fauna desintegradora; y 4) forman parte de las redes tróficas de los ecosistemas, pues son alimento de una gran diversidad de animales (Preston-Mafham 1990).

Entre las especies que los parasitan, se encuentran algunas larvas de moscas y avispas, gusanos nemátodos y ácaros; mientras que sus principales depredadores son

Cuadro 1. Ortópteros con registro único de colecta en Oaxaca (se indica la localidad de aquellas especies con información).

Especie	Localidad
<i>Silvitettix whitei</i>	Almoyola Oaxaca
<i>Liladownsia fraile</i>	Suchixtepec
<i>Perixerus obscurus</i>	San Juan Atepec
<i>P. triqui</i>	San Andrés Huaxpaltepec
<i>Sphenarium planum</i>	Chazumba
<i>S. variable</i>	San Andrés Paxtlán
<i>S. zapotecum</i>	Pluma Hidalgo
<i>Heliastus cirrhoides</i>	Huajuapán
<i>Lactista micrus</i>	
<i>Chapulacris albanica</i>	Monte Albán
<i>C. palmicola</i>	
<i>Proctolabus oaxacae</i>	
<i>Piscacris affinis</i>	Cerro San Felipe
<i>Rhcnoderma basalis</i>	Tehuantepec
<i>Taeniopoda picticornis</i>	
<i>Teicophrys halfferi</i>	Salina Cruz
<i>T. pinai</i>	
<i>T. strigilecula</i>	Ciudad de Oaxaca
<i>Montezumina cohnorum</i>	
<i>M. oaxaca</i>	Tapanatepec
<i>Ancistrocerus circumdatus</i>	
<i>Caloxiphus astrosignatus</i>	Vista Hermosa
<i>Cocconotus (Cocconotus) meroncidioides</i>	
<i>Geonottus vittatus</i>	Mixteca
<i>Xestoptera cornea</i>	
<i>Neonemobius toltecus</i>	
<i>Ectatoderus tubulatus</i>	Salina Cruz

Fuente: elaboración propia con datos de Barrientos-Lozano 2004, Fontana *et al.* 2017.

Cuadro 2. Especies de ortópteros por familia.

Familia	Nombre común	Especies
Acrididae	Chapulines (saltamontes) y langostas	82
Tettigoniidae	Esperanzas	45
Gryllidae	Grillos	14
Pyrgomorphidae	Chapulines de milpa	12
Romaleidae	Chapulines (saltamontes)	10
Tetrigidae	Grillitos	7
Episactidae	Chapulines (saltamontes)	4
Stenopelmatidae	Caras de niño	4
Mogoplistidae	Chapulines de río	3
Ripterygidae	Grillitos	3
Tridactylidae	Grillos	3
Anostostomatidae	Grillos rey	1
Gryllotalpidae	Grillotopos	1
Rhaphidophoridae	Grillos camello	1

Fuente: elaboración propia con datos de Cano-Santana *et al.* 2012.



Figura 2. Especies de ortópteros más abundantes en Oaxaca: a) chapulín *Boopedon rufipes*; b) chapulín *Rhammatocerus viatorius viatorius*; c) chapulín de la milpa *Sphenarium purpurascens*. Fotos: Iván Castellanos-Vargas.

campamochas, reptiles (lagartijas e iguanas), aves (pájaros, aves de corral como guajolotes y aves rapaces como aguiluchos) y mamíferos (monos, zorros y tlacuaches; Rees 1973, Preston-Mafham 1990, Capinera *et al.* 2004).

Algunas especies, como la langosta centroamericana *Schistocerca piceifrons piceifrons* (Acrididae), representan una plaga importante. Esta langosta llega a conformar agregaciones de millones de ejemplares que devastan los campos de cultivo y los pastizales del ganado (Barrientos-Lozano 1990, Arrijoja 2012). Se tienen documentados varios brotes de langostas en diferentes zonas de Oaxaca,

que llegaron a ocasionar graves problemas económicos y alimentarios (cuadro 3).

Algunos ortópteros están fuertemente arraigados en la cultura culinaria de Oaxaca. En el estado se consumen al menos 24 especies, entre los que destacan los chapulines de la milpa (género *Sphenarium*), los cuales son consumidos por 13 etnias (nahuas, zapotecos, mixtecos, zoques, mixes, triquis, cuicatecos, mazatecos, amuzgos, chontales, chinantecos, chochos y chatinos; Ramos-Elorduy 2004, Ramos-Elorduy y Pino Moreno 2004). De hecho, en el estado, la venta y distribución de chapulines

del género *Sphenarium* constituye una fuente importante de ingresos (Ramos-Elorduy y Pino Moreno 2004).

Amenazas y conservación

Cano-Santana y colaboradores (2012) indican que en la entidad existen 20 especies de ortópteros que deberían figurar en algún nivel de riesgo (incluyendo peligro

extinción; cuadro 4). Los principales problemas que enfrentan son la deforestación y reducción de la cobertura vegetal, la contaminación de cuerpos de agua, la erosión del suelo, el deterioro asociado a la actividad ganadera, la incidencia de tiraderos al aire libre, el cambio climático y el daño que causan los turistas en algunas zonas. Algunas de las especies que deberían considerarse en alguna categoría de riesgo son:

Cuadro 3. Plagas de langostas en diferentes periodos y comunidades en Oaxaca.

Periodo de afectación	Distribución	Referencias
1802-1804	Cuatro Villas, Jicayán, Miahuatlán, Nejapa, Tehuantepec, Teococuilco, Teotitlán del Camino, Teutila y Villa Alta	Tort 1858, Rivas-Moreno 1888
1853-1857	Huajuapán de León, Jamiltepec, Yautepec, Tlacolula, Ixtlán, Choapan, Cuicatlán, Tehuantepec, Teotitlán del Camino y Villa Alta	Rivas-Moreno 1888
1880	Ejutla, Miahuatlán, Ocotlán y Zimatlán	Rivas-Moreno 1888
1925	Mixteca y Valles Centrales	Márquez-Delgado 1963
2009-2010	San Miguel Soyaltepec	Arrijoja 2012, Contreras y Galindo 2013, Contreras y Magaña 2013, Martínez 2013

Fuente: elaboración propia con datos de Tort 1858, Rivas-Moreno 1888, Márquez-Delgado 1963, Arrijoja 2012, Contreras y Galindo 2013, Contreras y Magaña 2013, Martínez 2013.

Cuadro 4. Ortópteros propuestos para incluir en alguna categoría dentro de la NOM-059.

Especie	Principales amenazas
<i>Chapulacris albanica</i>	Deterioro de su hábitat por la constante entrada de turistas en el sitio arqueológico de Monte Albán, única localidad en la que se registra la especie
<i>Phlugis chrysopa</i>	Pérdida de hábitat por la destrucción de los manglares de Zipolite (municipio y distrito Pochutla) y Chacahua (municipio Tututepec, distrito Juquila)
<i>Paratettix mexicanus</i> y <i>P. aztecus</i>	Contaminación con metales pesados y detergentes, de los cuerpos de agua de Santiago Yogana (distrito Ejutla)
<i>Chromacris colorata</i>	Pérdida de hábitat por la deforestación de los bosques de enebro (<i>Juniperus flaccida</i> y <i>J. deppeana</i>) de San Juan Tonaltepec (municipio Santiago Nacaltepec, distrito Cuicatlán)
<i>Titanacris velazquezii</i>	Pérdida de hábitat por el cambio de uso del suelo, debido a que habita en el dosel de los bosques tropicales de la zona del Istmo de Tehuantepec
<i>Arachnocephalus</i> sp.	Habita sitios transicionales de vegetación entre bosques de junípero y matorrales xerófilos, que son escasos
<i>Xyleus discoideus mexicanus</i>	Fragmentación intensa de sus hábitats naturales en Arroyo Cruz (municipio y distrito Pochutla) por la construcción de complejos turísticos
<i>Stilpnochlora thoracica</i>	Pérdida de cobertura vegetal y erosión edáfica en San Luis Amatlán (distrito Miahuatlán) y Pluma Hidalgo (distrito Pochutla)
<i>Philophyllia guttulata</i>	Pérdida de cobertura vegetal y erosión edáfica en Pluma Hidalgo
<i>Teicophrys inopinata</i>	Compactación de suelo y remoción de la cobertura vegetal, que ejercen las cabras en Santiago Chazumba (distrito Huajuapán)
<i>Perixerus squamipennis</i>	Pérdida de hábitat por la deforestación de encinares
<i>Ripipteryx</i> spp. (incluye <i>R. tricolor</i> , <i>R. scrofulosa</i> y <i>R. mexicana</i>)	Pérdida de hábitat por la deforestación de encinares
<i>Ellipes minuta</i>	Su pequeño tamaño corporal lo hace sensible al calentamiento de su hábitat
<i>Tela bolivari</i>	Pérdida de hábitat por la deforestación de los bosques tropicales caducifolios de Nizanda (municipio Asunción Ixtaltepec, distrito Juchitán)
<i>Liladownsia fraile</i>	Pérdida de hábitat por la deforestación de los bosques de pino-encino (<i>Pinus-Quercus</i>) de Suchixtepec y San José del Pacífico
<i>Oaxaca colorata</i>	Hábitats afectados por rellenos sanitarios irregulares y a cielo abierto
<i>Cycloptilum squamosus</i>	Deforestación que destruye el hábitat de estos grillos arborícolas

Fuente: elaboración propia con datos de Cano-Santana et al. 2012.

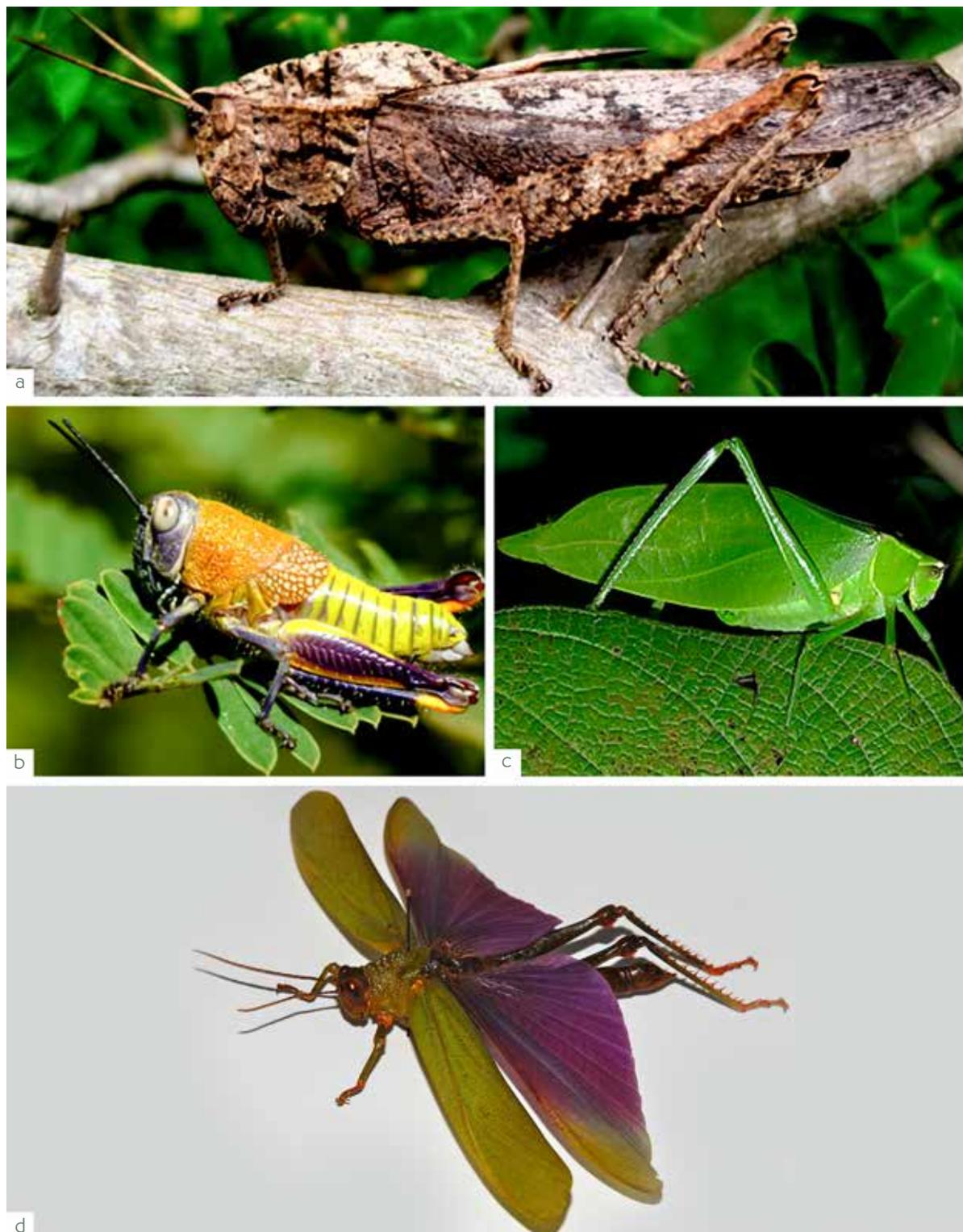


Figura 3. Ortópteros que pueden incluirse en alguna categoría de riesgo (en peligro de extinción) en la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN): a) *Xyleus discoideus mexicanus*; b) *Perixerus squamipennis*; c) *Stilpnochlora thoracica*; d) *Titanacris velazquezii*. Fotos: Iván Castellanos-Vargas.

Xyleus discoideus mexicanus (figura 3a), *Perixerus squamipennis* (figura 3b), *Stilpnochlora thoracica* (figura 3c) y *Titanacris velazquezii* (figura 3d).

Un bioindicador es una especie (o agrupación de éstas) que proporciona información sobre ciertas características ecológicas del hábitat en que se encuentra (Gobbi 2000). Cano-Santana y colaboradores (2012), propusieron algunas especies con potencial bioindicador de distintos rasgos ambientales del estado:

- Los chapulines de la milpa *Sphenarium purpurascens* y *S. mexicanum* son indicadores de disturbio de la vegetación.
- *Trimerotropis pallidipennis* es indicadora de sitios con erosión edáfica.
- *Ripipteryx tricolor* y *Paratettix mexicanus* se consideran indicadores de buena calidad de agua en ríos y lagos.

Referencias

- Arrijo, L.A. 2012. "Enjambres" y "nubarrones" en el campo oaxaqueño: las plagas de langosta de 1802 y 1853. *Relaciones* 129:161-213.
- Barrientos-Lozano, L. 1990. La langosta centroamericana (*Schistocerca piceifrons* Walker, 1870) (Orthoptera: Acrididae), plaga mayor de la agricultura en el sureste de México y Centroamérica. Impacto y significancia. *Biotam* 2:31-37.
- . 2004. Orthoptera. 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. 603-625.
- Cano-Santana, Z., I. Castellanos-Vargas, P. Fontana et al. 2012. *Ortopteroides de Oaxaca, México: Orthoptera, Mantodea y Phasmatodea*. Bases de datos SNIB-CONABIO proyecto GE001. Facultad de Ciencias-UNAM, México.
- Capinera, J.L., R.D. Scott y T.J. Walker. 2004. *Field guide to grasshoppers, katydids and crickets of the United States*. Cornell University Press, Nueva York.
- Cigliano, M.M., H. Braun, D.C. Eades y D. Otte. 2021. *Orthoptera species file*. Version 5.0/5.0. En: <<http://Orthoptera.SpeciesFile.org>>, última consulta: 12 de septiembre de 2021.
- Contreras, C. y M.G. Galindo. 2013. La plaga de la langosta centroamericana, *Schistocerca piceifrons piceifrons* (Walker), en México: Reconstrucción ambiental 1592-2000. En: *La plaga de la langosta centroamericana Schistocerca piceifrons piceifrons* (Walker) una visión multidisciplinaria desde la perspectiva del riesgo fitosanitario en México. M.G. Galindo C., C. Contreras S. y E. Ibarra Z. (coords.). Universidad Autónoma de San Luis Potosí, San Luis Potosí, pp. 87-110.
- Contreras, C. y C. Magaña. 2013. Ficha técnica de la langosta centroamericana *Schistocerca piceifrons piceifrons* (Walker). En: *La plaga de la langosta centroamericana Schistocerca piceifrons piceifrons* (Walker) una visión multidisciplinaria desde la perspectiva del riesgo fitosanitario en México. M.G. Galindo C., C. Contreras S. y E. Ibarra Z. (coords.). Universidad Autónoma de San Luis Potosí, San Luis Potosí, pp. 16-36.
- Essig, E.O. 1942. *College entomology*. The McMillan Co., Nueva York.
- Fontana, P., F.M. Buzzetti y R. Mariño-Pérez. 2008. *Chapulines, langostas, grillos y esperanzas de México: guía fotográfica*. WBA Handbooks, Verona.
- Fontana, P., F.M. Buzzetti, R. Mariño-Pérez et al. 2017. *Ortópteros de Oaxaca: Guía fotográfica de campo*. WBA Handbooks Vol. 8. Editorial WBA Project, Italia.
- Gobbi, G. 2000. Gli artropodi terrestri e la tutela degli ecosistemi in Italia. *Naturalistica Siciliano* 24(3-4):189-223.
- Gullan, P.J. y P.S. Cranston. 2000. *The insects: an outline of entomology*. Chapman and Hall, Londres.
- Márquez-Delgado, A. 1963. *La lucha contra la langosta en México*. Fournier, México.
- Martínez, M.V.P. 2013. *Langosta*. En: <<http://www.senasica.gob.mx/?id=4517>>, última consulta: 18 de febrero de 2014.

- *Phlugis chrysopa* es indicador de un alto nivel de conservación de la vegetación en manglares, como los del Parque Nacional Lagunas de Chacahua o de los bosques tropicales de Santa María Huatulco.

Conclusiones y recomendaciones

Es necesario actualizar los inventarios biológicos específicos, sobre la diversidad de ortópteros en las áreas naturales no protegidas, principalmente a las que se accede con dificultad, como es el caso de la región de Los Chimalapas y la cuenca alta del río Uxpanapa en el extremo oriente del estado. También es importante proteger las zonas de vegetación natural aledañas a Monte Albán. Finalmente, se recomienda documentar el conocimiento que muy probablemente tienen los diversos grupos étnicos oaxaqueños, sobre los nombres comunes, leyendas y usos asociados a los ortópteros de la entidad.

- McGavin, G.C. 2002. *Entomología esencial*. Ariel Ciencia, Barcelona.
- Preston-Mafham, K. 1990. *Grasshoppers and mantids of the world*. Facts on File, Nueva York.
- Ramos-Elorduy, J. 2004. La etnoentomología en la alimentación, la medicina y el reciclaje. 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. 329-416.
- Ramos-Elorduy, J. y J.M. Pino Moreno. 2004. Persistencia del consumo de insectos. En: *Biodiversidad de Oaxaca*. A.J. García-Mendoza, M.J. Ordoñez y M. Briones-Salas (eds.). Instituto de Biología-UNAM/ Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza/wwf, México, pp. 565-584.
- Rees, N.E. 1973. *Arthropod and nematode parasites, parasitoids, and predators of Acrididae in America North of Mexico*. Boletín técnico No. 1460. Agricultural Research Service/United States Department of Agriculture, Washington.
- Rivas-Moreno, F. 1888. *La plaga de langosta en México, Argelia y otros países*. Mundi Prensa, Madrid.
- Tort, J.M. 1858. Dictamen de la comisión sobre la memoria relativa a la langosta. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística* 6:153-157.



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Saltamonte hoja de la familia Tettigoniidae. Foto: Ángel Eduardo López García/CONABIO/Mosaico Natura.

Liladownsia fraile y otros ortópteros descritos recientemente

Ricardo Mariño Pérez, Paolo Fontana y Filippo Maria Buzzetti

Introducción

El territorio oaxaqueño, además de ser rico en cultura y gastronomía, también lo es en biodiversidad y una muestra de ello son los ortópteros, conocidos entre otros nombres como chapulines, langostas, grillos y esperanzas. En el mundo se conocen aproximadamente 29 mil especies. En México se han documentado alrededor de mil y cada año se siguen describiendo especies nuevas. Para Oaxaca se han registrado más de 180 especies (Cigliano *et al.* 2021), entre las cuales se encuentran los chapulines consumidos por los humanos (pertenecientes al género *Sphenarium*).

Específicamente, para el país y el estado, en los años recientes se han descrito varias especies encontradas a la orilla de la carretera. Afortunadamente, muchos ortópteros como los chapulines gustan de pastos y hierbas que crecen y abundan a la orilla de los caminos. Sin embargo, cuando estos pastos y hierbas no son naturales sino producto de la deforesta-

Mariño-Pérez, R., P. Fontana y F.M. Buzzetti. 2022. *Liladownsia fraile* y otros ortópteros descritos recientemente. En: *La biodiversidad en Oaxaca. Estudio de Estado*. Vol. III. CONABIO, México, pp. 40-44.

ción y la agricultura, la diversidad de ortópteros se redujo drásticamente a unas pocas especies de muy amplia distribución.

Chapulín fraile

En 2011, en una carretera cerca de San Miguel Suchixtepec (distrito Miahuatlán), entre Puerto Ángel y la capital del estado, se encontró un ejemplar juvenil de chapulín que no se había registrado anteriormente. No se logró determinar a qué familia pertenecía, aunque se encontró asociado a la planta mirto (*Salvia elegans*); posteriormente se encontraron más juveniles y adultos. Los lugareños conocen a este chapulín con el nombre de fraile, debido a que pareciera que visten una capucha.

Después de una revisión detallada se concluyó que era una especie y género nuevos. Cuando se procedió a la descripción científica se le nombró como *Liladownsia fraile*, el nombre genérico en honor a la cantante Lila Downs, quien es originaria de Oaxaca, y el epíteto específico por el nombre común que le da la gente de la región al insecto. Se trata de un descubrimiento significativo porque es difícil de creer que dado el tamaño (3 a 4 cm) y la localidad (a orilla de la carretera), haya pasado desapercibida por tantos años (figura 1).

Esta nueva especie tiene colores llamativos y es probable que se trate de una señal de advertencia (coloración aposemática) para sus depredadores. En 2013 se realizó otra expedición en donde se registró a *L. fraile* en otras localidades cercanas. No obstante, su distribución es muy restringida, debido a que sólo habita en una altitud entre los 1 900 y 3 000 msnm, en bosques de encino y pino. Esta especie es endémica de la Sierra Madre del Sur. Por esta situación, en 2014 se convirtió en la primera especie de chapulín de México en ser incluida en la Lista Roja de especies amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), en la categoría en peligro (Fontana y Mariño-Pérez 2014).

Especies nuevas

Es tal la diversidad en el estado que se han descrito recientemente otras especies de ortópteros. Cabe señalar que todas estas especies que se enumeran a continuación fueron recolectadas a la orilla de una carretera o a pocos pasos de ella, durante expediciones entre los años de 2007 y 2011 (Fontana *et al.* 2011a, b, c):

- Género *Oaxaca*. Es endémico de la Sierra Madre del Sur y por tratarse de un grupo de reciente diversificación es claro que ha radiado en esta sierra. Las especies nuevas pertenecientes a este género son: *O. colorata* (figura 2a; localidad: alrededores de Pluma Hidalgo, distrito Pochutla) y *O. carinata* (figura 2b; localidad: cerca de Santa María Zacatepec, distrito Putla).
- Género *Reyesacris*. Otra especie que resultó ser muy abundante en los alrededores de Portillo del Rayo (municipio Candelaria Loxicha, distrito Pochutla) fue *Reyesacris amedegnatoe*, también endémica de la Sierra Madre del Sur (figura 2c), la cual presenta una distribución neotropical.
- Género *Melanoplus*. Cuenta con más de 200 especies que tienen una afinidad holártica, siendo las sierras oaxaqueñas el límite sur. Se encontraron tres especies nuevas: *M. mixes* (figura 2d; localidad: alrededores de Mitla en el distrito Tlacolula, y Monte Albán en el distrito Centro), *M. oaxacae* (figura 2e; localidad: Monte Albán) y *M. luduvinae* (localidad: cerca de Ayoquezco de Aldama, distrito Zimatlán).
- *Cephalotettix chinantecus*. Se le conoce como chapulín de patas verdes (figura 2f; localidad: cerca de Ayoztintepec, distrito Tuxtepec), y su nombre científico hace referencia al pueblo indígena chinanteco.
- Se descubrieron dos especies nuevas: *Ichthyotettix stricticaudatus* (figura 2g; localidad Huajuapán de León, en los alrededores de Tierra Blanca y Cosoltepec) y *Arachnitus apterus* (figura 2h; localidad: región del Valle de Tehuacán-Cuicatlán, en los límites de Oaxaca con Puebla).
- *Insara oaxacae* (figura 2i). Esta nueva especie se encontró en los alrededores de San José del Pacífico (municipio San Mateo Río Hondo, distrito Miahuatlán) y en San Juan Tonaltepec (municipio Santiago Nacaltepec, distrito Cuicatlán).

Importancia del reconocimiento de especies nuevas

Estas especies de reciente descripción son una muestra de la complejidad de la biota oaxaqueña. Algunas especies son de afinidad neártica, mientras que otras muestran una afinidad neotropical, además de que existen diversos endemismos. Sobresale el hecho de que *Liladownsia fraile* se encuentra incluida en la Lista Roja



Figura 1. *Liladownsia fraile*: a) macho adulto; b) juvenil. Fotos: Ricardo Mariño-Pérez.



Figura 2. Ortópteros de descripción reciente: a) *Oaxaca colorata*; b) *O. carinata*; c) *Reyesacris amedeagnatoe*; d) *Melanoplus mixes*; e) *M. oaxacae*; f) *Cephalotettix chinantecus*; g) *Ichthyotettix stricticaudatus*; h) *Arachnitus apterus*; i) *Insara oaxacae*. Fotos: Ricardo Mariño-Pérez (b, d, f), Paolo Fontana (a, c, e, g, h), Filippo Maria Buzzetti (i).

de la UICN, ya que brinda una herramienta a los tomadores de decisiones para proponer nuevas áreas de conservación. A su vez, es claro el gran conocimiento que los diversos pueblos presentes en Oaxaca tienen sobre los ortópteros; seguramente conocen a muchas más especies que no han sido descritas formalmente, por lo que es imprescindible aprovechar su conocimiento. Finalmente, otra herramienta que ha cobrado relevancia es la obtención de registros en tiempo real a través de fotografías tomadas por el público en general y compartidas en el portal de Naturalista.

Referencias

- Cigliano, M.M., H. Braun, D.C. Eades y D. Otte. 2021. *Orthoptera species file. Version 5.0/5.0*. En: <<http://Orthoptera.SpeciesFile.org>>, última consulta: 12 de septiembre de 2021.
- Fontana, P., F.M. Buzzetti, R. Mariño-Pérez y P.L. García-García. 2011a. Three new species of Tettigoniidae from Mexico (Orthoptera: Tettigoniidae; Phaneropterinae; Insarini and Odonturini). *Zootaxa* 2879:22-32.
- . 2011b. Two new species of the Mexican genus *Ichthyotettix* Rehn, 1901 with remarks on the tribe Ichthyotettigini (Orthoptera, Caelifera, Pyrgomorphidae). *Zootaxa*. 2872:18-34.

Conclusiones

Aunque la ortopterofauna de Oaxaca ha sido bien estudiada en los últimos años, seguramente existen aún muchas especies por descubrir. Durante el proceso de publicación de este trabajo, los dos primeros autores han descrito dos especies nuevas pertenecientes al género *Perixerus* para la Sierra Madre del Sur (Fontana *et al.* 2017). Se requieren expediciones que abarquen zonas poco estudiadas como Sierra Juárez, valle de Tehuacán-Cuicatlán, Los Chimalapas y Sierra Madre del Sur.

- Fontana, P., F.M. Buzzetti y R. Mariño-Pérez. 2011c. New Acrididae from Oaxaca State in Mexico (Orthoptera: Caelifera: Acrididae: Ommatolampinae, Melanoplinae). *Zootaxa* 2862:39-55.
- Fontana, P. y R. Mariño-Pérez. 2014. The discovery of the Mexican grasshopper *Liladownsia fraile*. *GSC Newshopper. Newsletter of the IUCN SSC Grasshopper Specialist Group* August:30-36.
- Fontana, P., R. Mariño-Pérez, S. Sanabria-Urban y D.A. Woller. 2017. Studies in Mexican Grasshoppers: Three new species of Dactylotini (Acrididae: Melanoplinae) from Mexico and a review of existing conspecifics with comments on their geographical distributions. *Zootaxa* 4337:301-343.



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Ejemplar de mantis (Mantidae). Foto: Francisco Javier Cruz Hernández/CONABIO/Mosaico Natura.

Insectos palo (fásmidos) y campamochas (mántidos)

Iván Israel Castellanos Vargas, Zenón Cano Santana y Diego Alberto Matus Vicente

Introducción

Los insectos palo o fásmidos (orden Phasmatodea) y las campamochas, mantis o mántidos (orden Mantodea), se clasifican dentro de los ortopteroides, junto con las cucarachas (Blattodea), termitas (Isoptera), tijerillas (Dermaptera), insectos del hielo conocidos en inglés como *rock crawlers* (Grylloblatodea) y los chapulines, langostas, espinanzas y grillos (Orthoptera). Este grupo incluye insectos terrestres con mandíbulas masticadoras, su metamorfosis es incompleta y comprende las etapas de huevo, ninfa y adulto (Essig 1942, Kamp 1973, McGavin 2002).

A pesar de que los insectos palo están más emparentados con los ortópteros y las campamochas con las cucarachas (Kamp 1973), estos dos órdenes tienen en común características como una cabeza pequeña cuya movilidad es limitada, sus formas corporales (tanto colores y texturas) son similares a las estructuras de las plantas en las que viven, como hojas, tallos y flores (mimetismo críptico). Sin embargo, los insectos palo utilizan estas características para evadir a sus depredadores (son herbívoros); mientras que las campamochas lo hacen para pasar inadvertidas ante sus presas (son depredadores; Borrer *et al.* 1989, McGavin 2002). Aunque la mayoría de los insectos palo no tienen alas (Preston-Mafham 1990), cuando las tienen son similares a las de las campamochas: las anteriores con una consistencia de pergamino (tegminas), y las posteriores son membranosas y se pliegan en reposo en forma de abanico.

Este trabajo es una revisión de los insectos palo y las campamochas en Oaxaca, basada en los registros del trabajo de Cano-Santana y colaboradores (2012), así como

los ejemplares de campamochas de la colección personal de Diego Alberto Matus-Vicente.

Insectos palo

Descripción

El orden Phasmatodea (o Phasmida) agrupa a los insectos palo e insectos hoja (familia Phylliidae). Los insectos palo se caracterizan por tener un cuerpo alargado y delgado (generalmente cilíndrico o aplanado en los Phylliidae). Su longitud corporal alcanza de uno a 30 cm (la mayoría de uno a 10 cm); su cabeza es pequeña, con antenas generalmente largas y delgadas; y sus patas son largas muy separadas entre sí y realizan movimientos muy lentos (Werner 1934, Borrer *et al.* 1989, McGavin 2002).

Su mimetismo críptico es notable: los Phylliidae (exclusivos del sureste asiático, Nueva Guinea y Australia) pueden imitar la decoloración de las hojas provocada por el ataque de hongos y bacterias, o el daño producido por los herbívoros (Alderton 1992, Brock 1992, McGavin 2002). Otros mecanismos de defensa que tienen algunas especies del grupo son la capacidad para cambiar de color a una coloración de advertencia (aposemática), acompañada de la capacidad de producir sustancias defensivas (como olor desagradable), y la presencia de espinas duras y aguzadas (figura 1). También tienen la capacidad de regenerar sus patas cuando son ninfas, y presentan estrategias conductuales para evitar la depredación, como simular su muerte, saltar y tomar posturas agresivas levantando su abdomen, como los alacranes (Daly *et al.* 1998, McGavin 2002, Wolff 2006).

Castellanos-Vargas, I., Z. Cano-Santana y D.A. Matus-Vicente. 2022. Insectos palo (fásmidos) y campamochas (mántidos). En: *La biodiversidad en Oaxaca. Estudio de Estado*. Vol. III. CONABIO, México, pp. 47-52.



Figura 1. Insecto palo (*Bacteria horni*) mostrando sus espinas. Foto: Iván Castellanos-Vargas.

Diversidad

El orden Phasmatodea comprende 3 419 especies (Brock *et al.* 2021); la mayoría se distribuye en zonas tropicales y subtropicales del planeta y siempre están asociadas a la vegetación, sobre todo a arbustos y árboles (McGavin 2002, Chapman 2009). En Oaxaca se registran 13 especies (11 identificadas), pertenecientes a 3 familias y 8 géneros (figura 2, apéndice 22). Este número de especies corresponde a 14.4% de las 90 especies que se sugiere existen en el país (Conle *et al.* 2007). Cabe mencionar que la especie *Phanocles burkatii* se registró en la región Istmo; sin embargo, no se cuenta con su ubicación exacta. Asimismo, en esta región se reporta *Pseudosermyle chimalapa*, una nueva especie para la entidad. Actualmente se desconoce el estado de conservación de este grupo de insectos.

Los insectos palo son predominantemente nocturnos y durante el día permanecen inmóviles en la vegetación; no obstante, en los bosques caducifolios de las regiones Cañada y Mixteca Alta (en las zonas áridas) tie-

nen una marcada actividad diurna. Su dieta comprende una amplia diversidad de plantas silvestres, que incluye pastos y el follaje de arbustos y árboles como el mezquite (*Prosopis laevigata*). En las regiones Cañada y Sierra Norte, pasan desapercibidos en el follaje seco de plantas como el manteco (*Parkinsonia praecox*) y la uña de gato (*Mimosa luisana*).

Campamochas o mantis

Descripción

Los insectos del orden Mantodea se caracterizan por tener el primer par de patas prensiles, armadas con uñas aguzadas, adaptadas para atrapar a sus presas, así como un cuello (pronoto) muy alargado. La posición corporal típica de las campamochas es con las patas anteriores juntas y hacia adelante, como si estuvieran rezando, por lo que algunos de sus nombres científicos y comunes aluden a esta actividad (p.e. *Mantis religiosa*, *Iris oratoria*

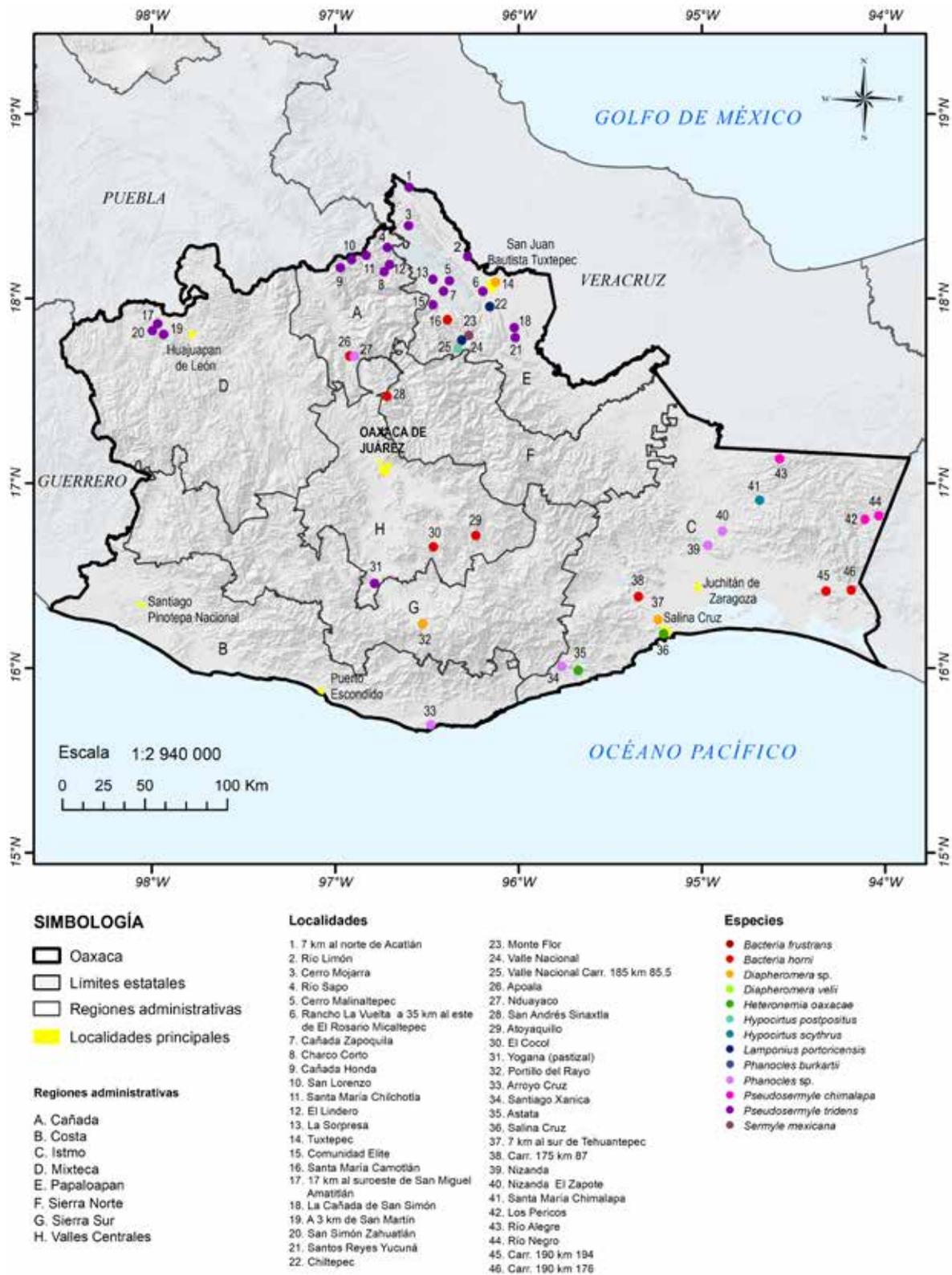


Figura 2. Localidades con registros de fásmidos. Fuente: elaboración propia.

o santateresas). Son insectos de hábitos solitarios, con cuerpo de 8 a 150 mm, generalmente alargado; una cabeza triangular muy móvil, ojos compuestos grandes, antenas notorias y delgadas. El segundo y tercer par de patas son caminadoras y muy semejantes entre sí (Essig 1942, Preston-Mafham 1990, Prete *et al.* 1999, Gullan y Cranston 2000, McGavin 2002).

Estos insectos presentan dimorfismo sexual muy marcado: los machos generalmente son más pequeños que las hembras (Essig 1942) y en diversas especies la hembra devora al macho tras el proceso de cópula (Reitze y Nentwig 1991, Johns y Maxwell 1997, McGavin 2002). Se alimentan principalmente de insectos y arañas, cuyo tamaño corporal sea relativamente menor; no obstante, se ha observado que evitan a los escarabajos y a las tarántulas (Reitze y Nentwig 1991, Johns y Maxwell 1997).

Diversidad

En el mundo se han descrito 2 400 especies de campamochas (Otte *et al.* 2021) y en el país se registran 61 (De Luna y Hernández-Baltazar 2020), de las cuales Battiston y colaboradores (2005) documentaron 60. Para Oaxaca se conocen 26 especies (20 identificadas), equivalentes a 42.6% del total que se registra para México, agrupadas en 7 familias y 15 géneros (apéndice 23), incluyendo cinco registros nuevos para el estado (*Acanthops falcataria*, *Oligonicella striolata*, *Oligonyx bicornis*, *Stagmomantis carolina* y *Vates chopardi*), reportados por Cano-Santana y colaboradores (2012), Hernández-Baltazar y Gómez (2017) y De Luna y Hernández-Baltazar (2020). Oaxaca es el primer lugar nacional en riqueza de campamochas, por encima de Sinaloa (25), Chiapas (18), Veracruz (16), Jalisco (13), Guerrero (11) y Yucatán (10; De Luna y Hernández-Baltazar 2020).

Su diversidad también está representada en la gran variedad de nombres comunes que se les otorgan en distintas localidades del estado; por ejemplo: 1) mantis, en la capital estatal y municipios conurbados; 2) campamocha en San Andrés Sinaxtla y Mixteca Alta; 3) santateresa en Santiago Yolomécatl y Mixteca Alta; 4) tata Dios en Santa Cruz Zenzontepec y Sierra Sur; 5) madre víbora en San Isidro Chalapa e Istmo; 6) mamboretá en San Juan Lalana y Alto Papaloapan; 7) cerbatana en Santa María Chimapala e Istmo; 8) usamico en río Pericos e Istmo; 9) María palito en San Miguel Chimalapa; 10) daya en Cerro Grande e Istmo; 11) come piojo o mata piojo en San An-

tonio Nduayaco y Cañada; y 12) arma caballo en Santo Tomás Texas y Sierra Norte (datos obtenidos en campo por I. Castellanos-Vargas y D.A. Matus-Vicente).

Las campamochas abundan en las áreas boscosas tropicales de las regiones Costa e Istmo. Sus hábitos son principalmente nocturnos y crepusculares (Prete *et al.* 1999); no obstante, se tiene conocimiento de una alta actividad depredadora de *Yersinia mexicana* a medio día, en los pastizales de San Andrés Sinaxtla y Yogana (Mixteca Alta y Valles Centrales, respectivamente). En Arroyo Cruz se registra que los machos de *Stagmomantis limbata* (figura 3) son muy buenos voladores y generalmente se dirigen hacia fuentes de luz blanca.

Importancia

Las campamochas son reguladores de poblaciones de insectos por sus hábitos depredadores, y se les utiliza en programas de control biológico de plagas (Del Val 2014). Lamentablemente, en algunos pueblos de la región Mixteca Alta se tiene la falsa creencia de que si las campamochas son ingeridas por los caballos o los chivos, éstos pueden morir, al igual que en otras partes de América donde les llaman matacaballos, tumbacaballos, o matamulas (Metcalf y Flint 1965, Del Val 2014). Este mito y la ignorancia sobre su inocuidad provocan que estos insectos sean sacrificados.

Los insectos palo y las campamochas son alimento de vertebrados superiores entre los que destacan lagartijas, aves, y mamíferos como coatíes y tlacuaches. Su forma de vida y hábitos los hace adecuados para llevar a cabo investigaciones sobre las interacciones entre insectos y plantas, así como para el área de ecología de la conducta (Bedford 1978, Sivinski 1978, Prete *et al.* 1999).

Aunque los insectos palo y las campamochas no son venenosos, en Oaxaca habitan especies como el insecto palo *Bacteria horni* (figura 1), el cual puede causar laceraciones en la piel con sus espinas, si es manipulado de manera incorrecta. En San Antonio Arrazola, las campamochas constituyen un modelo de inspiración creativa, pues sus artesanos diseñan alebrijes basados en la peculiar postura de estos insectos. En la última década del siglo xx, los insectos palo y las campamochas se han utilizado como mascotas exóticas, debido a los mínimos cuidados que requieren, pues a los primeros se les alimenta con hojas de plantas, mientras que,



Figura 3. La Campamocha o mantis del noroeste (*Stagmomantis limbata*). Foto: Iván Castellanos-Vargas.

a las campamochas se les alimenta con moscas de la fruta (*Drosophila* spp.; Mound y Brooks 1998). Algunas especies presentes en el estado tienen el potencial para ser criadas con estos fines (p.e. los insectos palo *Bacteria horni* y *Pseudosermyle tridens*, y las campamochas *Oligonicella punctulata* y *Yersinia mexicana*).

Amenazas y conservación

Se desconoce el estado de conservación de muchas poblaciones de estos insectos, por lo que se requieren hacer estudios en esta entidad. Por otro lado, es necesario com-

pletar los inventarios de insectos palo y campamochas de Oaxaca, incluyendo colectas en las áreas naturales no protegidas, particularmente en regiones de difícil acceso, como Los Chimalapas y los ríos Pericos y Uxpanapa. Debido a las profundas modificaciones de muchos de sus hábitats, es probable que algunas especies de estos dos grupos de insectos se hayan extinguido sin haber sido descritas para la ciencia (López-Mora y Llorente-Bousquets 2018). Por esa razón, es importante aplicar políticas efectivas que disminuyan la deforestación de los ecosistemas del estado, pues con ello se destruyen los hábitats de estos y otros insectos.

Referencias

- Alderton, D. 1992. *A step by step book about stick insects*. TFH Publications, Nueva York.
- Battiston, R., P. Fontana, B. Agabiti y P.L. García-García. 2005. Mantodea collected in Mexico during an 8,800 km orthopterological trip

- (Insecta Mantodea). *Atti dell' Accademia Roveretana degli Agiati di Scienze matematiche, fisiche e naturali* 5B:199-215.
- Bedford, G.O. 1978. Biology and ecology of the Phasmatodea. *Annual Review of Entomology* 23:125-130.

- Borror, D.J., C.A. Triplehorn y N.F. Johnson. 1989. *An introduction to study of insects*. Saunders College, Fort Worth.
- Brock, P.D. 1992. *Rearing and studying stick and leaf insects*. AES Publications, Londres.
- Brock, P.D., T. Büscher y E. Baker. 2021. *Phasmida species file. Version 5.0/5.0*. En: <<http://Phasmida.SpeciesFile.org>>, última consulta: 14 de septiembre de 2021.
- Cano-Santana, Z., I. Castellanos-Vargas, P. Fontana et al. 2012. *Ortopteroides de Oaxaca, México: Orthoptera, Mantodea y Phasmatodea*. Bases de datos SNIB-CONABIO proyecto GE001. Facultad de Ciencias-UNAM, México.
- Chapman, A.D. 2009. *Numbers of living species in Australia and the world*. Department of the Environment, Water, Heritage and the Arts-Gobierno de Australia, Canberra.
- Conle, O.V., F.H. Hennemann y P. Fontana. 2007. Studies on neotropical Phasmatodea. v. Notes on certain species of *Pseudosermyle* Caudell, 1903, with the descriptions of three new species from Mexico (Phasmatodea: Diapheromeridae: Diapheromerinae: Diapheromerini). *Zootaxa* 1496:31-51.
- Daly, V.H., J.T. Doyen y A.H. Purcell III. 1998. *Introduction to insect biology and diversity*. Oxford University Press, Nueva York.
- De Luna, M. y E. Hernández-Baltazar. 2020. Diversidad de mantis (Insecta: Mantodea) de Norteamérica, con una clave de identificación ilustrada para familias y géneros. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa* 67:155-164.
- Del Val, E. 2014. ¿Matacaballos? En: <<http://www.sinembargo.mx/opinion/23-02-2014/21742>>, última consulta: 24 de febrero de 2014.
- Essig, E.O. 1942. *College entomology*. The McMillan Co., Nueva York.
- Gullan, P.J. y P.S. Cranston. 2000. *The insects, an outline of entomology*. Blackwell Science, Londres.
- Hernández-Baltazar, E. y B. Gómez. 2017. Distribución estatal de mántidos en México (Dictyoptera: Mantodea). *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa* 61:175-178.
- Johns, P.M. y M.R. Maxwell. 1997. Sexual cannibalism: who benefits? *Trends in Ecology and Evolution* 12:127-128.
- Kamp, J.W. 1973. Numerical classification of the Orthopteroids, with special reference to the Grylloblattodea. *The Canadian Entomologist* 105:1235-1249.
- López-Mora, U. y J. Llorente-Bousquets. 2018. Lista de especies y clave ilustrada de los géneros de Phasmatodea (Insecta) de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 89:46-78.
- McGavin, G.C. 2002. *Entomología esencial*. Ariel Ciencia, Barcelona.
- Metcalf, C.L. y W.P. Flint. 1965. *Insectos destructivos e insectos útiles*. Continental, México.
- Mound, L. y S. Brooks. 1998. *Miniguía de los insectos*. CONACULTA/Casa Autrey, México.
- Otte, D., L. Spearman y M.B.D. Stiewe. 2021. *Mantodea species file. Version 5.0/5.0*. En: <<http://Mantodea.SpeciesFile.org>>, última consulta: 14 de septiembre de 2021.
- Preston-Mafham, K. 1990. *Grasshoppers and mantids of the world*. Bradford Press, Londres.
- Prete, F.R., H.G. Wells, P.H. Wells y L.E. Hurd (eds.). 1999. *The praying mantids*. Johns Hopkins University Press, Baltimore.
- Reitze, M. y W. Nentwig. 1991. Comparative investigations into feeding ecology of six Mantodea species. *Oecologia* 86:568-574.
- Sivinski, J. 1978. Intrasexual aggression in the stick insect *Diapheromera veliei* and *D. covilleae* and sexual dimorphism in the Phasmatodea. *Psyche* 85:395-403.
- Werner, F. 1934. Mantides et phasmides recueillies dans les indes orientales. *Bulletin du Musee Royal d'Histoire Naturelle de Belgique* 10(22):1-5.
- Wolff, M. 2006. *Insectos de Colombia*. Universidad de Antioquía, Antioquía.



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Escarabajo cerambícido (*Paroxoplus poecilus*). Foto: Enrique Ramírez García.

Cerambycidae (Coleoptera)

Felipe Arturo Noguera Martínez, Nayeli Gutiérrez Trejo, Santiago Zaragoza Caballero, Enrique González Soriano y Enrique Ramírez García

Descripción

La mayoría de las especies de Cerambycidae (del griego *kerambex*, escarabajo con cuernos) son alargadas y subcilíndricas, aunque también hay especies aplanadas como en *Smodicum*, extremadamente delgadas como en *Spalacopsis* o modificadas crípticamente como en *Rhinotragini*. Por lo general, tienen los ojos fuertemente emarginados o completamente divididos; presentan antenas largas que surgen de la emarginación de los ojos y los tarsos tienen cinco artejos (partes), siendo el tercero bilobulado y el cuarto muy pequeño y cubierto por los lóbulos del tercero (Linsley 1961).

En este grupo se encuentran especies que miden desde 2 mm de largo (p.e. *Cyrtinus pygmaeus*) hasta 170 mm (p.e. *Titanus giganteus*). Muchas especies presentan espinas en el pronoto, élitros y patas. Exhiben dimorfismo sexual: los machos presentan comúnmente antenas más largas, la cabeza más grande, los élitros más estrechos y el abdomen ligeramente más pequeño, más recto y menos convexo. Este dimorfismo alcanza su mayor expresión en la subfamilia Prioninae, en donde las mandíbulas pueden ser mucho más grandes o excesivamente alargadas y falcadas, y las antenas pueden ser serradas, pectinadas, imbricadas o flabeladas (Linsley 1961).

La coloración en los cerambícidos es muy variable, comúnmente reflejando sus hábitos. Las especies nocturnas son de colores opacos; de éstas, las que permanecen inactivas pero expuestas durante el día, son de colores crípticos, frecuentemente confundiendo muy bien con su entorno. En cambio, las especies nocturnas

que permanecen ocultas durante el día son de colores pardo o negro opaco. En contraste, las formas diurnas son brillantemente coloreadas, incluyendo especies con colores metálicos (Linsley 1961).

Diversidad y endemismo

La familia Cerambycidae constituye una de las familias más diversas del orden Coleoptera, con más de 38 mil especies descritas hasta la fecha (Monné *et al.* 2017, Tavakilian y Chevillotte 2021) y con un incremento continuo en el número de especies conocidas a escala mundial. La familia se divide en ocho subfamilias (Svacha y Lawrence 2014) y en América se han registrado cerca de 11 mil especies de las subfamilias Parandrinae, Prioninae, Lepturinae, Spondylidinae, Necydalinae, Cerambycinae y Lamiinae (Bezark 2021). En México están representadas las siete subfamilias mencionadas anteriormente y se conocen 1 806 especies en 504 géneros y 84 tribus (Monné 2021a, b, c).

En Oaxaca, hasta la fecha se han registrado 481 especies de 206 géneros, 60 tribus y seis subfamilias de cerambícidos (cuadro 1, apéndice 24). La subfamilia con mayor número de especies es Cerambycinae (274 especies), seguida de Lamiinae (161) y Lepturinae (28; cuadro 1). Las tribus con mayor riqueza son Trachyderini (59), Elaphidiini (58), Acanthocini (34), Lepturini (28), Tetraopini (27) y Clytini (26). Respecto a los géneros, los que tienen mayor número de especies son *Phaea* (18), *Euderces* (14), *Eburia* (12), *Neocompsa*, *Stenosphenus* y *Strangalia* (11 cada uno; Monné 2021a, b, c).

Noguera, F.A., N. Gutiérrez, S. Zaragoza-Caballero, E. González-Soriano y E. Ramírez-García. 2022. Cerambycidae (Coleoptera). En: *La biodiversidad en Oaxaca. Estudio de Estado*. Vol. III. CONABIO, México, pp. 55-58.

Del total de especies registradas en la entidad, 239 (49.7% del total estatal) se encuentran sólo en México, lo que a su vez representa 28% de las especies endémicas registradas en el país. Además, de las 855 especies registradas sólo en México (Monné 2021a, b, c), 58 han sido registradas sólo en Oaxaca (6.8%).

El número de especies registradas en Oaxaca representa 26.7% de las conocidas para el país, lo cual es un valor alto considerando que la superficie del estado comprende sólo 4.8% del territorio nacional (García-Mendoza *et al.* 2004). Sin embargo, dicho número aparentemente no refleja la verdadera riqueza de este grupo para la entidad. Lo anterior se debe a que en estados vecinos (Chiapas, Guerrero, Puebla y Veracruz) se cuenta con 629 especies de cerambícidos que no han sido registradas en Oaxaca (Monné 2021a, b, c, Noguera 2018) y que podría esperarse pudieran estar presentes, con lo que se incrementaría hasta 1 110 la riqueza de especies, equivalente a 61.5% de la fauna de este grupo registrada para el país (Monné 2021a, b, c).

Por otra parte, el conocimiento sobre el estado es limitado, existiendo hasta la fecha sólo dos estudios cuyo objetivo fue conocer la fauna de localidades particulares en Oaxaca (Noguera *et al.* 2012, 2017). Las localidades estudiadas fueron: Santiago Dominguillo, ubicada al sur de la región Cañada (municipios San Juan Bautista Cuicatlán y San Juan Bautista Atlatlahuaca) y Huatulco, ubicada en la región Costa (municipio Santa María Huatulco). Ambas localidades tienen como vegetación dominante el bosque tropical caducifolio, la primera a una altitud promedio de 970 msnm y la segunda a 70 msnm. La riqueza registrada para estos sitios fue de

97 y 144 especies respectivamente, compartiéndose entre ambos sitios sólo 26 (Noguera *et al.* 2012, 2017). En ambos casos, el número de especies registradas no representó el número real que existen en cada lugar y se estimó que la riqueza real podría alcanzar un valor de 134 y 373 especies respectivamente (Noguera *et al.* 2012, 2017). Esta información muestra valores altos de riqueza a escala local e indica que hay un importante recambio de especies entre un sitio y otro.

Distribución

La familia Cerambycidae tiene una distribución cosmopolita y es posible encontrarla desde el nivel del mar hasta más de 4 000 m de altitud (Linsley 1961). Su distribución actual se explica por cambios en el clima y la disponibilidad de las plantas de las que se alimentan; la evolución y la distribución de las floras pasadas han tenido una gran influencia en la historia evolutiva del grupo. En la actualidad, su mayor diversidad se encuentra en los trópicos (Linsley 1961). La fauna en México está conformada principalmente por elementos neotropicales, holárticos y sonorenses; mientras que en Oaxaca la mayor parte son de afinidad neotropical (F.A. Noguera observación personal).

Importancia

La importancia de este grupo se relaciona con sus hábitos alimenticios. Sus especies son exclusivamente fitófagas tanto en estado larval como de adultos. Como larvas, la mayoría se alimenta de madera muerta o de individuos en proceso de senescencia, algunas en árboles o arbustos vivos y otras pocas en madera podrida (Linsley 1961, Svacha y Lawrence 2014). Prácticamente, todas las estructuras de una planta son utilizadas como alimento por sus larvas; hay especies que consumen raíces, troncos, ramas, semillas, frutos o tallos herbáceos de plantas anuales o porciones vegetativas frescas de algunas cactáceas (Linsley 1961, Svacha y Lawrence 2014).

En la mayoría, los adultos se alimentan de plantas diferentes a las de sus larvas, pero al igual que ellas consumen diferentes estructuras, encontrándose especies que se alimentan de flores, corteza, hojas, agujas y conos de pinos, savia, frutos, raíces y hongos, e incluso existen las que en su estado adulto no se alimentan. Las especies que se alimentan de flores usualmente son

Cuadro 1. Subfamilias, tribus, géneros y especies de la familia Cerambycidae.

Subfamilia	Tribus	Géneros	Especies
Parandrinae	1	1	2
Prioninae	6	7	14
Lepturinae	1	8	28
Spondylidinae	2	2	2
Cerambycinae*	31	114	274
Lamiinae	19	74	161
Total	60	206	481

*Dos géneros de Cerambycinae actualmente no están ubicados en ninguna tribu (están como *Incertae sedis*): *Championa* y *Rhathymoscelis*.
Fuente: elaboración propia.

generalistas y se consideran como el grupo de coleópteros más importante para la polinización (Linsley 1961, Svacha y Lawrence 2014).

Los individuos de este grupo habitan principalmente en bosques y selvas, y su papel ecológico dentro de los mismos es degradar la madera muerta, reintegrándola al suelo como humus (Linsley 1961). Económicamente, su importancia se enfoca al daño que le provocan a la madera, y con la muerte que ellos pueden causarle a los árboles. En este sentido, este daño está más documentado en madera de árboles templados y el efecto más común, es que la madera sea infestada antes de utilizarse y que el daño suceda cuando los adultos emergen (dañando pisos de madera, muebles, postes, entre otros; Linsley 1961).

Estado de conservación y amenazas

Oaxaca ha sido registrado como el estado con mayor diversidad biológica del país (García-Mendoza *et al.* 2004) y esto se explica por la gran heterogeneidad ambiental que presenta (Monroy-García 2009). En ese sentido, la preservación de todos los ecosistemas terrestres, tanto templados como tropicales, sería una condición para preservar la gran diversidad biológica ahí existente.

Hasta la fecha, no existe información que permita determinar la situación y estado de conservación de las especies de este grupo en el país o en la entidad. Por el momento, ningún cerambícido está registrado en la NOM-059 (SEMARNAT 2010). No obstante, debido a la estrecha relación que tienen con sus plantas hospedadoras, es posible afirmar que el estado de conservación de bosques y selvas en el país incide directamente en la diversidad de este grupo. Se ha mostrado para algunas especies en otras regiones del planeta, que la degradación y la destrucción del hábitat son las causas principales de la declinación de sus poblaciones (Baur *et al.* 2002, Holland 2009, Twinh y Harding 1999).

Oaxaca se encuentra entre los estados con mayor marginación social y con una serie de problemas ambientales, entre los que destaca la deforestación. En un estudio publicado en 2003, se mostró que la deforestación neta durante los 20 años anteriores había sido de 511 261 ha (alrededor de 24 000 ha perdidas por año), además de que 1 022 723 ha habían sido transformadas de vegetación primaria a vegetación secundaria

(Velázquez *et al.* 2003). Bajo este escenario y si las tasas de deforestación y transformación siguieran igual, se predice que para el 2022, sólo 22% del estado permanecería cubierto por vegetación original (Velázquez *et al.* 2003).

Muchas de las especies de este grupo de coleópteros son muy atractivas, por lo que son muy estimadas por coleccionistas en todo el mundo. Esto ha creado un mercado de compra-venta de especímenes, en el cual, aquellas que son más llamativas y raras son las más cotizadas. No hay datos que permitan estimar el efecto que este comercio podría tener sobre la diversidad del grupo, pero parece muy probable que la extracción selectiva de individuos de una especie podría tener efectos negativos en sus poblaciones a largo plazo.

Acciones de conservación

La falta de un conocimiento real de la situación y estado de conservación de este grupo en Oaxaca, hace difícil el establecimiento de medidas adecuadas para su conservación. No obstante, dada su estrecha relación con bosques y selvas, la preservación de este tipo de ecosistemas también aseguraría la de este grupo de organismos.

Si se considera que la heterogeneidad ambiental es uno de los factores responsables de la gran diversidad biológica del estado (Monroy-García 2009), el establecimiento de una red de áreas protegidas sería muy importante para la preservación de la diversidad de este grupo. Esto se vuelve significativo, considerando el recambio de especies registrado para esta familia en las dos zonas estudiadas, cubiertas con el mismo tipo de vegetación.

Conclusiones

La información existente sobre la familia Cerambycidae en la entidad, muestra que la riqueza de especies es alta y que el valor registrado hasta la fecha (481 especies), aparentemente no representa la riqueza real existente en el estado. Además, el conocimiento regional sobre la diversidad de este grupo es limitado, conociéndose sólo parcialmente la fauna de dos regiones. No obstante, lo reportado en otros estudios indica que aparentemente existe un recambio importante de especies a esta escala. Por otro lado, casi la mitad de la fauna estatal registrada es endémica a México, lo que a su vez representa cerca de una cuarta parte de todas las especies endémicas para México.

Respecto a su estado de conservación en el estado, no existe información que nos permita determinar su situación actual. No obstante, debido a la estrecha relación que tienen con sus plantas hospederas, es posible afirmar que la preservación de bosques y selvas en el estado incide directamente en la diversidad de este grupo. En este sentido, se ha mostrado que la degradación y la

destrucción de los hábitats naturales son las causas principales de la declinación de sus poblaciones.

Considerando todo lo anterior, lograr un adecuado conocimiento de la diversidad de los diferentes ecosistemas en el estado y entender su funcionamiento, es imperativo para asegurar la gran diversidad biológica ahí existente.

Referencias

- Baur, B., S. Zschokke, A. Cora *et al.* 2002. Habitat characteristics of the endangered flightless beetle *Dorcadion fuliginator* (Coleoptera: Cerambycidae): implications for conservation. *Biological Conservation* 105:133-142.
- Bezark, L.G. 2021. Checklist of the Oxypeltidae, Vesperidae, Disteniidae and Cerambycidae (Coleoptera) of the Western Hemisphere. 2021 Edition. En: <<http://bezbycids.com/byciddb/wdefault.asp?w=n/>>, última consulta: 1 de octubre de 2021.
- García-Mendoza, A.J., M.J. Ordóñez-Díaz y M. Briones-Salas (eds.). 2004. *Biodiversidad de Oaxaca*. Instituto de Biología-UNAM/Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza/WWF, México.
- Holland, J.D. 2009. *Glycobius speciosus* (Say) (Coleoptera: Cerambycidae) has been extirpated from much of Midwestern U.S.A. *The Coleopterists Bulletin* 63:54-61.
- Linsley, E.G. 1961. The Cerambycidae of North America. Part I. Introduction. *University of California Publications in Entomology* 18:1-135.
- Monné, M.A. 2021a. *Catalogue of the Cerambycidae (Coleoptera) of the Neotropical region. Part I. Subfamily Cerambycinae*. En: <https://cerambycids.com/default.asp?action=show_catalog>, última consulta: 1 de octubre de 2021.
- . 2021b. *Catalogue of the Cerambycidae (Coleoptera) of the Neotropical Region. Part II. Subfamily Lamiinae*. En: <https://cerambycids.com/default.asp?action=show_catalog>, última consulta: 1 de octubre de 2021.
- . 2021c. *Catalogue of the Cerambycidae (Coleoptera) of the Neotropical Region. Part III. Subfamilies Lepturinae, Necydalinae, Parandrinae, Prioninae, Spondylidinae and Families Oxypeltidae, Vesperidae and Disteniidae*. En: <https://cerambycids.com/default.asp?action=show_catalog>, última consulta: 1 de octubre de 2021.
- Monné, M.L., M.A. Monné y Q. Wang. 2017. General morphology, classification and biology of Cerambycidae. En: *Cerambycidae of the world. Biology and pest management*. Q. Wang (ed.). Taylor and Francis, Florida, pp. 1-10.
- Monroy-García, Y. 2009. *Diversidad beta de la mastofauna terrestre del estado de Oaxaca, México*. Tesis de maestría. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional-IPN, Oaxaca.
- Noguera, F.A. 2018. *CerambycidosMexico.net*. En: <<http://cerambycidos-mexico.net/>>, última consulta: 22 de enero de 2018.
- Noguera, F.A., S. Zaragoza-Caballero, A. Rodríguez-Palafox *et al.* 2012. Cerambycidos (Coleoptera: Cerambycidae) del bosque tropical caducifolio en Santiago Domíngulo, Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 83:611-622.
- Noguera, F.A., M.A. Ortega-Huerta, S. Zaragoza-Caballero *et al.* 2017. Species richness and abundance of Cerambycidae (Coleoptera) in Huatulco, Oaxaca, Mexico; relationships with phenological changes in the tropical dry forest. *Neotropical Entomology* 47:457-469.
- 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. Última reforma publicada el 14 de noviembre de 2019.
- Svacha, P. y J.F. Lawrence. 2014. 2.4 Cerambycidae Latreille, 1802. En: *Handbook of Zoology, Arthropoda: Insecta. Coleoptera (Beetles). Morphology and systematic (Phytophaga)*. Vol. 3. A.B. Richard y R.G. Beutel (eds.). Walter de Gruyter, Berlín/Boston, pp. 16-177.
- Tavakilian, G. y H. Chevillotte. 2021. *Titan: base de données internationales sur les Cerambycidae ou Longicornes. Version 4.0*. En: <<http://titan.gbif.fr/index.html>>, última consulta: 1 de octubre de 2021.
- Twinh, P.F.G. y P.T. Harding. 1999. *Provisional atlas of the longhorn beetles (Coleoptera: Cerambycidae) of Britain*. Biological Records Centre, Gran Bretaña.
- Velázquez, A., E. Durán, I. Ramírez *et al.* 2003. Land use-cover change process in highly biodiverse areas: the case of Oaxaca, México. *Global Environmental Change* 13:175-184.



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Escarabajo cavador de estiércol (*Phanaeus demon*). Foto: Leopoldo Vázquez/Banco de imágenes CONABIO.

Escarabajos estercoleros (Aphodiidae, Geotrupidae y Scarabaeidae)

Bert Carlos Kohlmann Cuesta

“Rifaba cuanta porquería y media traía en la bolsa: canicas ágatas, trompos y zumbadores y hasta mayates verdes, de esos a los que se les amarra un hilo en una pata para que no vuelen muy lejos.”

Juan Rulfo, 1953, “Acuérdate”, El llano en llamas

Introducción

Los escarabajos se encuentran representados por más de 300 mil especies en el mundo, siendo el grupo más diverso del planeta (Hunt *et al.* 2007). Los escarabajos estercoleros se distribuyen en todos los continentes, excepto en la Antártida, y pertenecen a dos grandes familias (Aphodiidae, Geotrupidae) y una subfamilia (Scarabaeinae). A este tipo de escarabajos se les conoce comúnmente en México como rodacacas, toritos, escarabajos caqueños o peloteros, y otros nombres según la región, como *tecuítlalolo* en náhuatl y *cimol* en tzeltal. Un pasatiempo común entre los niños de campo en Oaxaca (y Toluca) es amarrar un hilo a la pata del escarabajo torito (*Phanaeus nimrod*) y luego hacerlo volar dando vueltas.

Descripción

Los escarabajos estercoleros (figuras 1 a 4), presentan tamaños normalmente pequeños, dentro de un rango de los 3 a 70 mm. Su coloración puede ir de oscura a colores metálicos vivos como verde, rojo o azul. Las lar-

vas son de tipo escarabeiforme, es decir, tienen la típica forma de la larva llamada gallina ciega en forma de C, cuerpo blanco carnoso, una cabeza muy dura formando una cápsula, además de presentar tres pares de patas bien desarrolladas. El primer par de alas están endurecidas (élitros), como un estuche que cubre al segundo par de alas membranosas y les permiten volar en la gran mayoría de los casos. Las antenas forman una maza laminar que se puede abrir como abanico, compuesta por unidades en forma de hojas planas (lamelas), por lo que a estos organismos también se les llama lamelicornios. En muchas ocasiones los machos de este grupo presentan cuernos o proyecciones que se originan en la cabeza o en el pronoto, los cuales se utilizan en disputas para monopolizar el acceso a una hembra. Darwin (1871) describió sobre este interesante hecho en su libro *La descendencia del hombre y la selección en relación al sexo*.

Estos grupos se alimentan predominantemente de estiércol¹ de herbívoros o de omnívoros. También se han encontrado especies que, en forma estricta o facultativa, se alimentan de carroña, hongos frescos o descompuestos, frutas podridas, detritus de hormigueros y otros tipos de materia orgánica en descomposición, incluso hay algunas que son depredadoras de hormigas y milpiés.

Un comportamiento interesante en muchos de estos escarabajos es la construcción de nidos donde los adultos colocan bolas o salchichas de estiércol donde ponen un huevo. El cuidado parental de los nidos es muy importante ya que reduce la tasa de mortalidad de las crías.

¹ El estiércol es un alimento nutritivo, formado por una suspensión líquida de pequeñísimos fragmentos de estiércol, microbios y células desprendidas del epitelio intestinal.

Diversidad

Probablemente el origen de los escarabajos del estiércol comenzó en el periodo Cretácico inferior, hace unos 130 millones de años (Ma). Al parecer su aparición estuvo determinada por las grandes cantidades de estiércol que producían los dinosaurios herbívoros (Scholtz *et al.* 2009). Sin embargo, los primeros fósiles, que no dejan duda alguna sobre su aparición, son mucho más recientes, pues datan del Oligoceno, hace unos 30 Ma.

Recientemente se estima la existencia de más de 10 mil especies de escarabajos estercoleros en el mundo (Cabrero-Sañudo *et al.* 2007), y se han registrado 4 989 especies sólo para la subfamilia Scarabaeinae (Philips 2011). Para México, se ha citado la presencia de tres familias de escarabajos estercoleros con 52 géneros y 407

especies (Morón 2003). En los últimos años, producto de un intenso esfuerzo de recolección, se cuenta con una gran cantidad de géneros y especies anteriormente no conocidos para el país. Específicamente para el territorio oaxaqueño con base en el presente estudio, se reporta la presencia de 55 géneros y 236 especies e infraespecies de estercoleros (apéndice 25), repartidas por grupos: Aphodiidae con 12 especies, Geotrupidae con 15 y finalmente Scarabaeidae con 209 (figura 1). Oaxaca es la entidad más diversa en cifras totales para este grupo en el país, al superar a Veracruz (47 géneros y 173 especies; Deloya López 2011), Guerrero (30 y 100; Deloya y Covarrubias 2014), Michoacán (34 y 78; Deloya *et al.* 2016), Puebla (26 y 68; Aragón García *et al.* 2011), e inclusive Chiapas (170 especies; Gómez y Gómez 2013).

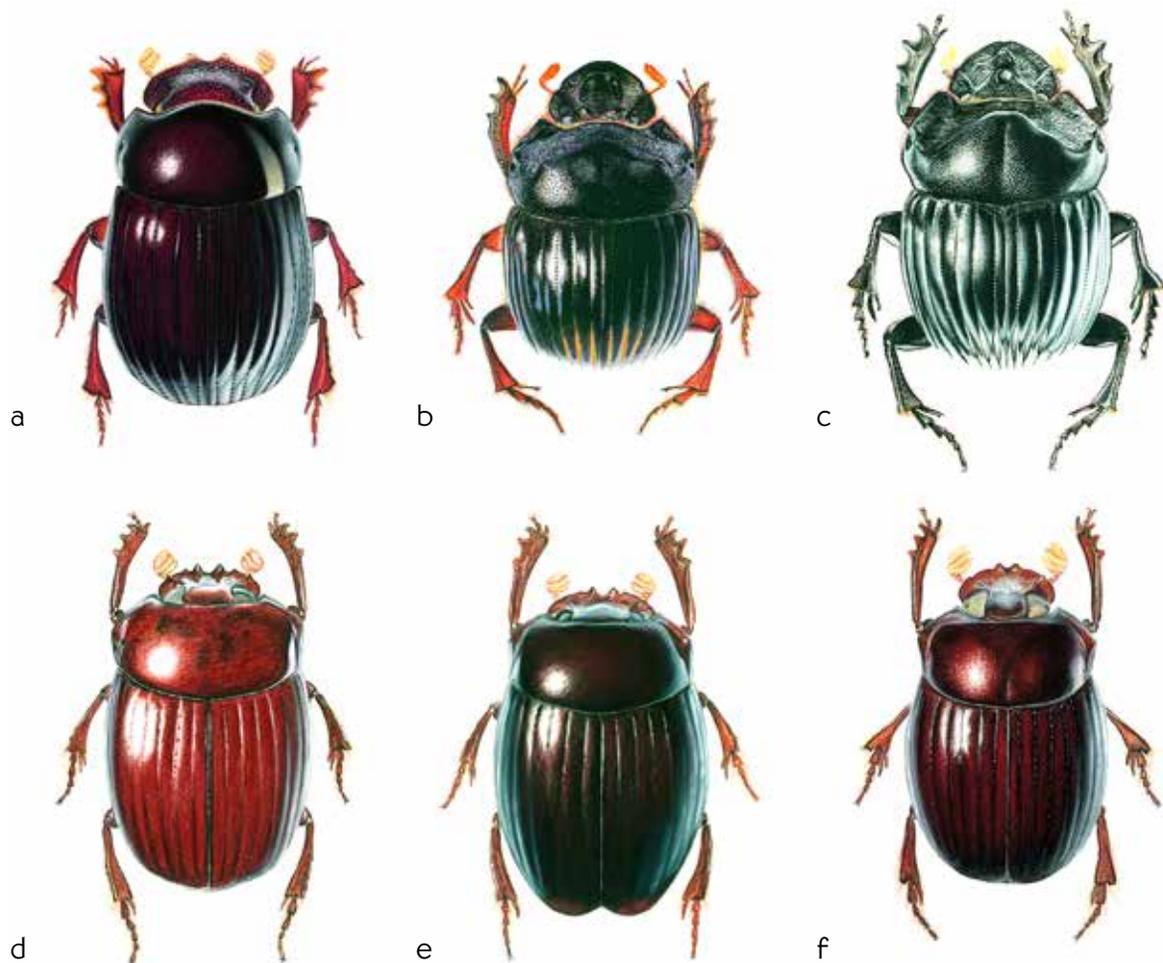


Figura 1. La familia Scarabaeidae tiene la mayor riqueza; vistas dorsales de: a) *Ateuchus perezvelai*; b) *Dichotomius annae*; c) *D. colonicus*; d) *Uroxys boneti*; e) *U. deavilai*; f) *U. platypyga*. Ilustraciones: Claudia Aragón.

Otra forma de evaluar la densidad específica de los estercóleros es a través de la relación del número de especies por área definida. De acuerdo con el número de especies en diferentes estados del país, se calcula lo siguiente: Oaxaca 0.2512 especies/100 km², Veracruz 0.2408 especies/100 km², Chiapas 0.2318 especies/100 km², Puebla 0.1982 especies/100 km², Guerrero 0.155/100 km² y Michoacán 0.130/100 km². Cabe mencionar que algunas publicaciones han citado especies presentes en el estado, pero que son errores de identificación, tales como *Ceratotrupes bolivari*, *Copris armatus*, *Geotrupes truncaticornis* y *Phanaeus quadridens*.

Es interesante realizar aquí una comparación con Costa Rica, que de acuerdo con Valerio (1999) y Obando y Herrera (2010), es el país con mayor biodiversidad del mundo si se considera el número de plantas y animales por unidad de superficie. Si se compara exclusivamente a la subfamilia Scarabaeinae, que ha sido bien estudiada en ambas regiones con 145 especies para Oaxaca y 184 para Costa Rica (Kohlmann 2011, Solís y Kohlmann 2012, Kohlmann *et al.* 2019); y si se extrapolan las cifras

a riqueza por unidad de superficie en forma comparativa para varios países del continente Americano, es notoria la diversidad presente en territorio oaxaqueño (Oaxaca: 0.154/100 km²; Costa Rica: 0.356/100 km²; Panamá: 0.188/100 km²; Colombia: 0.025/100 km²; México: 0.012/100km²).

Entre los géneros con mayor riqueza de *taxa* se puede citar a *Onthophagus* (47; figura 2), *Ataenius* (24), *Canthon* (15), *Canthidium* (13), *Phanaeus* (13) y *Copris* (11); estos representan 53 % de las especies citadas en el presente trabajo para el estado. Cabrero-Sañudo y colaboradores (2007), registraron la presencia de 25 especies de la tribu Aphodiini en la entidad; usando los estimadores ACE y Chao2 reportaron que ya se conocían entre 92.6 y 96.2% de las especies del grupo. Sin embargo, el número registrado en el presente estudio es de 39, lo cual indica lo mucho que falta por conocer la biodiversidad oaxaqueña y pone en duda el concepto y los estimadores de riqueza de especies empleados habitualmente para estudios a nivel estatal (la estimación realizada en 2007 presenta un error del 44% al 50% en la estimación de la riqueza específica).

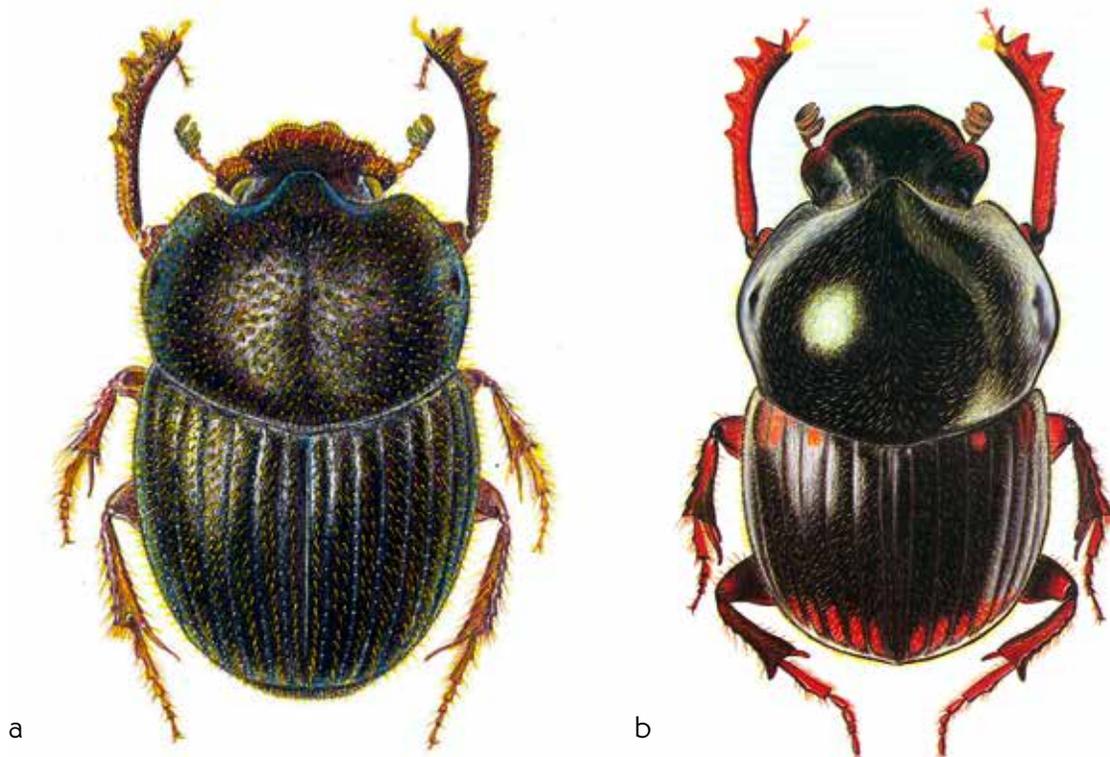


Figura 2. Vista dorsal de especies del género *Onthophagus*: a) *O. etlaensis*; b) *O. lecontei*. Ilustraciones: Claudia Aragón.

Distribución

Oaxaca presenta una gran cantidad de especies tropicales sobre sus dos vertientes (Pacífico y golfo de México), que actúan como corredores y que permiten compartir especies con Centro y Sudamérica. Están también los corredores formados por los sistemas montañosos de la Sierra Madre Oriental y el Eje Neovolcánico Transversal, el Altiplano, además de los elementos propios originados en las partes altas del territorio oaxaqueño y la Sierra Madre del Sur y elementos originarios de Eurasia.

Sólo 17% de los 236 taxones citados en este trabajo son exclusivos del estado, aunque éste comparte muchas especies únicas con Guerrero, en especial aquéllas que

habitan en la Sierra Madre del Sur. Las 40 especies endémicas conocidas de Oaxaca pertenecen a los géneros *Agrilinellus* (1), *Cephalocyclus* (1), *Gonaphodioides* (2), *Oxyomus* (1), *Ataenius* (1), *Ceratotrupes* (1), *Geotrupes* (4), *Ateuchus* (1), *Canthidium* (5; figura 3), *Canthon* (1), *Cryptocanthon* (1), *Copris* (2; figura 4), *Onthophagus* (15) y *Phanaeus* (4). La gran mayoría de estos endemismos se encuentran distribuidos en los bosques montanos, mayoritariamente en el bosque mesófilo de montaña, en encinares y bosques de pino-encino. Además, algunas de las especies endémicas poseen alas reducidas (braquiptería), por lo que han perdido la capacidad de volar, por ejemplo: *Onthophagus howdenorum*, *O. pedester*, *O. zapotecus* y *Canthidium howdeni* (figura 3).

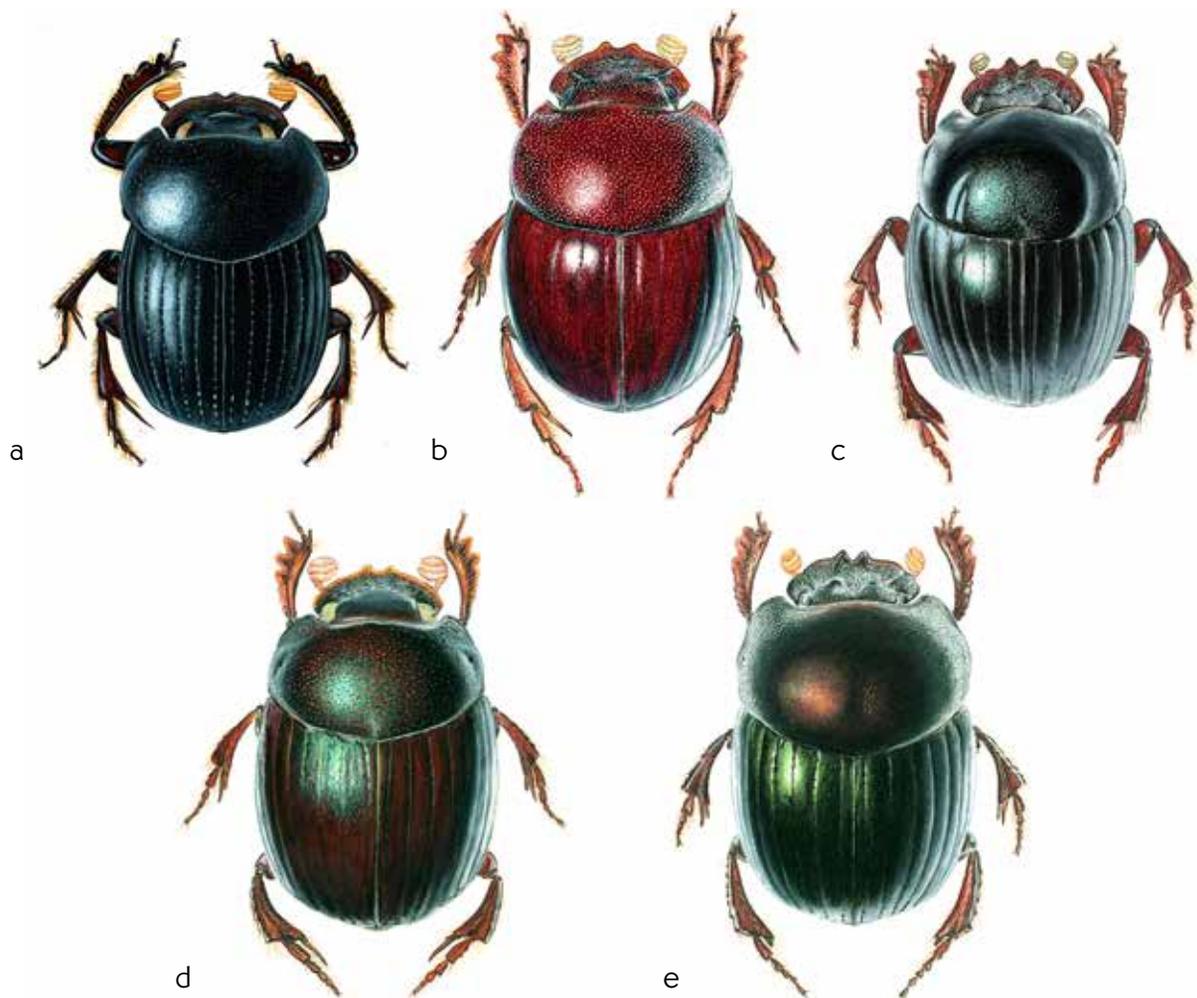


Figura 3. Vista dorsal de especies del género *Canthidium* (Scarabaeidae): a) *C. centrale*; b) *C. howdeni*; c) *C. laetum*; d) *C. macleveii*; e) *C. smithi*. Ilustraciones: Claudia Aragón.



Figura 4. Vista dorsal de *Copris sallei* (Scarabaeidae). Ilustración: Claudia Aragón.

Otros ejemplos de reportes de estercoleros con reducción alar y endémicas se presentan en el bosque mesófilo de montaña de la Sierra Madre del Sur en Guerrero con *Onthophagus gilli* y *O. inflaticollis* y en la Sierra de Nanchititla en el Estado de México con *Canthidium margaritae*; así como en el bosque de encino, mesófilo de montaña y pino-abeto en la Sierra de Manantlán, Jalisco y Colima, con *Onthophagus brachypterus* y *Canthidium riverai*. Las sierras antes mencionadas son las únicas zonas conocidas en México con este tipo de escarabajos, y representan zonas geológicas de emergencia antigua (Kohlmann y Solís 2006), y la presencia de especies braquípteras se interpreta generalmente como un indicio de que los hábitats en los que habitan son estables en el tiempo (Kohlmann y Solís 2006, 2012). Es interesante recalcar aquí que esta área donde se ha registrado braquíptero se enmarca en la Sierra Madre del Sur, área biogeográfica bien definida (Espinosa *et al.* 2016). De las cuatro porciones que componen esta sierra (jalisciense,

michoacana, guerrerense y oaxaqueña), la presencia del fenómeno de reducción alar se ha registrado en todas, excepto en la michoacana. Kohlmann y colaboradores (2019) indican que la Sierra Madre del Sur ocupa el segundo lugar con especies braquípteras a nivel de montañas en el continente Americano, después de la Cordillera de Talamanca en Costa Rica y Panamá. Los autores proponen que la Sierra de Talamanca en Costa Rica actuó como un refugio glacial durante la última glaciación favoreciendo la creación de endemismos. Este mecanismo se propone aquí también para la Sierra Madre del Sur, debido a que se ha observado un efecto de refugio glacial al estudiar el género *Onthophagus* en Oaxaca (Kohlmann *et al.* 2021).

Es interesante que el mayor porcentaje de los endemismos a nivel genérico se presente en *Geotrupes* (66%), así como en *Onthophagus* (32%); ambos elementos de origen septentrional, que han encontrado condiciones favorables para la especiación en los bosques de coníferas del estado, muy probablemente generadas por procesos del último máximo glacial. Estos efectos de la glaciación no han sido tan intensos en las montañas de Oaxaca como en el Eje Neovolcánico Transversal en el centro de México, permitiendo así procesos de especiación recientes, siguiendo muy probablemente un mecanismo de acción del estilo de las islas celestes (Kohlmann *et al.* 2021). El hecho de que muchas de estas especies endémicas presenten poca diferenciación morfológica entre ellas, sugiere que el proceso de especiación es muy reciente, probablemente efecto del último máximo glacial (22 a 18 mil años antes del presente), en donde a su término los bosques de coníferas generaron distribuciones vicariantes² en las comunidades asociadas a ellos. Esta vicariancia se observa sobre todo entre especies hermanas en la Sierra Norte, la Sierra Sur y el Macizo Mixteco, tal como se observa con el círculo de especies formado por *Geotrupes nuntiatius*, *G. pecki* y *G. viridiobscurus* (Arriaga *et al.* 2020 a, b). En otras ocasiones las diferencias morfológicas son mínimas y más bien la diferenciación se ha dado a nivel ecológico y alimenticio, tal como es el caso de *Phanaeus zapotecus*, que vive en la Sierra Sur, habita bosques de pino encino y se alimenta de hongos; mientras que *P. dionysius* habita la Sierra Norte, vive en chaparrales de bosque deciduo de encinos y se alimenta con estiércol (Kohlmann *et al.* 2018).

² Son aquellas que se originan por la presencia de una barrera geográfica y provocan la fragmentación de las poblaciones, limitando el flujo genético entre ambas.

Existen además dos especies introducidas (de origen africano) que habitan principalmente sobre la costa del Pacífico, zona que han usado como corredor para entrar a Centroamérica. La primera especie invasora, *Digitonthophagus gazella*, se reporta por primera vez en 1989 para Puerto Ángel (Kohlmann 1994); para el caso de *Euoniticellus intermedius*, su probable invasión fue antes de 1999, ya que para ese año se le registra por primera vez en Chiapas (Morales Morales *et al.* 2004). En colecciones entomológicas del estado, el único registro hasta ahora para *E. intermedius* es de 2009 en San Sebastián de las Grutas (municipio Sola de Vega).

Importancia

Las características de los escarabajos estercoleros son importantes para el funcionamiento de los ecosistemas (Ridsdill-Smith y Edwards 2011, Hull *et al.* 2013), relacionadas principalmente con su comportamiento de enterrar el estiércol producido por animales, evitando la compactación del suelo, mejorando la infiltración del aire y del agua y el reciclaje de nutrientes, así como aumentando los niveles de nitrógeno, potasio y fósforo, necesarios para el crecimiento y producción de las plantas.

Asimismo, al enterrar el estiércol, los escarabajos limitan el desarrollo de plagas. Evitan la multiplicación de moscas que chupan sangre como las del género *Haematobia*, ya que éstas depositan sus huevos en el excremento fresco, que sirve de alimento para el desarrollo de sus larvas. Existe evidencia de que la presencia de estos escarabajos reduce el número de larvas de nemátodos gastrointestinales que parasitan al ganado en el pasto alrededor de las boñigas (Ridsdill-Smith y Edwards 2001).

La importancia de estos organismos en zonas ganaderas es tal que sin ellos estarían inundadas de estiércol, pues una vaca excreta de 10 a 12 boñigas por día, de aproximadamente 2.9 l cada una. En Australia el gobierno tuvo que importar 23 especies de escarabajos estercoleros para controlar el exceso de estiércol del ganado vacuno introducido, ya que los escarabajos estercoleros nativos sólo procesan estiércol de animales nativos (Edwards *et al.* 2015).

Por último, los escarabajos estercoleros han sido propuestos como organismos modelo para la creación de un atlas de la biodiversidad (Kohlmann *et al.* 2007, 2010, Kohlmann 2011), para mapear zonas de alta riqueza

de especies y endemismos, definir áreas clave, priorizar áreas de conservación en correspondencia con otros grupos taxonómicos y servir de línea base para monitorear cambios de distribución geográfica inducidos por el cambio climático, deforestación, cambios de uso de tierra y otras acciones antropogénicas. Este grupo presenta varias características que lo convierten en idóneo para un atlas de la biodiversidad, tales como un muy buen conocimiento de su taxonomía; se encuentra muy bien recolectado; es un grupo muy abundante y de captura relativamente fácil y rápida; además, este tipo de análisis con base en insectos presenta una mejor resolución de los patrones de distribución a escala fina, que los clásicos estudios basados en vertebrados.

Situación y estado de conservación

Oaxaca es una zona atractiva para los entomólogos y cuenta con registros de colectada desde hace tiempo. Herbst en 1789 describió la primera especie de escarabajo estercolero para la entidad: *Eurysternus caribeus*. A partir de entonces no ha cesado la descripción de este grupo de invertebrados en el territorio oaxaqueño y es de esperar que la lista de nuevos registros y especies se incremente rápidamente en un futuro cercano. Por esta razón es conveniente establecer colecciones científicas en museos, universidades e institutos estatales, así como la formación de recursos humanos entrenados en el estudio y manejo de la biodiversidad.

Existen pocos estudios faunísticos que analicen la diversidad de una localidad o región. Entre ellos se pueden citar los realizados por Alvarado y colaboradores (2013) en La Chinantla (área central del distrito Tuxtepec y norte del distrito Ixtlán, que varía de 200 a 2 600 msnm), donde se recolectaron afóridos (2 especies), geotrupidos (2) y escarabeíno (36) para todo el gradiente altitudinal. Por su parte, Martínez y Suárez (2006) en El Llano de las Flores a 2 600 msnm (municipio San Juan Atepec, distrito Ixtlán), recolectaron afóridos (4 especies), geotrupidos (1) y escarabeíno (1). Ramírez-Ponce y colaboradores (2009), recolectaron en Santiago Xiacuí, Sierra Norte en el distrito Ixtlán (2 000 msnm), afóridos (5 especies), geotrupidos (2) y escarabeíno (14).

Las tres localidades anteriormente mencionadas se ubican en forma cercana a lo largo de un mismo trayecto que va de norte a sur. Éstas se encuentran retiradas apro-

ximadamente de 10 a 20 km en línea recta entre sí. Sin embargo, la tasa de recambio de especies entre las localidades es muy alta. Esta tasa de recambio o diferenciación se mide a través de un parámetro llamado diversidad beta o simplemente β , y representa el reemplazo espacial de las especies entre dos o más áreas. Existen varias maneras de medirlo, pero Koleff (2005) recomienda usar la fórmula β_{sim} . Los valores obtenidos entre las localidades de La Chinantla y El Llano de las Flores a una altura de 2 600 msnm (4 y 6 especies, respectivamente) es de 0.66; mientras que entre La Chinantla y Santiago Xicauí, a una altura de 2 000 msnm (2 y 21 especies, respectivamente), es de 1. Es decir, en el primer caso hay un recambio de 66% de las especies, y en el segundo un recambio total. El Llano de las Flores y Santiago Xicauí no es aconsejable compararlos, ya que se encuentran a alturas distintas (6 y 21 especies, respectivamente), aunque el cálculo arroja una tasa de recambio de 0.75. Estos resultados indican que, aunque las localidades estén próximas entre sí, los altos valores de tasas de recambio sugieren que factores como la distancia entre las localidades, la heterogeneidad ambiental y orográfica, los factores históricos, así como la sobreposición de elementos de diferentes orígenes evolutivos y biogeográficos, ejercen una gran influencia en la composición de la fauna en las montañas tropicales oaxaqueñas.

La destrucción progresiva de los bosques nativos puede conducir a una paulatina reducción en el área de distribución de los escarabajos estercoleros o su desaparición, favoreciendo la penetración y aumento de distribución de especies asociadas a terrenos abiertos, como los predios agropecuarios. Sin embargo, algunas especies de bosque se logran adaptar a cultivos que mantienen la estructura de un bosque, como los cafetales y platanares. Algunos estercoleros presentan hábitos alimenticios muy definidos y particulares, lo que los hace vulnerables a perturbaciones ambientales, entre ellos:

- *Phanaeus zapotecus* se alimenta de hongos macromicetos en los bosques de pino-encino.
- Las especies de los géneros *Coprophanaeus* y *Deltochilum*, así como *Canthon cyanellus*, *Liatongus rhinocerus* y *Onthophagus villanuevai*, utilizan carroña para su alimentación y nidificación, aunque a veces se les ha visto utilizando estiércol.
- *Canthon euryscelis*, *C. femoralis* y *C. subhyalinus*, aunque se pueden alimentar de estiércol en general, muestran una marcada preferencia por excretas de

los monos y vuelan habitualmente entre las ramas de los árboles buscando este recurso.

- *Canthidium laetum* (figura 3) se alimenta de las semillas de diversas leguminosas, con las cuales nidifica.
- *Onthophagus carpophilus* se alimenta de frutas en descomposición.

Patrones biogeográficos del grupo

Oaxaca es una región extremadamente rica en biodiversidad debido, entre otros factores, a la confluencia de elementos de diferente origen biogeográfico. Por un lado, y hasta aproximadamente 2 000 msnm, las especies de escarabajos presentan un origen tropical. Algunas especies son nativas y originadas hace tiempo en la región, otras son invasoras recientes de América del Sur. Dentro de las nativas se pueden citar especies dentro de los géneros *Onthophagus*, *Liatongus* y *Sisyphus*, y dentro del género *Copris* al complejo de especies *incertus* (*C. incertus*, *C. laeviceps*, *C. lugubris*).

En el territorio oaxaqueño, el género *Onthophagus* comprende a dos grupos de especies: *belorhinus*, *carpophilus*, *istmenus*, *maya*, *santamariensis* y *villanuevai*, dentro del grupo *clypeatus*; y *chimalapensis*, *neomirabilis*, *petenensis* y *subcancer*, dentro del grupo *dicranius* (Kohlmann y Solís 2001). Estos conjuntos presentan afinidades extramericanas; Howden y Gill (1993) indican que la fauna americana de *Onthophagus* es el resultado de especies invasoras procedentes del este asiático y que el grupo *dicranius* presenta caracteres en común con especies de Nueva Guinea. Por su parte, Zunino y Halffter (1997) indican que las especies del grupo *clypeatus* pertenecen a un mismo tronco filético que una serie de especies encontradas en las Filipinas y en el Archipiélago de Sonda.

Estas observaciones concuerdan con la hipótesis originalmente propuesta por Zunino y Halffter (1988), que señala un origen de líneas para los grupos supraespecíficos de *Onthophagus* americanos, que en el caso de los representantes actuales están en el este o sudeste de Asia; y para este último caso, la representación asiática de la línea ancestral, al igual que la americana, tienen su distribución presente en los trópicos húmedos. Recientemente Schwery y O'Meara (2021) indican en un árbol filogenético que el grupo hermano de los *Onthophagus* americanos es una rama que incluye dos especies del este de Asia (*O. lenzii* y *O. fodiens*; China central, Corea

y Japón), así como una de África (*O. asperulus*; Mozambique).

Para el caso del género *Sisyphus*, las especies más cercanas a las mexicanas se encuentran en las regiones Afrotropical y Oriental. Haaf (1955) considera a *Sisyphus mexicanus* una subespecie de *Sisyphus crispatus*, especie distribuida en el África subsahariana, y al mismo tiempo considera a *Sisyphus hirtus*, de la India y Sri Lanka, otra subespecie de la especie africana. Haaf (1955) consideró a *S. mexicanus* como de penetración antigua en América, además de ser muy parecida a *S. crispatus*. Cambefort (1991) considera que la línea original de *Sisyphus* invadió América desde Asia a través del Estrecho de Bering. Para el caso de *Coprís*, Matthews (1961) indica que el origen del poblamiento americano de este género se deriva de líneas ancestrales provenientes de Asia, y que especies chinas muestran un gran parecido con *C. incertus*.

El patrón que esbozan estos grupos de coleópteros parece ser congruente con la hipótesis de la distribución boreotropical (Wang 1961, Wolfe 1975, Lavin y Luckow 1993, Xiang y Soltis 2001, Davis *et al.* 2002), donde grupos actuales de flora y fauna muestran una distribución tropical disyunta, generalmente centradas en América, África y Asia tropical. Esta hipótesis se basa en la observación de la existencia de bosques lluviosos paratropicales (mezcla de géneros tropicales, paratropicales y templados) de hoja ancha durante inicios del Terciario (Paleoceno-Eoceno) en altas latitudes en regiones que son actualmente templadas, y hace notar que muchos *taxa* de angiospermas actuales templados tienen parientes siempreverdes en los bosques lluviosos subtropicales (Axelrod 1966) y en ocasiones algunas especies pueden llegar a encontrarse en Sudamérica y en la Antillas mayores.

Esta propuesta sugiere la existencia de puentes norteros que antiguamente se encontraban en latitudes más bajas, como por ejemplo el puente de Bering durante el Terciario y el puente del Atlántico Norte durante el Eoceno, que pudieron haber servido como rutas de migración para grupos de organismos que actualmente presentan distribuciones intercontinentales disyuntas. Los modelos de Zhang y colaboradores (2021) sugieren para el Cretácico tardío y Eoceno temprano un clima caliente templado en Canadá y norte de los Estados Unidos, un clima boreotropical en el resto de los Estados Unidos y un clima árido para la parte emergida de México; mientras que, para el Eoceno medio y tardío, el clima caliente templado se distribuiría desde el norte de México hacia

Estados Unidos, mientras que el resto del México emergido tendría un clima árido.

Este patrón de distribución clarificaría los supuestos por Halffter (Morrone 2015) para la zona de transición mexicana, en particular uno de ellos, el llamado patrón de dispersión paleoamericano (Halffter 1964), que corresponde a taxones septentrionales de origen no Gondwánico, que arribaron a Norteamérica, procedentes de Eurasia durante el Cretácico-Paleoceno (Halffter y Morrone 2017) y ha sido a su vez subdividido por Halffter y colaboradores (1995) en cuatro variantes, donde el patrón tropical paleoamericano, corresponde a especies encontradas en las tierras bajas del trópico y en altitudes medias, pudiendo ser su distribución muy similar a la del patrón neotropical, excepto que sus afinidades son con Eurasia. Dentro de este patrón Halffter y colaboradores (1995, 2008) colocaron a los grupos de especies *clypeatus* y *dicranus* del género *Onthophagus* y al complejo de especies *incertus* del género *Coprís*.

Una segunda variante del patrón de dispersión paleoamericano es el patrón relictual paleoamericano, representado por especies de géneros ampliamente distribuidos geográfica y ecológicamente en Eurasia, pero representados en la zona de transición mexicana por especies endémicas con distribuciones muy restringidas. Dentro de este patrón Halffter (1976) y Halffter y colaboradores (1995) colocaron a los géneros *Liatongus* y *Sisyphus*. Los grupos de especies antes citados son congruentes con las características típicas de la llamada distribución boreotropical. Por lo tanto, las dos variantes de patrones de distribución antes mencionadas, se podrían considerar una y, al mismo tiempo, coincide con la distribución boreotropical. Esta es la razón por la que en el presente estudio se propone utilizar de ahora en adelante el término distribución boreotropical por ser un concepto anterior al paleoamericano, más completo y fundamentado. Este patrón se ha estudiado y caracterizado a niveles de análisis filogenéticos y biogeográficos muy finos en plantas (Lidgard y Crane 1990, Xiang y Soltis 2001, Davis *et al.* 2002, Smith y colaboradores 2008, Feng *et al.* 2009, Guo *et al.* 2012), por lo que existe una base sólida que apoya su existencia.

El posible origen boreotropical del género *Onthophagus* se ve especialmente reforzado por un reciente trabajo de Schwery y O'Meara (2021), en donde proponen el origen de los estercoleros usando dos modelos de filogenia taxonómica calibrados, una estimación antigua y

otra más reciente. En ese trabajo se propone el origen de los Scarabaeinae variando entre los 131.6 y los 98.1 Ma, según modelos de lenta o rápida divergencia, concluyéndose que las evidencias apuntan a un origen Gondwaniano para los escarabajos estercoleros. Este resultado apoyaría la hipótesis de que los estercoleros empezaron a nutrirse de estiércol a partir de las excretas de los dinosaurios herbívoros durante la aparición masiva de las angiospermas en el Cretácico medio (Gunter *et al.* 2016), ya que este alimento era más nutritivo y menos fibroso. Este modelo de Schwery y O'Meara (2021) también propone una estimación antigua para la aparición del género *Onthophagus*, que data de 85.03 Ma y otra más reciente de 57.74 Ma. Estas estimaciones contradicen las propuestas de Breeschoten y colaboradores (2016), en donde ellos estiman el origen del género *Onthophagus sensu stricto* en 28.55 ± 6.5 Ma y para los *Onthophagus* americanos en 20.42 ± 5.28 Ma. Los resultados de Schwery y O'Meara sugieren entonces una diferencia en la edad de la estimación del origen del género *Onthophagus* con respecto a Breeschoten y colaboradores (2016) de 56.48 Ma para la estimación antigua y de 29.19 Ma para la estimación reciente. Entonces, para el caso de la aparición de los *Onthophagus* americanos, la edad de su origen oscilaría entre 76.9 y 49.61 Ma; lo que significaría que la aparición de los *Onthophagus* americanos podría haberse dado en un periodo de tiempo entre el Cretácico tardío y el Eoceno temprano. Los resultados de estos modelos estarían en sincronía con el esquema de la hipótesis boreotropical, que indica la aparición de un gran número de taxa modernos de plantas en el mismo periodo de tiempo (Sanmartín *et al.* 2001).

En los patrones de distribución de los escarabajos estercoleros a partir de los dos mil metros hacia arriba, comienzan a aparecer especies, cuyos linajes se originaron en las partes templado-frías de Norteamérica. A este grupo pertenecen las especies de las familias Aphodiidae y Geotrupidae. La distribución de estas especies montañosas es muy restringida. Al mismo tiempo, las montañas oaxaqueñas pueden considerarse un área muy activa de generación de nuevas especies ya que ofrecen un sinnúmero de nichos que pueden ser ocupados por estos procesos de diversificación de los organismos. En Oaxaca, todos estos grupos se entremezclan, sobre todo en las montañas, formando un verdadero y muy particular mosaico, cuya conservación debe ser prioritaria.

Conclusiones y recomendaciones

Dada la dependencia de estos organismos al lugar donde habitan, la conservación del grupo depende de la protección y conservación de la vegetación natural a través del control de la tala y los incendios forestales. El bosque mesófilo de montaña es particularmente vulnerable debido a su muy limitada distribución.

Debido a que estos organismos dependen principalmente del estiércol de los mamíferos, también es necesaria la protección y conservación de la fauna del estado a través del control de la cacería. El establecimiento de corredores biológicos entre las diferentes áreas es importante, ya que permite la comunicación y el intercambio genético entre poblaciones, coadyuvando así al mantenimiento de una sana diversidad genética.

Es importante, además, educar a la población para lograr un mejor entendimiento de la importancia y funciones de estos organismos, así como legislar su protección por las capturas que se realizan para venderlos a los coleccionistas en los mercados internacionales, debido a su belleza o rareza (p.e. especies del género *Phanaeus*). Para el caso de las especies con distribución restringida, como *P. blackalleri*, *P. damocles*, *P. dionysius*, *P. nimrod*, *P. zapotecus* y *P. zoque*, se recomienda considerarlas bajo algún esquema de protección en la Norma Oficial Mexicana de protección ambiental de especies nativas.

Aunque las actividades de recolección científica han ido en aumento en años recientes en el estado, aún falta mucho esfuerzo para conocer la distribución de los organismos que habitan en la región, como lo demuestra el constante registro de especies nuevas a últimas fechas. Finalmente, se requiere un análisis de la distribución y mapeo de esta fauna, y en particular de las especies endémicas. La confección de un atlas de la biodiversidad sería de gran ayuda para el desarrollo de planes de conservación y protección y el establecimiento de parques y reservas.

Agradecimientos

En primer lugar, deseo agradecer a Alejandro de Ávila Blomberg, Director del Jardín Etnobotánico de Oaxaca, y entrañable amigo desde nuestros tiempos del colegio, la invitación a participar en tan importante obra, sobre la biodiversidad de Oaxaca, estado de donde su familia

es originaria. Estoy en deuda también con Federico Escobar del Instituto de Ecología A.C. por el envío de diversos artículos, así como la información de la base de datos de escarabajos estercoleros de México, proyecto JM032, apoyado por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).

Finalmente, agradezco también los buenos oficios de Patricia Koleff, directora general de análisis y prioridades de la CONABIO, exalumna mía de los cursos del Diplomado de Biología Comparativa Contemporánea de la CONABIO, quien facilitó la información sobre escarabajos estercoleros de las bases de datos de esta institución.

Referencias

- Alvarado, F., F. Escobar y J. Montero-Muñoz. 2013. Diversity and biogeographical makeup of the dung beetle communities inhabiting two mountains in the Mexican Transition Zone. *Organisms Diversity & Evolution* 14(1):105-114.
- Aragón García, A., H. Carrillo-Ruiz, M.A. Morón y G. Yanes-Gómez. 2011. Coleópteros lamelicornios. En: *La biodiversidad en Puebla: Estudio de Estado*. CONABIO/Gobierno del Estado de Puebla/BUAP, México, pp. 174-177.
- Anduaga, S. y G. Halffter. 1993. Alimentación y nidificación en *Liatongus rhinocerus* (Bates) (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae). *Acta Zoológica Mexicana* nueva serie 57:1-14.
- Arriaga-Jiménez, A., B. Kohlmann, B.J. Cruz García. 2020a. A predicted new *Geotrupes* from the mountains of Oaxaca, Mexico, and a description of the male of *Geotrupes lobatus* (Coleoptera: Geotrupidae). *Acta Entomologica Musei Nationalis Pragae* 60:493-508.
- Arriaga-Jiménez, A., B. Kohlmann, L. Vázquez-Selem et al. 2020b. Past and future sky-islands dynamics models of tropical mountains: The case of *Geotrupes* (Coleoptera: Geotrupidae) in Oaxaca, Mexico. *The Holocene* 30(10):1462-1470.
- Axelrod, D.I. 1966. Origin of deciduous and evergreen habitats in temperate forests. *Evolution* 20:1-15.
- Breeschoten, T., C. Doorenweerd, S. Tarasov y A.P. Vogler. 2016. Phylogenetics and biogeography of the dung beetle genus *Onthophagus* inferred from mitochondrial genomes. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 105:86-95.
- Cabrero-Sañudo, F.J., M. Dellacasa, I. Martínez y G. Dellacasa. 2007. Estado actual del conocimiento de los Aphodiinae mexicanos (Coleoptera: Scarabaeoidea: Aphodiidae). En: *Escarabajos, diversidad y conservación biológica*. M. Zunino y A. Melic (eds.). Vol. 7. Sociedad Entomológica Aragonesa/Monografías Tercer Milenio M3M, México, pp. 69-92.
- Cambefort, Y. 1991. Biogeography and evolution. En: *Dung beetle ecology*. I. Hanski e Y. Cambefort (eds.). Princeton University Press, Nueva Jersey, pp. 51-68.
- Davis, C.C., P.W. Fritsch, J. Li y M.J. Donohue. 2002. Phylogeny and biogeography of *Cercis* (Fabaceae): Evidence from nuclear ribosomal ITS and chloroplast nhdF sequence data. *Systematic Botany* 27:289-302.
- Delgado-Castillo L. y C Deloya. 1990. Una nueva especie mexicana de *Onthophagus* del grupo *clypeatus*. *Annales de la Société entomologique de France* nueva serie 26(2):211-216.
- Deloya, A.C. 2011. Escarabajos coprófagos y necrófagos (Insecta: Coleoptera: Scarabaeidae). En: *La biodiversidad en Veracruz: Estudio de Estado*. CONABIO/Gobierno del Estado de Veracruz/UV/INECOL, México, pp. 383-390.
- Deloya, A.C. y D. Covarrubias. 2014. *Escarabajos del estado de Guerrero (Coleoptera: Scarabaeoidea)*. S y G Editores, México.
- Deloya A.C., J. Ponce, P. Reyes y G. Aguirre. 2016. *Escarabajos del estado de Michoacán (Coleoptera: Scarabaeoidea)*. S y G Editores, México.
- Edmonds W.D. 2006. A new species of *Phanaeus* Macleay from Oaxaca, Mexico. *Zootaxa* 1171:31-37.
- Edwards, P., P. Wilson y J. Wright. 2015. *Introduced dung beetles in Australia: A pocket field-guide*. CSIRO Publishing, Victoria.
- Espinosa, D., S. Ocegueda-Cruz e I. Luna-Vega. 2016. Introducción al estudio de la biodiversidad de la Sierra Madre del Sur: Una visión general. En: *Biodiversidad de la Sierra Madre del Sur: una síntesis preliminar*. I. Luna-Vega, D. Espinosa y R. Contreras-Medina (eds.). UNAM, México, pp. 23-36.
- Gómez y Gómez, B. 2013. Los escarabajos (Coleoptera: Scarabaeoidea). En: *La biodiversidad en Chiapas: Estudio de Estado*. CONABIO/Gobierno del Estado de Chiapas, México, pp. 207-212.
- Gunter, N.L., T.A. Weir, A. Slipinski et al. 2016. If dung beetles (Scarabaeidae: Scarabaeinae) arose in association with dinosaurs, did they also suffer a mass co-extinction at the K-Pg boundary? *PLoS ONE* 11(5):e0153570.
- Guo, Y.Y., Y.B. Luo, Z.J. Liu y X.Q. Wang. 2012. Evolution and biogeography of the slipper orchids: Eocene vicariance of the conduplicate genera in the Old and New World Tropics. *PLoS ONE* 7(6):e38788.
- Haaf, E. 1955. Über die Gattung *Sisyphus* Latreille. *Entomologische Arbeiten aus dem Museum G. Frey* 6(1):341-381.
- Halffter, G. 1964. La entomofauna americana, ideas acerca de su origen y distribución. *Folia Entomológica Mexicana* 6:1-108.
- . 1976. Distribución de los insectos en la zona de transición mexicana. Relaciones con la entomofauna de Norteamérica. *Folia Entomológica Mexicana* 35:1-64.

- Halffter, G. y W.D. Edmonds. 1982. *The nesting behavior of dung beetles (Scarabaeinae)*. En *ecological and evolutive approach*. Programa MAB UNESCO/Instituto de Ecología A.C., México.
- Halffter, G. y J.J. Morrone. 2017. An analytical review of Halffter's Mexican transition zone, and its relevance for evolutionary biogeography, ecology and biogeographical regionalization. *Zootaxa* 4226:1-46.
- Halffter, G., M.E. Favila y L. Arellano. 1995. Spatial distribution of three groups of Coleoptera along an altitudinal transect in the Mexican Transition Zone and its biogeographical implications. *Elytron* 9:151-185.
- Halffter, G., J.R. Verdú, J. Márquez y C.E. Moreno. 2008. Biogeographical analysis of Scarabaeinae and Geotrupinae along a transect in Central Mexico. *Fragmenta Entomologica* 40(2):273-232.
- Herbst, J.F.W. 1789. *Natursystem aller bekannten in- und ausländischen Insekten, als eine Fortsetzung der von Büffonschen Naturgeschichte. Nach dem System des Ritters von Linné und Fabricius zu bearbeiten angefangen von Carl Gustav Jablonsky von Johan Friedrich Wilhelm Herbst. Der Käfer zweyter Theil*. Joachim Pauli, Berlin.
- Howden, H.F. y B. Gill. 1993. Mesoamerican *Onthophagus* Latreille in the *dicranus* and *mirabilis* species groups (Coleoptera: Scarabaeidae). *Canadian Entomologist* 125:1091-1114.
- Hull, R., M. Alaouna, L. Khanyile et al. 2013. Lifestyle and host defense mechanisms of the dung beetle, *Euoniticellus intermedius*: The toll signaling pathway. *Journal of Insect Science* 13(108):1-25.
- Hunt, T., J. Bergsten, Z. Levkancicova et al. 2007. A comprehensive phylogeny of beetles reveals the evolutionary origins of a super-radiation. *Science* 318:1913-1916.
- Kohlmann, B. 1994. A preliminary study of the invasion and dispersal of *Digitonthophagus gazella* (Fabricius, 1787) in Mexico (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae). *Acta Zoológica Mexicana* 61:35-42.
- . 2011. Biodiversity conservation in Costa Rica. An animal and plant biodiversity atlas. En: *Researches in biodiversity: models and applications*. I.Y. Pavlinov (ed.). INTECH Open Access Publisher, Croacia, pp. 203-222.
- Kohlmann, B. y A. Solís. 2001. El género *Onthophagus* (Coleoptera: Scarabaeidae) en Costa Rica. *Giornale Italiano di Entomologia* 9(49):159-261.
- . 2006. El género *Canthidium* (Coleoptera: Scarabaeidae) en Norteamérica. *Giornale Italiano di Entomologia* 53(11):235-295.
- . 2012. New species of Scarab beetles (Coleoptera: Geotrupidae: Athyreini and Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) from Costa Rica and Panama. *Zootaxa* 3193:28-52.
- Kohlmann, B., D. Roderus, O. Elle et al. 2010. Biodiversity conservation in Costa Rica: a correspondence analysis between identified biodiversity hotspots and conservation priority life zones. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 81:511-559.
- Kohlmann, B., A. Solís, O. Elle et al. 2007. Biodiversity, conservation, and hotspot atlas of Costa Rica: a dung beetle perspective (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae). *Zootaxa* 1457:1-34.
- Kohlmann, B., A. Arriaga-Jiménez y M. Rös. 2018. Dung beetle (Coleoptera, Geotrupidae, Scarabaeidae) vicariant speciation in the mountains of Oaxaca, Mexico, with a description of a new species of *Phanaeus* (Coleoptera, Scarabaeidae). *ZooKeys* 743:67-93.
- Kohlmann, B., A. Arriaga-Jiménez y R. Salomão. 2021. Elevational Rapoport's Rule and the effect of the last glaciation upon elevational range size: An analysis using a dung beetle model (Coleoptera: Scarabaeidae: *Onthophagus*) in Mexican tropical mountains. The Holocene (inédito).
- Kohlmann, B., A. Solís y G.E. Alvarado. 2019. *Onthophagus humboldti* and *Uroxys bonplandi*, two new scarab beetles (Coleoptera, Scarabaeidae, Scarabaeinae) from Costa Rica. Tropical mountain brachyptery and endemism. *Zookeys* 881:23-51.
- Koleff, P. 2005. Conceptos y medidas de la diversidad beta. En: *Sobre diversidad biológica: el significado de las diversidades alfa, beta y gamma*. Vol. 4. G. Halffter, J. Soberón, P. Koleff y A. Melic (eds.). M3M-Monografías Tercer Milenio/SEA/CONABIO/Grupo Diversitas/CONACYT, México, pp. 19-40
- Lavin, M. y M. Luckow. 1993. Origins and relationships of tropical North America in the context of the boreotropics hypothesis. *American Journal of Botany* 80:1-14.
- Lidgard, S. y P.R. Crane. 1990. Angiosperm diversification and Cretaceous floristic trends: A comparison of palynofloras and leaf macrofloras. *Paleobiology* 16:77-93.
- Martínez, I. y M.T. Suárez. 2006. Phenology, trophic preferences, and reproductive activity in some dung-inhabiting beetles (Coleoptera: Scarabaeidae) in El Llano de Las Flores, Oaxaca, Mexico. *Proceeding of the Entomological Society of Washington* 108:774-784.
- Matthews, E.G. 1961. A revision of the genus *Copris* Müller of the western hemisphere (Coleoptera: Scarabaeidae). *Entomologica Americana* 41:1-137.
- Morales Morales, C.J., R. Ruiz Nájera y L. Delgado. 2004. Primer registro de *Euoniticellus intermedius* (Reiche, 1848) y datos nuevos de distribución de *Digitonthophagus gazella* (Fabricius, 1787) (Coleoptera: Scarabaeidae) e *Hybosorus illigeri* Reiche, 1853 (Coleoptera: Hybosoridae) para el estado de Chiapas. *Dugesiana* 11(2):21-23.
- Morón, M.A. 2003. *Atlas de los escarabajos de México*. Coleoptera: *Lamellicornia*, vol. II *Familias Scarabaeidae, Trogidae, Passalidae y Lucanidae*. Argania Editio, Barcelona.
- Morrone, J.J. 2015. Halffter's Mexican transition zone (1962-2014), ceno-crons and evolutionary biogeography. *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research* 53(3):249-257.
- Obando, V. y A. Herrera. 2010. *Conocimiento y conservación de la biodiversidad en Centroamérica*. INBIO, Costa Rica.

- Pereira, F.S. y G Halffter. 1961. Nuevos datos sobre Lamellicornia mexicanos con algunas observaciones sobre saprofagia. *Revista Brasileira Entomologica* 10:53-66.
- Philips, T.K. 2011. The evolutionary history and diversification of dung beetles. En: *Ecology and evolution of dung beetles*. L.W. Simmons y T.J. Ridsdill-Smith (eds.). Wiley-Blackwell, Chichester, pp. 21-46.
- Ridsdill-Smith, T.J. y P.B. Edwards. 2011. Biological control: Ecosystem functions provided by dung beetles. En: *Ecology and evolution of dung beetles*. L.W. Simmons y T.J. Ridsdill-Smith (eds.). Wiley-Blackwell, Chichester, pp. 245-266.
- Sanmartín, I., H. Enghoff y F. Ronquist. 2001. Patterns of animal dispersal, vicariance and diversification in the Holarctic. *Biological Journal of the Linnean Society* 73:345-390.
- Scholtz, C.H., A.L.V. Davis y U. Kryger. 2009. *Evolutionary biology and conservation of dung beetles*. Pensoft Publishers, Sofia.
- Schwery, O. y B.C. O'Meara. 2021. Age, origin, and biogeography: Unveiling the factors behind the diversification of dung beetles. En: <<https://www.biorxiv.org/content/10.1101/2021.01.26.428346v1.full>>, última consulta: 14 de julio de 2021.
- Smith, J.F., A.C. Stevens, E.J. Tepe y C. Davidson. 2008. Placing the origin of two species-rich genera in the late Cretaceous with later species divergence in the Tertiary: A phylogenetic, biogeographic and molecular dating analysis of *Piper* and *Peperomia* (Piperaceae). *Plant Systematics and Evolution* 275:9-30.
- Solís, A. y B. Kohlmann. 2002. El género *Canthon* (Coleoptera: Scarabaeidae) en Costa Rica. *Giornale Italiano di Entomologia* 50(10):1-68.
- . 2012. Checklist and distribution atlas of the Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae) of Costa Rica. *Zootaxa* 3482:1-32.
- Valerio, C.E. 1999. *Costa Rica. Ambiente y biodiversidad*. INBIO, Costa Rica.
- Wang, C.W. 1961. *The forests of China with a survey of grassland and desert vegetation*. Maria Moors Cabbot Foundation/Harvard University, Cambridge.
- Wolfe, J.A. 1975. Some aspects of plant geography in the Northern Hemisphere during the late Cretaceous and Tertiary. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 62:264-279.
- Xiang, Q.Y. y D.E. Soltis. 2001. Dispersal-vicariance analyses of intercontinental disjuncts: historical biogeographical implications for angiosperms in the Northern hemisphere. *International Journal of Plant Sciences* 162:S29-S39.
- Zhang, Q., R.H. Ree, N. Salamin *et al.* 2021. Fossil-informed models reveal a boreotropical origin and divergent evolutionary trajectories in the walnut family (Juglandaceae). *Systematic Biology* 0:1-17.
- Zunino, M. y G. Halffter. 1997. Sobre *Onthophagus* Latreille, 1802 americanos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae). *Elytron* 11:157-178.
- . 1988. Análisis taxonómico, ecológico y biogeográfico de un grupo americano de *Onthophagus* (Coleoptera: Scarabaeidae). *Museo Regionale di Scienze Naturale Torino Monografia* 9:1-211.



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Escarabajo soldado (*Chauliognathus nigrocinctus*). Foto: Roberto Arreola Alemón/Banco de imágenes CONABIO.

Escarabajos elateroideos

Santiago Zaragoza Caballero, Cisteil Xinum Pérez Hernández, Felipe Arturo Noguera Martínez, Enrique González Soriano y Enrique Ramírez García

Descripción

Los escarabajos de las familias Cantharidae, Lampyridae, Lycidae, Phengodidae y Telegeusidae, anteriormente conocidos como cantaroideos, actualmente se incluyen en la superfamilia Elateroidea (Lawrence y Newton 1995). Son escarabajos de cuerpo blando, alargado y aplanado en sentido dorso-ventral que alcanzan una talla entre 1.2 a 43 mm de largo, con colores brillantes de tonos negro-rojizo, negro-amarillento o anaranjado, considerados como de advertencia o aposemáticos; esta cualidad ha sido aprovechada por diversos organismos que los imitan, y que en conjunto conforman anillos de mimetismo (Eisner *et al.* 1962).

Su cabeza es más ancha que larga y está parcial o totalmente cubierta por el pronoto (superficie dorsal del primer segmento del tórax; figuras 1 a 5); en los cantáridos y lícidos que se alimentan de néctar y polen, la cabeza se alarga en un rostro (figuras 1 y 3). Generalmente, las antenas están separadas en su base y tienen de 10 a 14 segmentos; pueden presentarse en forma de hilo (filiiformes), de sierra (serradas), de peine (pectinadas) o de pluma, como en los fengódidos (figura 4); mientras que en los lampíridos y lícidos son muy cercanas entre sí. Los ojos de los elateroideos ordinariamente son reducidos, y son notablemente más grandes en lampíridos nocturnos (figura 2). Las mandíbulas son falcadas (en forma de hoz) en las cinco familias y la mayoría están adaptadas para la depredación; como partes bucales complementarias,

están los palpos maxilares y labiales, que presentan el último segmento en forma de hacha. En los telegeúsidos el último segmento de los palpos es muy largo (figura 5).

En el tórax, el pronoto es de forma variable, tanto o más ancho que los élitros (alas anteriores endurecidas), convexo, con o sin expansiones laterales. Algunos lícidos muestran rebordes circulares del tórax. Los élitros pueden ser largos o cortos; en el género *Phengodes*, en particular, son muy abreviados hacia el ápice (figura 4), y en los lícidos su textura es en forma de red (figura 3).

Las patas de los elateroideos de cuerpo blando son comprimidas lateralmente; las cavidades coxales anteriores (donde se inserta el primer par de patas) se presentan abiertas hacia atrás; mientras que las procoxas¹ y mesocoxas (coxae de las patas intermedias) son triangulares, y las coxae de las patas posteriores son transversas. Las tibias (secciones intermedias de las patas) tienen espinas de forma y número variable. La fórmula tarsal² es 5-5-5, con uñas simples, dentadas o con apéndices.

El abdomen presenta ocho segmentos visibles en los machos y siete en las hembras; los lampíridos nocturnos poseen además órganos generadores de luz, que son utilizados en la comunicación entre individuos de la misma especie. El aparato reproductor masculino de estas familias de elateroideos es trilobulado, con un flagelo (apéndice móvil en forma de látigo) expuesto libremente en los fengódidos (Bocak y Bocakova 2010, Branham 2010, Costa y Zaragoza-Caballero 2010, Lawrence 2010, Ramsdale 2010).

¹ La coxa es el segmento basal de las patas de los artrópodos; las procoxas son las coxae de las patas anteriores.

² Número de segmentos que conforman el tarso, que es la sección final de la pata, con la que el insecto se apoya en el sustrato.



Figura 1. *Chauliognathus forreri* (Coleoptera: Cantharidae), escarabajo cantárido registrado en Huatulco. Foto: Enrique Ramírez García.



Figura 2. *Cratomorphus elevatus* (Coleoptera: Lampyridae), luciérnaga capturada en Huatulco. Foto: Enrique Ramírez García.



Figura 3. *Lycostomus loripes* (Coleoptera: Lycidae), escarabajo lícido registrado en Huatulco. Foto: Enrique Ramírez García.



Figura 4. *Phengodes* sp. (Coleoptera: Phengodidae), escarabajo procedente de Huatulco. Foto: Enrique Ramírez García.



Figura 5. *Telegeusis austellus* (Coleoptera: Telegeusidae). Foto: Enrique Ramírez García.

La mayoría de escarabajos cantaroideos tienen un ciclo de vida anual y pasan gran parte de él en estado de larva. Como adultos viven poco tiempo, pues su única función es reproducirse. Así, los cantáridos sobreviven unas tres semanas, los lampíridos y fengódidos duran unos días, y los lícidos viven pocas horas.

Los adultos de cantáridos y lícidos tienen hábitos diurnos e inician su actividad a las primeras horas del día, contrario a la mayoría de lampíridos, que son nocturnos y cuyo vuelo nupcial inicia al atardecer, momento en el que utilizan señales luminosas para encontrar pareja. Los coleópteros fengódidos y telegeúsidos son también de hábitos nocturnos y comúnmente son atraídos por la luz (Bocak y Bocakova 2010, Branham 2010, Costa y Zaragoza-Caballero 2010, Lawrence 2010, Ramsdale 2010).

Cuando son larvas, los individuos de estas familias son depredadores activos de anélidos, moluscos o larvas y adultos de pequeños insectos que viven entre la hojarasca o bajo la corteza de los árboles, por lo que son apreciados como organismos para control biológico. A diferencia de la mayoría de los escarabajos, las hembras de los fengódidos no realizan la metamorfosis completa (huevo-larva-pupa-adulto), debido a que conservan su apariencia de larva aun cuando alcanzan la etapa adulta. A este fenómeno se le conoce como paedomorfosis o neotenia (Costa y Zaragoza-Caballero 2010).

Los cantaroideos ocupan diferentes hábitats desde el nivel del mar hasta altitudes de 2 500 m, excepto en zonas polares. Habitan en distintos ecosistemas desde bosques húmedos a sabanas y pastizales, e incluso algunos

cantáridos y lampíridos se pueden encontrar en zonas áridas. En general, son más abundantes durante la época de lluvias (figura 6); cuando son adultos, los cantáridos y lampíridos frecuentan sitios cercanos a cuerpos de agua.

Existen coleópteros cantaroideos de hábitos florícolas (cantáridos, lícidos), herbívoros (cantáridos, lícidos) y fungívoros (cantáridos); en ocasiones extremas, algunos de ellos practican el canibalismo (lampíridos). También pueden actuar como polinizadores (cantáridos) o depredadores (cantáridos, fengódidos). Algunos emiten señales luminosas para comunicarse sexualmente (lampíridos), para su defensa (larvas de lampíridos), o bien para atraer a sus presas (larvas y hembras de fengódidos; Bocak y Bocakova 2010, Branham 2010, Costa y Zaragoza-Caballero 2010, Lawrence 2010, Ramsdale 2010).

Los miembros de estas familias secretan sustancias aromáticas tóxicas que funcionan como repelentes, como son pirazinas, propanamidas, alcanonas, ácidos acetilénicos, glicéridos y alcaloides (Moore y Brown 1981). Dettner (1987) también hace referencia a la liberación de fenilalanina y lípidos acetilénicos (lícidos); pterinas y lucibufaginas (lampíridos); acetilénidos, alcaloides y cantaridinas (cantáridos). Dichas sustancias actúan tanto para defensa como para atracción sexual y pueden ser liberadas por antenas, élitros, articulaciones del fémur o las tibias, membranas intersegmentarias o poros glandulares. La acción defensiva provoca reacciones eméticas (que causan vómito) o alérgicas, y en el humano llegan a provocar alteraciones en la piel (Zaragoza-Caballero y Navarrete-Heredia 2007).

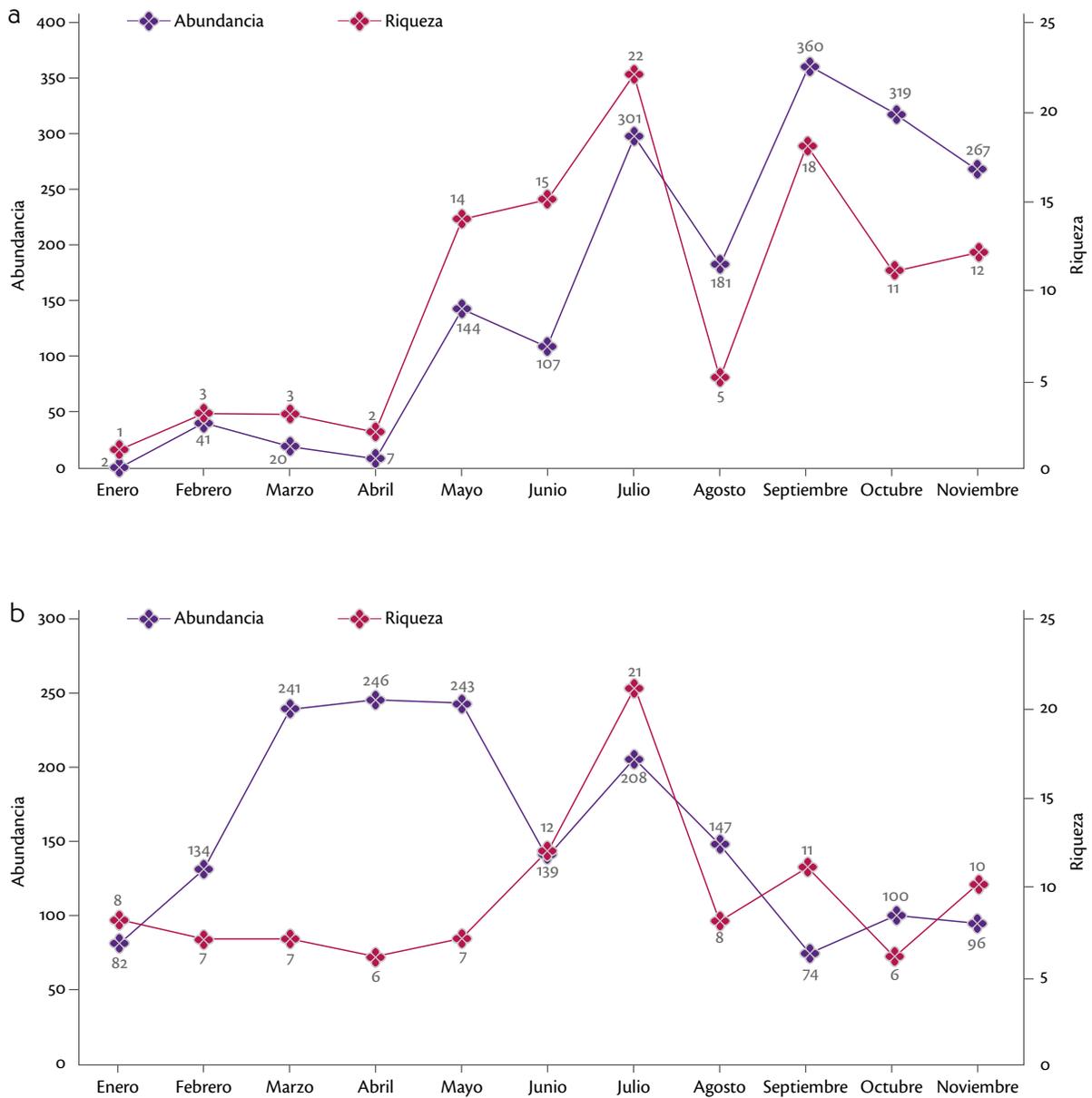


Figura 6. Distribución temporal de la riqueza y abundancia de Cantharidae, Lampyridae, Lycidae, Phengodidae y Telegeusidae en el bosque tropical caducifolio de: a) Huatulco; b) Santiago Dominguillo. Fuente: elaboración propia.

Diversidad y distribución

A nivel mundial se tienen 416 géneros y 11 061 especies de cantaroides; en América 171 géneros y 3 884 especies; y para México se conocen 79 géneros y 629 especies. En particular para Oaxaca, Zaragoza-Caballero

y Mendoza-Ramírez (1996) registraron un total de 78 especies; mientras que Zaragoza-Caballero y Pérez-Hernández (2014) documentaron 162. De ellas 20 son endémicas al estado (8 cantáridos, 4 lampíridos, 3 lícidos, 4 fengódidos y 1 telegeúsido).

Para esta contribución, se realizó una nueva búsqueda a través de las bases de datos del sitio web Global Biodiversity Information Facility (GBIF 2014), del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (CONABIO 2014) y de la Colección Nacional de Insectos (IBUNAM 2014); además se utilizaron las listas de Kleine (1933), Blackwelder (1945), Blackwelder y Arnett (1974), McDermott (1966), Delkeskamp (1977), Zaragoza-Caballero (1986, 1995, 1996, 1999, 2001, 2008a, b) y Zaragoza-Caballero y Rodríguez-Vélez (2011). Los resultados de esta búsqueda arrojaron un total de 183 especies (167 identificadas) para Oaxaca, que corresponden a 67 cantáridos (11 géneros), 59 lampíridos (13), 45 lícidos (13), 11 fengódidos (6) y un telegéusido (apéndice 26).

Los escarabajos de las familias Cantharidae (*Chauliognathus forreri*, figura 1), Lampyridae (*Cratomorphus elevatus*, figura 2) y Lycidae (*Lycostomus loripes*, figura 3) se distribuyen mundialmente entre los paralelos 48° N y los 38° S, con una mayor concentración y riqueza en las zonas cercanas al ecuador (Bocak y Bocakova 2010, Branham 2010, Ramsdale 2010). En América, las especies de estas familias se encuentran desde el sur de Canadá hasta el norte de Argentina y Chile, al igual que los Phengodidae (*Phendoges* sp., figura 4), que además son endémicos de este continente. En cambio, los Telegeusidae (*Telegeusis austellus*, figura 5) se han documentado únicamente desde el sur de Estados Unidos hasta Panamá (Bocak y Bocakova 2010, Branham 2010, Costa y Zaragoza-Caballero 2010, Lawrence 2010, Ramsdale 2010).

Una de las primeras y más completas aportaciones al conocimiento de la fauna de México y Centroamérica se conjuntó en la obra *Biología Centrali-Americana* (1857-1915), en la que Gorham (1880, 1884) describió 178 especies de coleópteros cantaroideos registrados para México e hizo referencia a 47 especies en Oaxaca. Posteriormente, Selander y Vaurie (1962), citaron 32 localidades del estado en las que se obtuvo el material en que Gorham (1884) basó su trabajo; éstas son: Almolo-ya de Gutiérrez (municipio El Barrio de la Soledad, distrito Juchitán), Bahía de Tehuantepec, Calpulalpan de Méndez, Cuicatlán, San José el Duraznal (municipio San Pedro y San Pablo Ayutla, distrito Mixe), Etlá, Gamboa (Juchitán), Huajuapán, Huitzo, Ciudad Ixtepec, Ixtlán de Juárez, Juquila, La Parada (antigua hacienda cercana al Cerro San Felipe al norte de la capital), Mitla, Oaxaca, San Miguel Panixtlahuaca, Rincón Antonio (ciudad de

Matías Romero), Salina Cruz, San Mateo de Mar, Santo Domingo (Tehuantepec), Sierra Madre Oriental (Oaxaca), Tanetze, Tecomavaca, Tehuantepec, Santa Cruz Tepenixtlahuaca (municipio Tataltepec de Valdés, distrito Juquila), San Juan Tepanzacoalco (municipio San Pedro Yaneri, distrito de Ixtlán), Tolosa (municipio Matías Romero), Tomasulapan (Tamazulapan del Progreso), San Pedro Tututepec, Villa Alta, San Pedro Yólox y Santa María Yolotepec.

Recientemente se visitaron otras localidades del estado con la finalidad de realizar estudios más profundos de la fauna de cantaroideos. En Santiago Dominguillo y Huatulco se recolectaron un total de 3 678 ejemplares que pertenecen a 64 morfoespecies determinadas a nivel de género (datos no publicados). De ese mismo material se han descrito ocho especies, hasta ahora siete de ellas endémicas del estado (apéndice 26).

Importancia y amenazas

Los escarabajos de piel blanda que pertenecen a las familias mencionadas cumplen funciones diversas en los nichos que ocupan. En estado larval, todas son depredadoras y se alimentan, por ejemplo, de caracoles que atacan a las raíces de plantas como el maíz y que perjudican a la agricultura; otros devoran gusanos y pequeños artrópodos que consumen flores y follaje. La presencia de estos elateroideos resulta en un control natural de organismos que pueden ser perjudiciales para plantas de importancia económica. En estado adulto, las especies de algunos géneros de cantáridos y lícidos son buenas polinizadoras nativas, ya que mientras consumen néctar coadyuvan al transporte de polen (Willmer 2011). Por otra parte, algunos lampíridos pueden favorecer desarrollos turísticos, como lo muestra la experiencia desarrollada en Tlaxcala.

Conclusiones y recomendaciones

El conocimiento de los elateroideos en Oaxaca es muy pobre, aún cuando en las últimas dos décadas el total de especies se haya incrementado de 78 a 183 (equivalente a un aumento de 235%; Zaragoza-Caballero y Mendoza-Ramírez 1996, Zaragoza-Caballero y Pérez-Hernández 2014). Este aumento obedece a recientes trabajos de campo, que acrecentaron considerablemente el número de especies para el estado y de elementos endémicos (de

12 a 19 especies), que representan 5% de los 377 cantaroides endémicos a México. Las estimaciones presentadas de esta contribución indican que los registros actuales representan 72% de la riqueza total esperada para el territorio oaxaqueño. Sin embargo, por la compleja fisiografía de sistemas montañosos, valles y cañadas del estado, así como sus climas cálidos, semicálidos, semifríos, secos, semisecos y templados, es posible que la cifra sea muy conservadora, ya que las condiciones de alta heterogeneidad ambiental de esta región del país son favorables para una mayor diversidad florística y faunística.

Por ello, es necesario realizar estudios sistematizados con muestreos continuos y de periodos prolongados en diferentes espacios del territorio, que permitan obtener inventarios faunísticos regionales más completos, como los que se han llevado a cabo en Santiago Dominguillo y Huatulco. Otros aspectos que deben cubrirse son estudios que incluyan la historia natural y biología de las especies, ya que esa información es útil en materia de conservación, restauración y control biológico.

Referencias

- Blackwelder, R.E. 1945. Checklist of the coleopterous insects of Mexico, Central America, the West Indies and South America. Par. 3, *Bulletin United States Natural Museum* 185:343-374.
- Blackwelder, R.E. y R.H. Arnett Jr. 1974. The buprestid beetles, click beetles, fireflies and related groups. En: *Checklist of the beetles of Canada, United States, Mexico, Central America and West Indies* (Red Version). Part 1. R.E. Blackwelder y R.H. Arnett Jr. (eds.). North American Beetle Fauna Project. The Biological Research Institute of America, Nueva York, pp. 1-60.
- Bocak, L. y M. Bocakova. 2010. Lycidae Laporte, 1836. En: *Handbook of zoology, Coleoptera, beetles. Vol. 2: Morphology and systematic (Elateroidea, Bostrichiformia, Cucujiformia partin)*. A. Richard, B. Leschen, R.G. Beutel y J.F. Lawrence (eds.). Walter de Gruyter GmbH & Co. K.G., Berlín/Nueva York, pp. 114-123.
- Branham, M.A. 2010. Lampyridae Latreille, 1817. En: *Handbook of zoology, Coleoptera, beetles. Vol. 2: Morphology and systematic (Elateroidea, Bostrichiformia, Cucujiformia partin)*. A. Richard, B. Leschen, R.G. Beutel y J.F. Lawrence (eds.). Walter de Gruyter GmbH & Co. K.G., Berlín/Nueva York, pp. 141-149.
- CONABIO. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2014. *Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad*. En: <<http://www.conabio.gob.mx/remib/doctos/remibnodosdb.html>>, última consulta: 8 de enero de 2014.
- Costa, C. y S. Zaragoza-Caballero. 2010. Phengodidae LeConte, 1861. En: *Handbook of zoology, Coleoptera, beetles. Vol. 2: Morphology and systematic (Elateroidea, Bostrichiformia, Cucujiformia partin)*. A. Richard, B. Leschen, R.G. Beutel y J.F. Lawrence (eds.). Walter de Gruyter GmbH & Co. K.G., Berlín/Nueva York, pp. 126-135.
- Delkeskamp, K. 1977. *Coleopterorum Catalogus, Supplementa. Pars 165, Fasc. 1. Cantharidae*. W. Junk Publishers, Berlín.
- Dettner, K. 1987. Chemosystematics and evolution of beetle chemical defenses. *Annual Review of Entomology* 32:17-48.
- Eisner, T.F., C. Kafatos y E.G. Lynnsley. 1962. Lucid predation by mimetic adult Cerambycidae (Coleoptera). *Evolution* 16:316-324.
- GBIF. Global Biodiversity Information Facility. 2014. *Lampyridae en México*. En: <http://www.gbif.org/occurrence/search?TAXON_KEY=4737&COUNTRY=MX>, última consulta: enero de 2014.
- Gorham, E.S. 1880. Insecta Coleoptera, Lycidae, Lampyridae, Telephoridae. En: *Biologia Centrali-Americana*. Vol. 3. F.D. Godman y O. Savin (eds.). R.H. Porter/Dalau, Londres, pp. 1-110.
- . 1884. Insecta Coleoptera, Lycidae, Lampyridae, Telephoridae Ibid. Suppl. En: *Biologia Centrali-Americana*. Vol. 3. F.D. Godman y O. Savin (eds.). R.H. Porter/Dalau, Londres, pp. 225-312.
- IBUNAM. Instituto de Biología-Universidad Nacional Autónoma de México. 2014. *Colección de Coleoptera de la Colección Nacional de Insectos*. En: <<http://www.unibio.unam.mx>>, última consulta: enero de 2014.
- Kleine, R. 1933. *Coleopterorum catalogus. Pars 128, Lycidae*. W. Junk Publishers, Berlín.
- Lawrence, J.F. 2010. Telegeusidae Leng, 1920. En: *Handbook of zoology, Coleoptera, beetles. Vol. 2: Morphology and systematic (Elateroidea, Bostrichiformia, Cucujiformia partin)*. A. Richard, B. Leschen, R.G. Beutel y J.F. Lawrence (eds.). Walter de Gruyter GmbH & Co. K.G., Berlín/Nueva York, pp. 123-126.
- Lawrence, J.F. y A.F. Newton Jr. 1995. Families and subfamilies of Coleoptera (with selected genera, notes, references and data on family-group names). En: *Biology, phylogeny, and classification of Coleoptera*. J. Pakaluk y S.A. Slipinski (eds.). Papers celebrating the 80th birthday of Roy A. Crowson. Museum i Instytut Zoologii PAN, Polonia, pp. 779-1006.
- McDermott, F.A. 1966. *Coleopterorum catalogus supplementa. Pars 9, Lampyridae*. W. Junk Publishers, Berlín.
- Moore, B.P. y W.V. Brown. 1981. Identification of the warning odour components, bitter principles and antifeedants in an aposematic

- beetle *Metriorhynchus rhipidium* (Coleoptera: Lycidae). *Insect Biochemistry* 11(5):493-499.
- Ramsdale, A.S. 2010. Cantharidae Imhoff, 1815. En: *Handbook of zoology, Coleoptera, beetles. Vol. 2: Morphology and systematic (Elateroidea, Bostrichiformia, Cucujiformia partim)*. A. Richard, B. Leschen, R.G. Beutel y J.F. Lawrence (eds.). Walter de Gruyter GmbH & Co. K.G., Berlín/Nueva York, pp. 153-162.
- Selander, B.R. y P. Vaurie. 1962. A gazetteer to accompany the "Insecta" volumes of the "Biologia Centrali-Americana". *American Museum Novitates* 2099:1-70.
- Willmer, P. 2011. Generalist flowers and generalist visitors. En: *Pollination and floral ecology*. P. Willmer (ed.). Princeton University Press, Estados Unidos, pp. 288-303.
- Zaragoza-Caballero, S. 1986. El género *Distremocephalus* Wittmer en México (Coleoptera: Phengodidae). *Anales del Instituto Biología-UNAM serie zoología* 56(1):189-202.
- . 1995. Descripción de ocho especies nuevas de *Photinus* (Coleoptera: Lampyridae, Photinini) de México. *Acta Zoológica Mexicana nueva serie* 66:1-21.
- . 1996. Especies nuevas de *Cratomorphus* (Coleoptera: Lampyridae, Photinini) de México. *Anales del Instituto de Biología-UNAM serie zoología* 67(2):319-329.
- . 1999. Cantharoidea (Coleoptera) de México. III. El género *Plateros* Bourgeois (Lycidae: Erotinae: Platerodini). *Acta Zoológica Mexicana nueva serie* 78:1-71.
- . 2001. Especies y registros nuevos de *Tytthonyx* (Coleoptera: Cantharidae: Tytthonyxini) de México. *Anales del Instituto de Biología-UNAM serie zoología* 72(1):89-104.
- . 2008a. Dos géneros y tres especies nuevos de Penicillophorinae (Coleoptera: Phengodidae) de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 79(2):363-368.
- . 2008b. *Cenophengus* en México (Coleoptera: Phengodidae: Mastinocerinae) descripción de cuatro nuevas especies. *Dugesiana* 15(2):153-158.
- Zaragoza-Caballero, S. y A. Mendoza-Ramírez. 1996. Malacodermata (Coleoptera). 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. 353-368.
- Zaragoza-Caballero, S. y J.L. Navarrete-Heredia. 2007. Enotaxonomía: nombres comunes y lingüísticos de algunos coleópteros mexicanos. En: *Entomología cultural: una visión Iberoamericana*. J.L. Navarrete-Heredia, G.A. Quiróz-Rocha y H.E. Fierro-López (coords.). Universidad de Guadalajara, México, pp. 75-104.
- 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:S279-S289.
- Zaragoza-Caballero, S. y B. Rodríguez-Vélez. 2011. Five new species of *Telegeusis* Horn, 1895 (Coleoptera: Telegeusidae) from Mexico, with a key to the species. *Zootaxa* 2917:59-68.



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Caballito de alas planas de frente pálida (*Heteragrion albifrons*) registrada en Oaxaca.
Foto: Miguel Ángel Sicilia Manzo/Banco de imágenes CONABIO.

Libélulas (Odonata)

Enrique González Soriano, Carlos David Venegas Suárez Peredo, Leonardo Salomón González Valencia, Felipe Arturo Noguera Martínez, Santiago Zaragoza Caballero y Héctor Ortega Salas

Descripción

Las libélulas u odonatos (del griego *odontos*: diente, y *gnathos*: mandíbula) son insectos acuáticos conocidos en México con diversos nombres dependiendo de la región; sin embargo, el término libélula (para los representantes de Anisoptera) y caballito del diablo (Zygoptera) son quizás los más empleados. Para el caso particular de Oaxaca, algunos nombres indígenas incluyen por ejemplo *xcabaii bendxab* (caballo del diablo en zapoteco de Mitla). En otros casos a los miembros de este orden se les conoce en algunos sitios como helicópteros. En este capítulo se utiliza el término libélula para hacer referencia a los representantes de ambos grupos.

Los adultos son muy llamativos y fáciles de reconocer en el campo: tienen el cuerpo dividido en cabeza, tórax y abdomen, con ojos compuestos grandes que a menudo ocupan la mayor parte de la cabeza. El tórax está constituido por un protórax pequeño y móvil, y un pterotórax grande en donde se encuentran insertas las alas. Las alas son alargadas, membranosas y con múltiples venas; mientras que, las patas son relativamente largas y están adaptadas para posarse y capturar a sus presas durante el vuelo. El abdomen es largo, delgado y posee 10 segmentos visibles. Los machos presentan un órgano copulador único entre los insectos, localizado en la parte ventral (entre el segundo y tercer segmento abdominal).

Las larvas se encuentran en cuerpos de agua dulce temporales o permanentes como estanques, lagos, arroyos y ríos, aunque algunas se reproducen en diminutos reservorios de agua que se forman en diversas plantas.

Las libélulas helicóptero (*Megalopterus caerulatus* y *Pseudostigma* spp.) viven en el agua que se acumula en huecos de troncos de árboles tropicales, o en las brácteas de algunas bromeliáceas (*Mecistogaster* spp.; Corbet 1983). El género *Paraphlebia* se encuentra en escurrideros, en paredes o sitios inclinados de bosques tropicales y subtropicales (González-Soriano 1997); otras son semiterrestres y viven entre la hojarasca de los bosques tropicales de Europa (Corbet 1983, 2004). Algunas, como *Erythrodiplax berenice*, incluso son capaces de vivir en el agua salobre.

Tanto las larvas como los adultos se alimentan de otros invertebrados acuáticos y terrestres, por lo que se consideran depredadoras generalistas (Cummins y Merritt 1996).

Diversidad y distribución

Tradicionalmente, los odonatos se dividían en tres subórdenes. Sin embargo, se han propuesto algunos nuevos esquemas de clasificación para reacomodar a los diferentes subórdenes, como incluir a los Anisozygoptera dentro de los Anisoptera (Corbet 2004), o situarlos como un infraorden (Epiophlebioptera) dentro del suborden Eiprocta (Lohmann 1996). En este capítulo se utiliza la clasificación más reciente de Dijkstra y colaboradores (2013) en donde se restituye a los tres subórdenes originales: Zygoptera, Anisoptera y Anisozygoptera.

Las libélulas son un grupo de insectos acuáticos relativamente pequeño, en comparación con otros. En México se encuentran 355 especies que representan

alrededor de 6% de la diversidad mundial, estimada en alrededor de 5 827 especies (González-Soriano y Novelo-Gutiérrez 2014). Su mayor diversidad se encuentra alrededor de las áreas tropicales del mundo (Kalkman *et al.* 2008, González-Soriano *et al.* 2011).

Aunque no existe un estudio integral de las libélulas en Oaxaca, el primer antecedente es el capítulo de Philip Calvert en *Biología Centrali-Americana*, donde documenta 48 especies (Calvert 1901-1908). Posteriormente, González-Soriano y Novelo-Gutiérrez (1996) elevan el número hasta 126, y más recientemente se estimaron entre 137 y 138 especies para el estado (Paulson y González-Soriano 1994, González-Soriano y Novelo-Gutiérrez 2014).

En el presente trabajo se registra un total de 163 especies que corresponden a casi 46% del total de las registradas para México (cuadro 1, apéndice 27). Oaxaca es el tercer estado con mayor diversidad odonológica conocida en México (figura 1), siendo superado sólo por Chiapas (185 especies) y Veracruz (222; González-Soriano y Novelo-Gutiérrez 2014).

Las familias Libellulidae y Coenagrionidae son las que contienen una mayor riqueza específica (54 y 50 especies, respectivamente); mientras que Polythoridae, Perilestidae, Cordulegastridae y Amphipterygidae solo tienen una especie. Para el resto de las familias la riqueza varió entre 4 y 19 especies. En este estudio se adicionaron 26 nuevos registros para el estado (cuadro 2).

Algunos cambios nomenclaturales han ocurrido desde las últimas publicaciones e incluyen a *Dythemis multipunctata*, registrada en Oaxaca, que cambia de nombre por el de *D. nigra* (Meurgey y Poiron 2011). Además, *Telebasis griffini*, reportada para México y el norte de Centroamérica, ha sido reconocida como una nueva especie, denominada *T. levis* (Garrison 2009).

Por el momento no se conoce la existencia de especies endémicas para el estado, aunque *Neocordulia batesi*, previamente registrada para Centroamérica y el norte de Sudamérica, se conoce para México a partir de un individuo recolectado en La Esperanza, municipio Santiago Comaltepec, Sierra Juárez (González-Soriano 1985).

Importancia

A pesar de no ser tan sensibles a algunos parámetros químicos del agua como otros insectos acuáticos (p.e.

Cuadro 1. Total de especies de libélulas por familia.

Familia	Especies
Libellulidae	54
Coenagrionidae	50
Gomphidae	19
Aeshnidae	8
Calopterygidae	8
Lestidae	7
Platystictidae	5
Megapodagrionidae	4
Pseudostigmatidae	4
Amphipterygidae	1
Cordulegastridae	1
Perilestidae	1
Polythoridae	1

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 2. Nuevos registros de libélulas en el estado.

Familia	Especie
Platystictidae	<i>Palaemnema nathalia</i>
Calopterygidae	<i>Hetaerina titia</i>
Coenagrionidae	<i>Anisagrion allopteron</i>
	<i>Argia deami</i>
	<i>A. harknessi</i>
	<i>A. indicatrix</i>
	<i>A. lacrymans</i>
	<i>A. pipila</i>
	<i>Ischnura capreolus</i>
	<i>Leptobasis vacillans</i>
Aeshnidae	<i>Pseudostigma accedens</i>
	<i>Telebasis filiola</i>
	<i>Anax walsinghami</i>
Gomphidae	<i>Rhionaeschna psilus</i>
	<i>Agriogomphus tumens</i>
	<i>Erpetogomphus crotalinus</i>
Cordulegastridae	<i>Phyllogomphoides danieli</i>
	<i>P. suasus</i>
Libellulidae	<i>Cordulegaster diadema</i>
	<i>Anatya guttata</i>
	<i>Brechmorhoga mendax</i>
	<i>Dythemis nigra</i>
	<i>Erythemis haematogastra</i>
	<i>Macrothemis inequiunguis</i>
<i>Pantala hymenaea</i>	
<i>Tramea binotata</i>	

Fuente: elaboración propia.

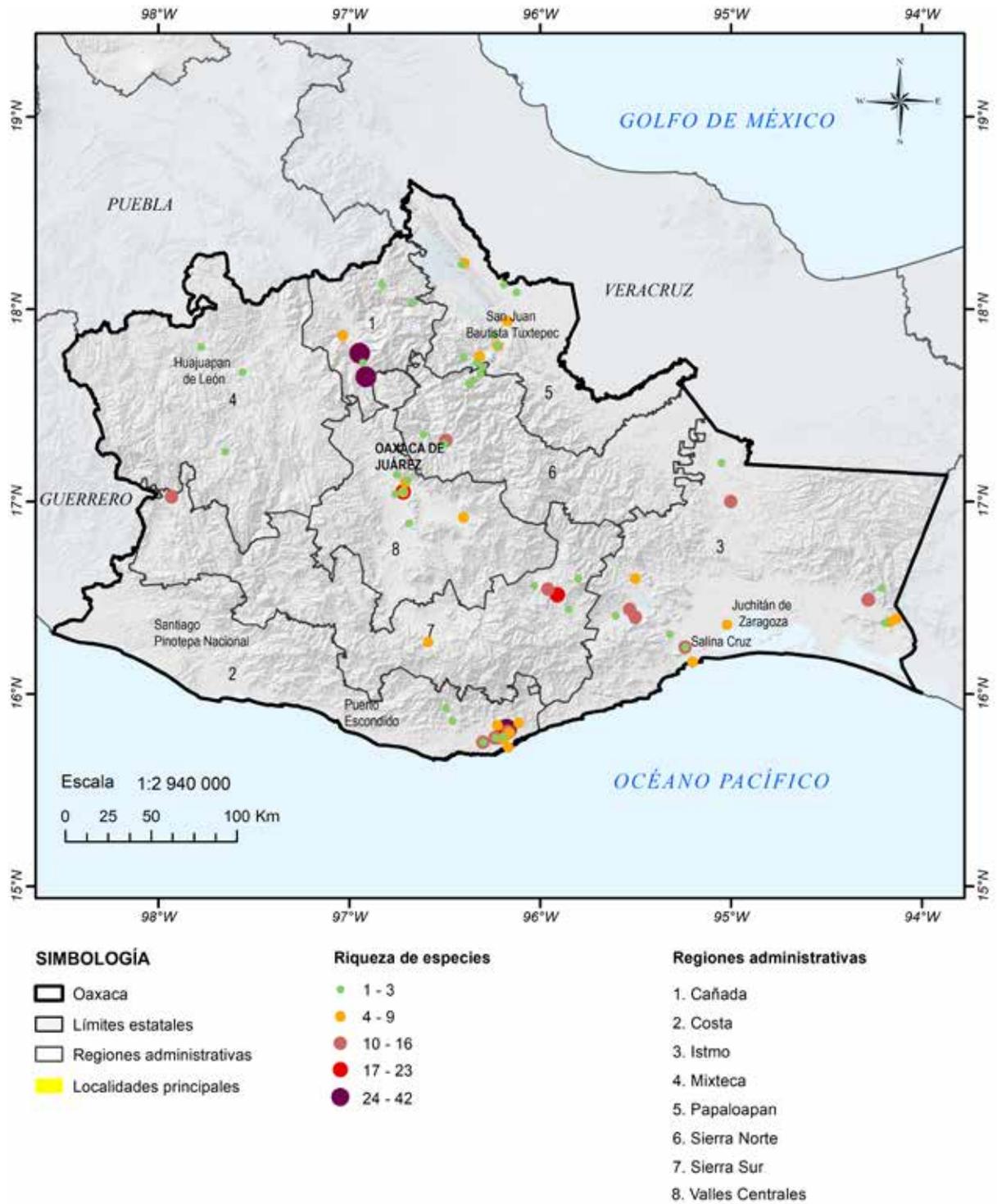


Figura 1. Número de especies de libélulas por localidad de muestreo. Fuente: elaboración propia.

moscas de las piedras, Plecoptera; y frigáneas, Trichoptera), las libélulas se ocupan para evaluaciones de impacto ambiental en ecosistemas acuáticos y como bioindicadores de calidad de agua (Simaika y Samways 2011). Por esta razón, si se desea preservar la integridad de los biotopos acuáticos es recomendable considerar a la presencia de poblaciones de odonatos como un criterio para reconocer a un ecosistema saludable (Corbet 2004).

Las libélulas tienen poco valor económico directo, aunque en algunas regiones de México y Malasia se utilizan como alimento humano (Corbet 2004, González-Soriano y Gómez-Hinostrosa 2005). Sin embargo, tienen un importante papel en el control de poblaciones de insectos que son nocivas para el ser humano, por lo cual sirven como control biológico (Corbet 2004). La diversidad de libélulas ha permitido determinar sitios de alta biodiversidad en los que deben dirigirse esfuerzos de conservación; mientras que, desde un punto de vista cultural, han sido apreciadas por su belleza, en especial por las culturas del oriente de Asia.

Amenazas

Las amenazas para la conservación de las libélulas en el territorio oaxaqueño son las mismas que las que se han registrado para otros sitios a nivel mundial. Entre las más importantes se encuentran la pérdida y la fragmentación de sus hábitats, así como la contaminación de los cuerpos de agua y su manejo inadecuado, los cuales afectan de manera significativa a las poblaciones de libélulas, debido a la disminución en la sobrevivencia de los estadios larvarios. Sin embargo, no existe ningún estudio a nivel estatal que haya evaluado la pérdida de la diversidad del grupo.

Referencias

- Calvert, P.P. 1901-1908. Neuroptera: Odonata. En: *Biologia Centrali-Americana*. F.D. Godman y O. Salvin (eds.). R.H. Porter/Dulau, Londres, pp. 1-420.
- Corbet, P.S. 1983. Odonata in phytotelmata. En: *Phytotelmata: terrestrial plants as hosts for aquatic insects communities* J.H. Frank y L.P. Lounibos (eds.). Plexus, Nueva Jersey, pp. 29-54.
- . 2004. *Dragonflies. Behavior and ecology of Odonata*. Cornell University Press, Ithaca.

Conclusiones

Los únicos sitios en el estado donde se han hecho colecciones de odonatos de manera sistemática son la región de Dominguillo en la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán, donde se registraron 45 especies (González-Valencia 2006) y en el área costera alrededor del Parque Nacional Huatulco, donde se identificaron 52 especies (Venegas Suárez-Peredo 2011); en ambos lugares el bosque tropical caducifolio es la comunidad vegetal preponderante. Este ecosistema tropical es uno de los más amenazados y en México su área de cobertura se ha visto disminuida muy drásticamente en los últimos años (Trejo 2010). La conservación efectiva de estos bosques permitiría indudablemente la preservación de la comunidad de libélulas asociadas a estos ecosistemas. Por otra parte, otros sitios de Oaxaca aún sin explorar, como la parte este y oeste, en particular la región de bosques mesófilos en Sierra Norte y la región de bosques tropicales perennifolios de Los Chimapalas, podrían aportar un mayor número de especies para este grupo.

Agradecimientos

Agradecemos al Dr. D.R. Paulson (University of Puget Sound, WA) por proporcionar amablemente su lista de registros en Oaxaca y al Dr. Alejandro de Ávila, quien nos proporcionó algunos nombres locales con los que se conoce a este grupo de insectos en la entidad.

- Cummins, K.W. y R.W. Merritt. 1996. Ecology and distribution of aquatic insects. En: *An introduction to the aquatic insects of North America*. R.W. Merritt y K.W. Cummins (eds.). Kendall/Hunt Publishing Company, Iowa.
- Dijkstra, K.D.B., G. Bechly, S.M. Bybee et al. 2013. The classification and diversity of dragonflies and damselflies (Odonata). Animal biodiversity: an outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness. *Zootaxa* 3703(1):36-45.

- Garrison, R.W. 2009. A synopsis of the genus *Telebasis* (Odonata: Coenagrionidae). *International Journal of Odonatology* 12(1):1-121.
- González-Soriano, E. 1985. *Neocordulia longipollex* Calvert, a remarkable new record from Mexico. *Notulae Odonatologicae* 2:100-101.
- . 1997. Odonata. En: *Historia natural de Los Tuxtlas*. E. González-Soriano, R. Dirzo y R.C. Vogt (eds.). UNAM/CONABIO, México, pp. 245-255.
- González-Soriano, E. y C. Gómez-Hinostrosa. 2005. An unusual method for catching adult dragonflies for food in Guatemala (Anisoptera). *Notulae Odonatologicae* 6(6):55-57.
- 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. 1. J. Llorente-Bousquets, A. García-Aldrete y E. González-Soriano (eds.). Instituto de Biología-UNAM, México pp. 147-167.
- . 2014. Biodiversidad de Odonata en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85:5243-5251.
- González-Soriano, E., F. Noguera y L. Oñate-Ocaña. 2011. A biodiversity hotspot for odonates in Mexico: The Huasteca Potosina, San Luis Potosí. *Odonatologica* 40(3):179-190.
- González-Valencia, L. 2006. *Análisis de la odonofauna de la localidad de Domingullo, Oaxaca, México (Insecta:Odonata)*. Tesis de licenciatura en biología. Facultad de Ciencias-UNAM, México.
- Kalkman, V.J., V. Clausnitzer, K.D.B. Dijkstra et al. 2008. Global diversity of dragonflies (Odonata) in freshwater. *Hydrobiologia* 595:351-363.
- Lohmann, H. 1996. Das phylogenetische system der Anisoptera (Odonata). *Deutsche Entomologische Zeitschrift* 106:209-266.
- Meurgey, F. y C. Poiron. 2011. The true *Dythemis multipunctata* Kirby, 1894, from West Indies and proposed new taxonomic status (Odonata: Anisoptera: Libellulidae). *Zootaxa* 3019:51-62.
- Paulson, D.R. y E. González-Soriano. 1994. *The Odonata of Mexico*. En: <<http://www.pugetsound.edu/academics/academic-resources/slater-museum/biodiversity-resources/dragonflies/mexican.odonata/>>, última consulta: mayo de 2014.
- Simaika, J.P. y M.J. Samways. 2011. Comparative assesment of indices of freshwater habitat conditions using different invertebrate taxon sets. *Ecological Indicators* 11:370-378.
- Trejo, I. 2010. Las selvas secas del Pacífico mexicano. 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. 41-51.
- Venegas Suárez-Peredo, C.D. 2011. *Diversidad de Odonata de Huatulco, Oaxaca*. Tesis de licenciatura en biología. Facultad de Ciencias-UNAM, México.



Mosca del maíz (*Toxomerus politus*). Foto: Enrique Ramírez García.

Riqueza y abundancia de moscas de la familia Syrphidae en la región de Huatulco

Enrique Ramírez García, Enrique González Soriano, Felipe Arturo Noguera Martínez y Santiago Zaragoza Caballero

Descripción

La familia Syrphidae comprende un grupo de moscas que visitan flores de una gran variedad de familias de plantas, entre las que destacan las compuestas (Gilbert 1991), las que ocupan como sitios de apareamiento, así como fuentes de néctar y polen. Se les considera de importancia económica tanto como polinizadores como en el control biológico de plagas.

Destaca su función como polinizadores de plantas herbáceas, arbustivas y arbóreas, tanto en ecosistemas naturales como en zonas de cultivo. En ocasiones se les ha atribuido una eficacia superior a la de los himenópteros como agentes polinizadores (Speight y Lucas 1992). En estudios recientes resalta su importancia en la polinización de frutales de importancia económica, como lo es el aguacate (Castañeda-Vildózola *et al.* 1999, Ayala-Barajas *et al.* 2011). Su relevancia en el control biológico radica en las especies cuyas larvas se

Ramírez-García, E., E. González-Soriano, F.A. Noguera y S. Zaragoza-Caballero. 2022. Riqueza y abundancia de moscas de la familia Syrphidae en la región de Huatulco. En: *La biodiversidad en Oaxaca. Estudio de Estado*. Vol. III. CONABIO, México, pp. 90-95.

alimentan de áfidos, las cuales sirven como controladores en poblaciones de pulgones (Lyon 1971, Hurej 1982).

Esta familia de moscas está conformada por tres subfamilias: Microdontinae, Syrphinae y Eristalinae (Vockeroth y Thompson 1987). De éstas, sólo los miembros de la subfamilia Microdontinae no están asociados con flores, sino con hormigas hospederas (Thompson 1981). El tamaño de los sírfidos varía de 4 a 25 mm de longitud y poseen una gama de coloración que va de amarillo o anaranjado brillante a tonos negros o grises oscuros y opacos, e incluso algunas especies son de colores iridiscentes. Muchas de estas moscas son similares a algunas abejas y avispas, por lo que es común que se les confunda.

En lo que concierne a los estados inmaduros, las larvas muestran gran diversidad de hábitos alimenticios, incluyendo grupos que se especializan en el consumo de plantas, hongos, insectos y materia orgánica en descomposición (Thompson y Rotheray 1998). Las larvas pueden desarrollarse sobre una gran variedad de sustratos en diversos contextos ambientales. Por esta variación de regímenes y hábitos, los sírfidos son buenos indicadores de la diversidad de un hábitat, debido a que las diferentes especies interactúan de modos muy variados con el medio. Ciertos sírfidos se han empleado como indicadores de bosques maduros (Whiteley 1987, Speight 1989); mientras que otros informan sobre la calidad ambiental de zonas húmedas (Whiteley 1987). Es así como estas moscas pueden emplearse como bioindicadores de la riqueza de un medio para su gestión y conservación (Speight 1989, Rotheray 1993).

Diversidad

Esta familia de moscas se distribuye en casi todo el mundo y se conocen cerca de 6 mil especies agrupadas en 180 géneros (Vockeroth y Thompson 1987). En México se registran 331 especies pertenecientes a 58 géneros (Ramírez-García 1997); la familia es poco conocida en el país, especialmente en Oaxaca. El presente estudio representa el primer esfuerzo para conocer la composición de Syrphidae en el estado, particularmente en la zona de Huatulco. Esta región pertenece a la provincia fisiográfica Sierra Madre del Sur y a la subprovincia Costas del Sur, conformada por montañas medianas, lomeríos complejos y llanuras fluviales (CONANP 2003).

Localización

El Parque Nacional (PN) Huatulco se ubica en el municipio Santa María Huatulco, distrito Pochutla. Esta área protegida por decreto desde 1998 ocupa una superficie de 11 890 ha (6 374 terrestres y 5 516 marinas). El clima es cálido subhúmedo, con régimen pluvial de tipo torrencial de corta duración y precipitación media anual entre 1 000 y 1 500 mm de agua, de los cuales casi 97% se presentan durante el verano (de junio a octubre), con una reducción en la precipitación entre los meses de julio y agosto (canícula; CONANP 2003).

La vegetación dominante en el PN Huatulco es el bosque tropical caducifolio (BTC; Rzedowski 1978), aunque también hay vegetación riparia, dunas costeras, manzanillar, sabana y manglar. Se registran 413 especies de plantas para la región, pertenecientes a 272 géneros y 78 familias (CONANP 2003). Algunos de los árboles más comunes son: cuachalalate (*Amphipterygium adstringens*), palo de arco (*Apoplanesia paniculata*), mulato (*Bursera simaruba*), palo iguanero (*Caesalpinia eriostachys*), pochote (*Ceiba aesculifolia*), cojón de toro (*Cochlospermum vitifolium*) y ciruelo (*Spondias purpurea*); así como *Comocladia engleriana*, *Gyrocarpus jatrophifolius*, *Lonchocarpus costrictus*, *Guetarda elliptica* y *Lysiloma microphyllum*, entre otras (CONANP 2003).

Trabajo de campo

El trabajo de campo se realizó entre febrero y noviembre de 2005. Los métodos de muestreo utilizados fueron la colecta directa con red aérea y con trampas tipo Malaise.¹ Las colectas se realizaron en cuatro sitios:

1. La Palma, 5.3 km noroeste entronque con la carretera Salina Cruz-Santa Cruz Huatulco (15° 48' 58.6" N, 96° 10' 33.2" O).
2. Río Copalita, 9 km noroeste entronque con la carretera Salina Cruz-Santa Cruz Huatulco (15° 50' 58.8" N, 96° 06' 41.1" O).
3. Puente río Coyula, 18.2 km suroeste entronque con la carretera Salina Cruz-Santa Cruz Huatulco (15° 44' 58.4" N, 96° 17' 52.8" O).
4. Parque Nacional Huatulco, estación El Sabanal (15° 46' 10.4" N, 96° 11' 40.6" O).

¹ Tipo de trampas diseñadas para capturar insectos voladores. Consisten en una malla de interceptación con un recipiente donde se almacenan en alcohol los insectos capturados (Townes 1972).

Los muestreos se efectuaron durante el cuarto menguante lunar en los meses de febrero, junio, julio, septiembre, octubre y noviembre de 2005, debido a que los insectos son más activos en las noches menos luminosas; así se completaron cinco días de colecta para cada mes. La colecta directa se realizó por medio de recorridos a lo largo de veredas y caminos en el bosque, ubicando las plantas con flores donde los sírfidos pudieran ser capturados, buscando también aquellos que volaban en *lek*.² Se colocaron seis trampas tipo Malaise en diferentes sitios dentro del bosque, que permanecieron en el mismo lugar durante el muestreo. Se colectaron y registraron muestras de los individuos capturados durante cinco días de cada mes. Todo el material colectado se encuentra disponible en la colección de insectos de la Estación de Biología Chamela (EBCC) de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Riqueza y abundancia

Para la identificación de las especies y el arreglo taxonómico se utilizaron los trabajos de Thompson y colaboradores (1976) y Thompson (1999). En total se capturaron 455 individuos de 53 especies, de las cuales sólo 35 pudieron ser determinadas. El resto pertenecen a grupos con problemas taxonómicos o bien pueden ser especies nuevas para la ciencia (apéndice 28). Los sírfidos encontrados pertenecen a 15 géneros, nueve tribus y tres subfamilias; representan 16% de la diversidad conocida para México a nivel de especies y 25% a nivel de géneros (Ramírez-García 1997). La subfamilia con mayor número de especies registradas en la zona fue Eristalinae (28), seguida de Syrphinae (23) y Microdontinae (2). En cuanto a las tribus, Volucellini y Syrphini fueron las más diversas (15 y 14 especies, respectivamente). Los géneros con el mayor número de especies fueron *Copestylum*



Figura 1. a) *Copestylum* sp.; b) *Ocyrtamus funebris*; c) *Toxomerus watsoni*; d) *Palpada mexicana*. Fotos: Enrique Ramírez.

² Agregación de machos en vuelo suspendido, que compiten por el apareamiento con hembras.

(14, figura 1a), *Ocyptamus* (11, figura 1b), *Toxomerus* (8, figura 1c) y *Palpada* (7, figura 1d), los cuales en conjunto incluyen 75% del total de especies encontradas.

En relación con la abundancia, el mayor número de individuos se registró en la subfamilia Syrphinae (243), seguida de Eristalinae (209) y Microdontinae (tres). Las tribus más abundantes fueron Volucellini (184 individuos), Syrphini (129) y Toxomerini (112). En cuanto a los géneros, la mayor abundancia se registró en *Copestylum* (148 individuos), *Toxomerus* (112) y *Ocyptamus* (59). Las especies más abundantes fueron *Copestylum* sp. 7 (con 55 individuos, figura 2a), *Allograpta exotica* (53, figura 2b), *Toxomerus politus* (41, figura 2c) y *Ornidia obesa* (36, figura 2d). Cabe señalar que 25 especies tuvieron menos de 10 individuos colectados, y para 16 especies sólo se registró un ejemplar.

La riqueza y abundancia mostraron variación a través del tiempo, registrándose los valores más altos en la época de lluvias y los más bajos en la época de secas (figura 3). La diversidad más alta se registró durante los

meses de septiembre y noviembre (23 y 21 especies, respectivamente), y la mayor abundancia en octubre y noviembre (83 y 123 individuos). Los valores más bajos se registraron en junio y julio para la riqueza (10 y 12 especies, respectivamente), y en febrero y junio para la abundancia (48 y 46 individuos). Este patrón es similar al registrado en el BTC de la región de Chamela, Jalisco (Ramírez-García y Sarmiento 2004), y se explicaría por una mayor cantidad de recursos alimenticios disponibles en la época de lluvias (Ramírez-García y Sarmiento 2004), dados los hábitos de los sírfidos y la presencia de plantas que florecen a finales de la época de lluvias, particularmente en el caso de las plantas compuestas.

Conclusión

Desafortunadamente la familia Syrphidae es poco conocida en el país, y por consiguiente a nivel estatal. Esta es la primera contribución al conocimiento de las especies de dicha familia de dípteros en Oaxaca; es imposible en

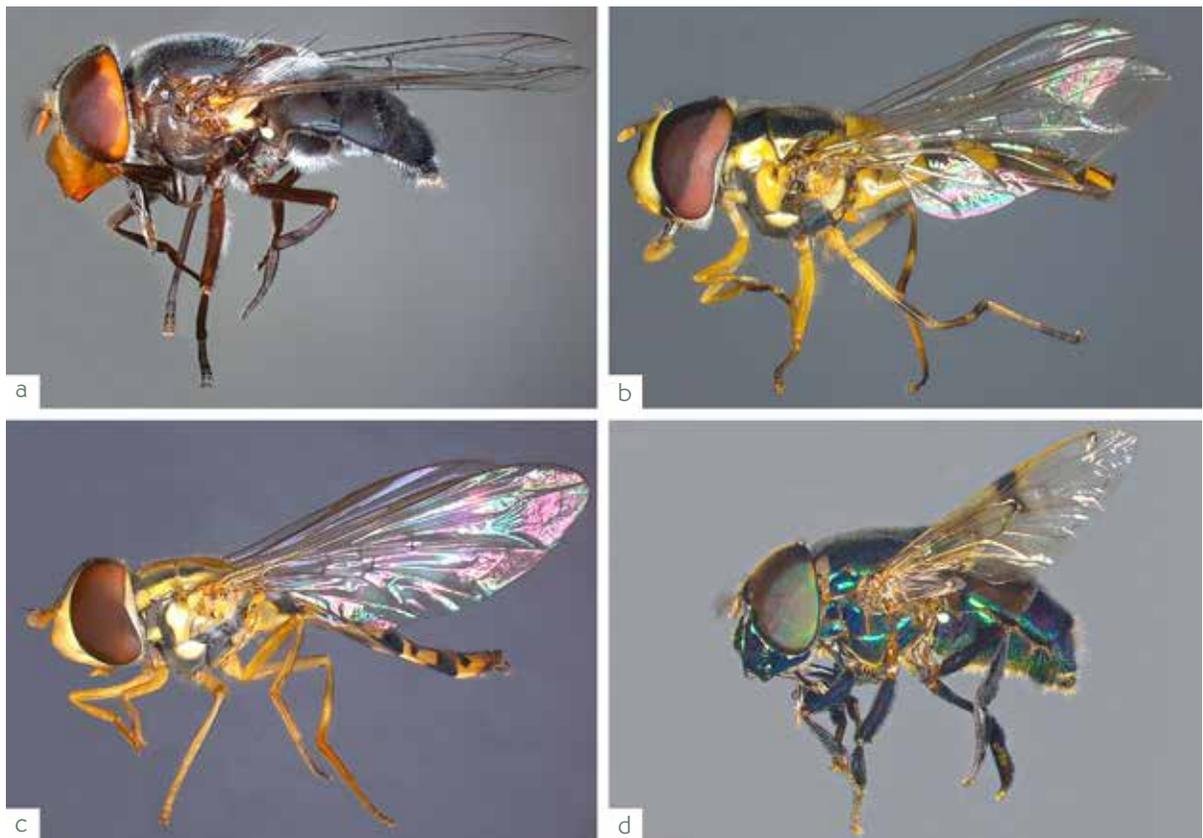


Figura 2. a) *Copestylum* sp.; b) *Allograpta exotica*; c) *Toxomerus politus*; d) *Ornidia obesa*. Fotos: Enrique Ramírez.

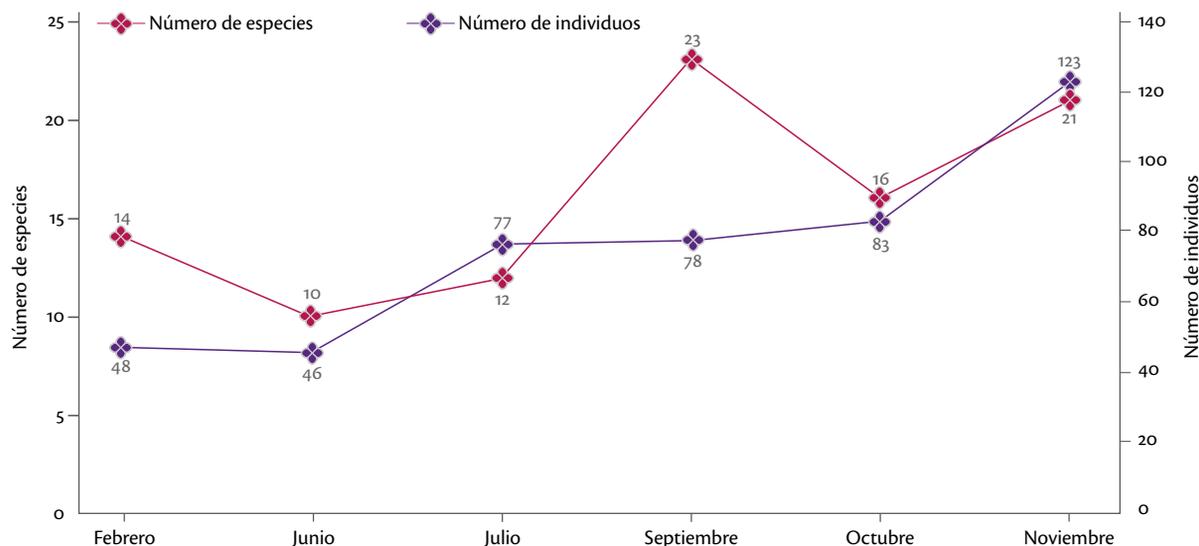


Figura 3. Riqueza y abundancia de la familia Syrphidae en la zona de Huatulco. Fuente: elaboración propia.

estos momentos definir su estatus de conservación e indicar sus patrones de distribución, endemismo y amenazas a su conservación, pues para ello se requiere de un mayor número de estudios faunísticos a nivel estatal y nacional, con la finalidad de tener un panorama más amplio de la distribución de las especies. Los estudios sobre diversidad no solo aportan conocimiento sobre las especies presentes en un lugar determinado, también pueden ayudar a determinar zonas de importancia para la conservación, sobre todo cuando se trata de grupos

bioindicadores de la calidad del ecosistema como lo son los sírfidos.

Agradecimientos

A las biólogas Lucía del Carmen Salas Arcos y Verónica Jiménez Gutiérrez por su valiosa colaboración y apoyo en el trabajo de campo. Este estudio fue financiado por SEMARNAT-CONACYT (993555) y el programa SIBA-UNIBIO de la UNAM.

Referencias

- Ayala-Barajas, R., E. Ramírez-García, M. Devoto *et al.* 2011. *Guía de insectos visitantes de flores de aguacate*. CIECO-CIGA/Fundación Produce, Michoacán.
- Castañeda-Vildózola, A., A. Equihua-Martínez, J. Valdés-Carrasco *et al.* 1999. Insectos polinizadores del aguacatero en los estados de México y Michoacán. *Revista Chapingo serie Horticultura* 5:129-136.
- CONANP. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 2003. *Programa de Manejo del Parque Nacional Huatulco*. CONANP/SEMARNAT, México.
- Gilbert, F. 1991. Flower feeding by adult hoverflies. *Hoverfly Newsletter* 13:5-11.
- Hurej, M. 1982. Natural control of *Aphis fabae* Scop. Population by Syrphidae (Diptera) on sugar beet crop. *Bulletin Entomologique de la Pologne* 52:287-294.
- Lyon, J.P. 1971. Les Syrphides (Diptères) prédateurs des Pucerons de la Betterave. *Parasitica* 27(4):103-111.
- Ramírez-García, E. 1997. Syrphidae. En: *Historia natural de Los Tuxtlas*. S.E. González, R. Dirzo y R.C. Vogt. (eds.). Instituto de Biología-UNAM/Instituto de Ecología-UNAM, México, pp. 371-373.
- Ramírez-García, E. y M. Sarmiento. 2004. Syrphidae (Diptera) de la estación de biología Chamela. En: *Artrópodos de Chamela*. A.N. García Aldrete y R. Ayala B. (eds.). Instituto de Biología-UNAM, México, pp. 181-191.
- Rotheray, G.E., 1993. *Colour guide to hoverfly larvae (Diptera, Syrphidae) in Britain and Europe*. Dipterist Digest, Sheffield.
- Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. Limusa, México.
- Speight, M.C.D. 1989. *Saproxylic invertebrates and their conservation*. Nature and Environment Series, Strasbourg.

- Speight, M.C.D. y J.A.W. Lucas. 1992. Liechtenstein Syrphidae (Diptera). *Berichte des Botanisch-Zoologische Gesellschaft Liechtenstein-Sargans-Werdenberg* 19:327-463.
- Thompson, F.C. 1981. The flower flies of the West Indies (Diptera: Syrphidae). *Memoirs of the Entomological Society of Washington* 9:1-200.
- . 1999. A key to the genera of the flower flies (Diptera: Syrphidae) of the Neotropical Region including descriptions of new genera and species and a glossary of taxonomic terms. *Contributions on Entomology International* 3(3):322-378.
- Thompson, F.C. y G. Rotheray. 1998. Family Syrphidae. En: *Contributions to a manual of Palaearctic Diptera (with special reference to flies of economic importance)*. Vol. 3, *Higher Brachycera*. L. Papp y B. Darvas (eds.). Science Herald, Budapest, pp. 81-139.
- Thompson, F.C., J.R. Vockeroth y Y.S. Sedman. 1976. Family Syrphidae. En: *A catalogue of Diptera of the Americas South of the United States*, Fasc. 46. N. Papavero (ed.). Museum of Zoology-University of São Paulo, Brasil, pp. 1-195.
- Townes, H. 1972. A lightweight malaise trap. *Entomological News* 83:239-247.
- Vockeroth, J.R. y F.C. Thompson. 1987. Syrphidae. En: *Manual of Nearctic Diptera*. Vol. 2. J.F. Alpine (ed.). Biosystematic Research Institute, Ottawa, pp. 713-743.
- Whiteley, D. 1987. *Hoverflies of the Sheffield Area and North Derbyshire*. Sorby Natural History Society, Sheffield.



Resto de panal de avispa. Foto: Hermilo Bustamante Cruz/CONABIO/Mosaico Natura.

Encyrtidae (Hymenoptera: Chalcidoidea)

Beatriz Rodríguez Vélez, Joel Felipe Morfín Méndez y Hugo César Arredondo Bernal

Descripción

Los encírtidos son un grupo sumamente diverso de micro-avispa parasitoides, cuya función ecológica es de gran importancia en las comunidades agrícolas, forestales y silvestres como controladores de poblaciones de otros insectos. Son parasitoides de artrópodos, muchos de ellos considerados plaga, lo que les confiere una amplia relevancia económica. Para este trabajo se realizó un compendio de varios listados faunísticos de la familia Encyrtidae en Oaxaca, que dio como resultado un registro de 75 géneros y 28 especies.

La familia Encyrtidae es parte de la superfamilia Chalcidoidea, un grupo de micro avispa parasitoides. Es una de las familias más importantes y diversas dentro de los chalcidoideos, y morfológicamente fácil de reconocer. Dentro de las características morfológicas de la superfamilia, destaca su tamaño diminuto, donde la gran mayoría de estas avispa están por debajo de los 3 mm de largo, algunas llegando a medir tan solo 0.11 mm (Noyes 2014).

Los encírtidos se distinguen fácilmente del resto de las familias de Chalcidoidea, principalmente por la posición de los cercos (apéndices en el extremo del abdomen), los cuales se encuentran insertados hacia la parte anterior del abdomen (figura 1a), algunas veces arriba de la mitad anterior de éste, con algunos terguitos (partes de la placa dorsal) en forma de U o M entre los cercos y alrededor de ellos (figura 1b). La mesopleura (porción media del tórax) es convexa y no está dividida; este carácter es diagnóstico para las familias Encyrtidae,

Eupelmidae y Tanaostigmatidae y unas pocas especies de Aphelinidae (figura 1c).

La coxa (el primer segmento de cada pata) del segundo par de patas se inserta en la mitad de la mesopleura (figura 1d). El ala anterior presenta una línea calva bien definida (figura 1e), ésta es conocida sólo para Encyrtidae y pocas especies de las familias Aphelinidae y Eupelmidae. Otro carácter que distingue a la familia son unas estructuras llamadas brazos tentoriales dorsales que alcanzan el frontovértex (parte superior de la cabeza), entre el margen anterior del ojo y los turulos (estructura donde nacen las antenas; Gibson y Gary 1993).

Los encírtidos son en su mayoría parasitoides internos (endoparasitoides) de otros insectos (huésped), muchos de los cuales se les considera como plagas; esto le confiere a Encyrtidae gran importancia y valor económico como agentes de control biológico (Trjapitzin *et al.* 2008). Los encírtidos pueden desarrollarse como parasitoides solitarios (es decir, un solo individuo por huésped), o pueden ser poliembriónicos (forma de reproducción donde varios embriones se desarrollan de un sólo huevo fertilizado; Gordh y Headrick 2001). Otras especies son hiperparasitoides, esto se refiere a la condición donde un parasitoide es parasitado a su vez por otro parasitoide (Gordh y Headrick 2001).

Generalmente, las hembras ovipositan dentro del cuerpo de otros insectos, principalmente en estado inmaduro (huevo y larva) y ocasionalmente en adultos. Una vez que el huevo eclosiona, la larva se alimenta del cuerpo de su huésped (Trjapitzin *et al.* 2008). La pupación habitualmente ocurre dentro del huésped una vez



Figura 1. *Isodromus iceryae*, vista lateral: a) cercos; b) terguitos en forma de U; c) mesopleura; d) posición de la metacoxa respecto a la mesopleura; e) línea calva. Ilustración: Joel Felipe Morfín Méndez.

que éste ha sido consumido; sin embargo, en algunas especies los encírtidos pupan dentro de su huésped aún estando vivo, el cual muere después de que el parasitoide emerge (Trjapitzin *et al.* 2008). La gran mayoría de los insectos parasitoides utilizados como agentes de control biológico son altamente específicos en la selección de sus huéspedes (DeBach y Rosen 1991), característica muy apreciada para su uso en programas de control biológico, ya que garantiza que la biodiversidad del hábitat donde se liberen estos organismos no será afectada.

Diversidad

La familia Encyrtidae presenta una distribución mundial, siendo la región Neotropical la más diversa del planeta (Noyes 1980). Actualmente, se tienen registrados a nivel

global 461 géneros y 3 824 especies, incluidas en dos subfamilias: Encyrtinae y Tetracneminae (Trjapitzin *et al.* 2004). En México se registran 156 géneros y 164 especies (Trjapitzin *et al.* 2004).

Para Oaxaca González-Hernández y Woolley (2001) mencionan 73 géneros, todos ellos recolectados durante junio de 1985 y junio a julio de 1987;¹ sin embargo, Trjapitzin y colaboradores (2004) citan la presencia de 43 géneros y 24 especies. Rodríguez-Velez y colaboradores (2009) encontraron 8 géneros con 6 especies (más 6 morfoespecies²) en un estudio faunístico en la selva baja caducifolia de Huatulco, cuyo muestreo se desarrolló a lo largo de un año (febrero 2005 a enero 2006).³ Por su parte, Sánchez-García y colaboradores (2016) registraron que las familias Encyrtidae y Eulophidae son las mejor representadas para el estado.

¹ Los especímenes se encuentran en la colección de insectos de Texas A&M University (TAMU).

² Especies definidas con base en su forma, sin considerar otros criterios biológicos.

³ Los especímenes se encuentran en la Colección de Insectos del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México (CININ).

Cuadro 1. Especies determinadas de la familia Encyrtidae.

Género	Especie
<i>Anagyryus</i>	<i>aper</i>
	<i>clauseni</i>
	<i>diversicornis</i>
	<i>insolitus</i>
	<i>mirtesae</i>
	<i>paralia</i>
	<i>phya</i>
	<i>pseudococci</i>
	<i>pulcher</i>
	<i>pulchricornis</i>
	<i>rosichoni</i>
	<i>tyana</i>
<i>villalobosi</i>	
<i>Anusioptera</i>	<i>koebelei</i>
<i>Copidosoma</i>	<i>plethoricum</i>
<i>Encyrtus</i>	<i>infelix</i>
	<i>aurantii</i>
<i>Ericydnus</i>	<i>lamasi</i>
<i>Hexacladia</i>	<i>smithii</i>
<i>Isodromus</i>	<i>iceryae</i>
<i>Metaphycus</i>	<i>flavus</i>
	<i>giraulti</i>
	<i>helvolus</i>
	<i>oaxacae</i>
<i>Neodusmetia</i>	<i>sangwani</i>
<i>Ooencyrtus</i>	<i>pityocampae</i>
<i>Psyllaephagus</i>	<i>yaseeni</i>
<i>Rhytidothorax</i>	<i>marlatti</i>
<i>Saera</i>	<i>leuce</i>

Fuente: elaboración propia.

Al conjuntar los datos de Encyrtidae para el estado y actualizando su taxonomía, se obtuvo un total de 74 géneros y 29 especies determinadas (cuadro 1). Muchos de los especímenes colectados se encuentran identificados únicamente a nivel de género (apéndice 29). Cabe señalar que estos registros corresponden a un número limitado de recolectas y localidades (figura 2). Considerando la gran diversidad de biotas existentes en el estado, el conocimiento de la diversidad de Encyrtidae y de otros insectos parasitoides representa un gran potencial para su uso como agentes de control biológico de plagas.

Importancia

Ecológicamente los encértidos brindan funciones muy importantes en las comunidades agrícolas, forestales y silvestres como controladores de poblaciones de otros insectos, característica que los ubica como la segunda familia de avispas parasitoides con mayor número de éxitos en el control biológico de plagas agrícolas a nivel mundial, lo que ha repercutido en un ahorro significativo de recursos económicos (Trjapitzin y Ruíz-Cancino 2000). Sus huéspedes corresponden a más de 320 familias, en su gran mayoría insectos; sin embargo, existen registros de encértidos que parasitan a arañas, ácaros, garrapatas, pseudoescorpiones y nemátodos (Noyes 2000). Muchas especies se utilizan exitosamente en contra de una gran variedad de plagas agrícolas significativas, especialmente aquéllas que pertenecen a la familia Coccidae (escamas blandas, escamas de cera y escamas tortuga) y Pseudococcidae (cochinillas; Noyes 2000). Entre los casos más exitosos de Encyrtidae en el control biológico se encuentran:

- *Anagyryus lopezi*, con esta especie en la década de los noventa se controlaron las poblaciones del piojo harinoso (*Phenacoccus manihoti*), plaga de la yuca en África, uno de los cultivos más importantes para la alimentación de más de 200 millones de personas (Norgaard 1988).
- *Neodusmetia sangwani*, avispa que se utilizó en contra de *Antonina graminis*, escama de los pastos en el sur de Estados Unidos. En 1979 se estimó una ganancia de 200 millones de dólares por año en Texas por la intervención de este parasitoide, cabe resaltar que la inversión inicial fue tan solo de 0.2 millones de dólares. Este parasitoide también se introdujo a México en Tamaulipas y San Luis Potosí (Dean *et al.* 1979).

En México se encuentran diversas especies de Encyrtidae con gran potencial como agentes de control biológico de diferentes plagas, especialmente de piojos harinosos y escamas armadas (Trjapitzin y Ruíz-Cancino 2000). Por ello, es necesaria la conservación de la biodiversidad, debido a que el uso de parasitoides nativos en el control de plagas reduce el uso de pesticidas, mantiene la calidad ambiental y la producción agrícola.

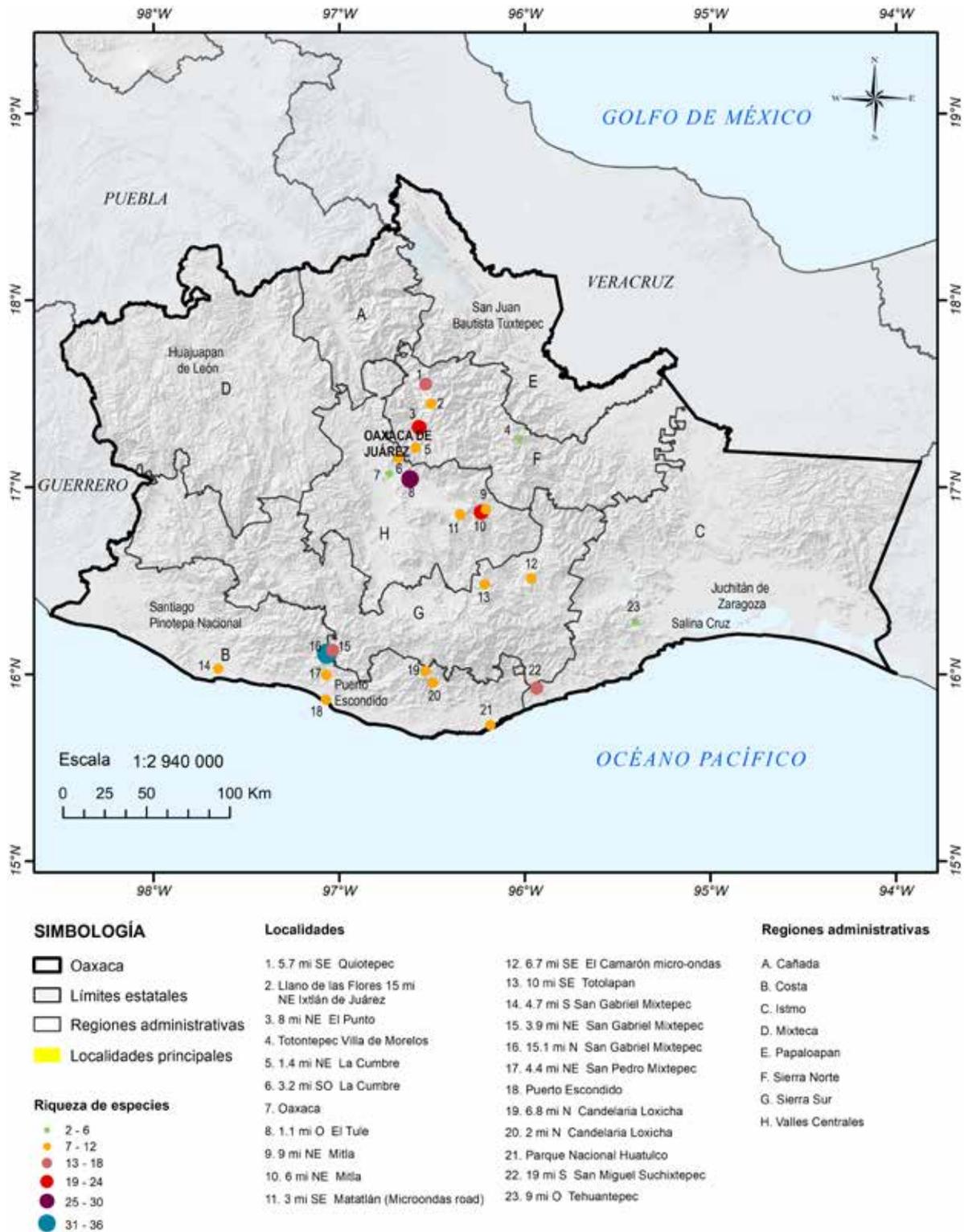


Figura 2. Número de especies de encitidos por localidad de muestreo. Fuente: elaboración propia.

Situación y estado de conservación

Ninguna especie de esta familia se encuentra en la NOM-059 (SEMARNAT 2010). Sin embargo, la situación actual de los ecosistemas donde mayormente se distribuyen (las regiones tropicales), son las áreas menos conocidas y que más rápidamente se están destruyendo (Wilson 1988). Estos ecosistemas son de los más afectados, con casi la mitad de sus hábitats remplazados por tierras de cultivo, debido al aumento en la presencia de especies invasoras, la persistente explotación de sus recursos y la contaminación (MA 2005).

A pesar de su gran impacto económico, los encírtidos al igual que el resto de las avispas parasitoides, están dentro de los grupos de insectos menos conocidos. Las limitaciones para su estudio derivan principalmente de su tamaño diminuto, lo que dificulta su recolecta, preservación y estudio taxonómico (Noyes 2014). Actualmente, las técnicas de recolecta y las cámaras de punto crítico para secar microinsectos (que previenen el colapso del exoesqueleto), así como el desarrollo de microscopios compuestos y estereoscopios con mayor aumento y resolución de imagen, han permitido avances en el estudio de los calcidoideos.

Referencias

- Dean, H.A., M.F. Shuster, J.C. Boling y P.T. Riherd. 1979. Complete biological control of *Antonina graminis* in Texas with *Neodusmetia sangwani* (a classic example). *Bulletin of the Entomological Society of America* 25:262-267.
- DeBach, P. y D. Rosen. 1991. *Biological control by natural enemies*. Cambridge University Press, Nueva York.
- Gibson, A. y P. Gary. 1993. Superfamilies Mymarommatoidea and Chalcidoidea. En: *Hymenoptera of the world: an identification guide to families*. H. Goulet y J.T. Huber (eds.). Research Branch/Agriculture Canada, Ottawa, pp. 570-655.
- González-Hernández, A. y J.B. Woolley. 2001. *Identificación y distribución de los géneros de Encyrtidae (Hymenoptera: Chalcidoidea) en México*. Universidad Autónoma de Nuevo León, México.
- Gordh, G. y D.H. Headrick. 2001. *A dictionary of entomology*. CAB Publishing, Reino Unido.
- MA. Millennium Ecology Assessment. 2005. *Ecosystems and human well-being: biodiversity synthesis*. World Resources Institute, Washington.
- Norgaard, R.B. 1988. The biological control of cassava mealybug in Africa. *American Journal of Agricultural Economics* 70(2):366-371.
- Noyes, J.S. 1980. A review of the genera of Neotropical Encyrtidae (Hymenoptera: Chalcidoidea). *Bulletin of the British Museum Natural History Entomology* 41:107-253.
- . 2000. Encyrtidae of Costa Rica (Hymenoptera: Chalcidoidea), 1. The subfamily Tetracneminae, parasitoids of mealybugs (Homoptera: Pseudococcidae). *Memoirs of the American Entomological Institute* 62:1-355.
- . 2014. *Universal Chalcidoidea Database*. En: <<http://www.nhm.ac.uk/chalcidoids>>, última consulta: enero 2014.
- Rodríguez-Velez, B., S. Zaragoza-Caballero y J.M. Rodríguez. 2009. Diversidad de Encyrtidae (Hymenoptera: Chalcidoidea) y otras familias de Hymenoptera obtenidas con trampas Malaise en el bosque tropical caducifolio de la región de Huatulco, Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 80:709-719.

Conclusiones

El impulso que está logrando el control biológico como una alternativa para regular poblaciones de especies plaga, ha promovido la necesidad de profundizar en el conocimiento de la biodiversidad, tanto de los agroecosistemas como de las biotas silvestres. Esta situación está creando un panorama que favorece el incremento de apoyo para el estudio de la diversidad de avispas parasitoides, al considerar el valor económico que representa para la industria agrícola.

Cabe resaltar la importancia ecológica que representa la biodiversidad de Oaxaca: al ser el estado con la mayor diversidad biológica en México, se ha identificado el buen funcionamiento de los ecosistemas y por añadidura ofrece un amplio abanico de posibilidades para el uso sustentable de la misma. Es importante difundir y fortalecer el desarrollo de programas asociados al conocimiento de la diversidad biológica de este maravilloso estado, así como al uso adecuado de sus recursos naturales.

- Sánchez-García, J.A., J.M. Coronado-Blanco, E. Ruíz-Cancino *et al.* 2016. Chalcidoidea (Hymenoptera) y otras avispas parasíticas del estado de Oaxaca, México. *Entomología Mexicana* 3:850-854.
- 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. Última reforma publicada el 14 de noviembre de 2019.
- Trjapitzin, V.A., S.N. Myartseva, E. Ruíz-Cancino y J.M. Coronado-Blanco. 2008. *Clave de géneros de Encyrtidae (Hymenoptera: Chalcidoidea) de México y un catálogo de las especies. Serie avispas parasíticas de plagas y otros insectos*. UAT, México.
- Trjapitzin, V.A. y E. Ruíz-Cancino. 2000. *Encyrtidos (Hymenoptera: Encyrtidae) de importancia agrícola en México*. Serie Publicaciones Científicas CIDAFF-UAT, México.
- Trjapitzin, V.A., E. Ruíz-Cancino y J.M. Coronado-Blanco. 2004. Encyrtidae (Hymenoptera). 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. 735-742.
- Wilson, E.O. 1988. The current state of biological diversity. En: *Biodiversity*. E.O. Wilson (ed.). National Academic Press, Washington, pp. 3-18.



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Mariposa de cristal (*Greta* sp.). Foto: Christian Jafet Pérez Ferrer/CONABIO/Mosaico Natura.

Mariposas diurnas (Lepidoptera)

Moisés Armando Luis Martínez, Marysol Trujano Ortega, Blanca Claudia Hernández Mejía, Andrew David Warren, José Luis Salinas Gutiérrez, Omar Ávalos Hernández, Isabel Vargas Fernández, Ariana Romero Mata, Surya Ivonne González Jaramillo, Zenón Cano Santana y Jorge Enrique Llorente Bousquets

Descripción

El orden Lepidoptera comprende a las mariposas diurnas y nocturnas, cuya característica principal es tener las alas cubiertas de escamas (*lepidos*: escama, *pteron*: ala), lo que le da el nombre al orden (figura 1). Además, son insectos con metamorfosis completa (esto es, son holometábolos, que se caracterizan por pasar por las fases de huevo, larva, pupa y adulto en su ciclo de vida) y un aparato bucal en forma de un tubo que se enrolla y desenrolla (llamado espiritrompa) que le sirve para succionar líquidos, con excepción de algunas especies que tienen mandíbulas morderas. Las mariposas diurnas se caracterizan por presentar antenas con el ápice dilatado (al que se denomina maza antenal; figura 2) y por volar durante el día o en el crepúsculo; en contraste con las palomillas o mariposas nocturnas, cuya gran mayoría de especies vuela exclusivamente en la noche (pues unas pocas lo hacen durante el día) y, además, tienen antenas sin maza o en forma de plumas (Grimaldi y Engel 2005). En lo sucesivo, nos referiremos a las mariposas diurnas únicamente como mariposas.

En función de la especie, las hembras de las mariposas depositan de uno a centenas de huevos en su planta huésped, de los cuales emergen larvas u orugas, que tienen mandíbulas trituradoras de hojas, tallos y frutos. En su etapa adulta se alimentan de néctar de las flores, agua de las arenas húmedas de ríos y charcos o los líquidos de material (fruta o excremento de aves y mamíferos) en descomposición (De la Maza 1987, Vargas-Fernández



Figura 1. El lepidóptero *Heliconius erato cruentus* (Nymphalidae) que muestra sus alas escamosas. Foto: Arturo Arellano Covarrubias.

Luis-Martínez, M.A., M. Trujano-Ortega, B.C. Hernández-Mejía, A.D. Warren, J.L. Salinas-Gutiérrez, O. Ávalos-Hernández, I. Vargas-Fernández, A. Romero-Mata, S.I. González-Jaramillo, Z. Cano-Santana y J. Llorente-Bousquets. 2022. Mariposas diurnas (Lepidoptera). En: *La biodiversidad en Oaxaca. Estudio de Estado*. Vol. III. CONABIO, México, pp. 105-112.



Figura 2. La mariposa diurna *Eurybia elvina elvina* (Riodinidae) que muestra el engrosamiento terminal de sus antenas, llamado maza antenal. Vuela entre las plantas del estrato bajo (el sotobosque) de los bosques, por lo que la destrucción de éstos provoca la reducción de sus poblaciones. Foto: Arturo Arellano Covarrubias.

et al. 1994). Las larvas se desarrollan en varios estadios y se dedican a alimentarse y crecer por medio de mudas, hasta transformarse en la pupa o crisálida. En esta fase ocurren cambios que dan lugar a la reorganización celular para que se dé la transformación a la etapa adulta, que ya tiene un aspecto de una mariposa (Vargas-Fernández *et al.* 2016). Estos insectos exhiben una variedad de estructuras y colores que les permiten confundirse con el medio (mediante camuflaje) o con otras especies de mariposas que son peligrosas o tóxicas para los depredadores, igualando sus colores llamativos (Grimaldi y Engel 2005).

Diversidad y endemismos

México contiene 14 500 especies descritas de Lepidoptera, que representan 10% de la riqueza de insectos de ese orden a nivel mundial, aunque se estima que hay

23 750 especies en el país (Llorente-Bousquets *et al.* 1996, 2014, Luis-Martínez *et al.* 2000, 2003). Entre esas especies descritas, 1 929 especies y subespecies corresponden a las mariposas diurnas y están repartidas en las seis familias conocidas del grupo, las cuales, de acuerdo con su riqueza de taxones son (en orden decreciente): Hesperiidae, Nymphalidae, Lycaenidae, Riodinidae, Pieridae y Papilionidae (Llorente-Bousquets *et al.* 2014). En Oaxaca se registran 1 338 especies y subespecies de mariposas repartidas en 465 géneros, 25 subfamilias y seis familias (cuadro 1, apéndice 30), de acuerdo con Luis-Martínez *et al.* (2016), Vargas-Fernández *et al.* (2016) y Warren *et al.* (2012). Esta cifra es superior a las 1 331 especies que registraron Luis-Martínez *et al.* (2016) con base en un análisis de los últimos 120 años de recolectas realizadas en el estado y ubican a Oaxaca como la entidad con mayor riqueza del país, por arriba de Chiapas, que registra 1 316 especies y subespecies (cuadro 1).

Cuadro 1. Riqueza de especies y número de taxones endémicos de México de mariposas diurnas en Oaxaca por familia y subfamilia. Las cifras solas y las ubicadas en el numerador son datos de riqueza; las cifras del denominador denotan datos del número de taxones endémicos. En la columna de subespecies la cifra sola y el numerador indican el número de especies y subespecies y la del denominador sólo el número de subespecies. Se hace una comparación con los datos de Chiapas.

Familia	Subfamilia	Géneros	Especies	Subespecies
Hesperiidae	Eudaminae	33	126/11	130/35
	Pyrginae	63	155/20	155/42
	Heteropterinae	3	23/17	23/1
	Hesperiinae	101	210/37	211/40
Papilionidae	Baroninae	1/1	1/1	1/1
	Papilioninae	9	42/18	52/39
Pieridae	Dismorphiinae	3	10/6	13/11
	Coliadinae	12/1	27/1	27/16
	Pierinae	16/1	24/11	27/24
Lycaenidae	Theclinae	58	170/6	170/1
	Lycaeninae	1	1	1
	Polyommatainae	8	10	10/6
Riodinidae	Euselasiinae	2	11/4	13/7
	Riodininae	46	112/23	118/55
Nymphalidae	Libytheinae	1	1	1/1
	Danainae	3	6	6/6
	Ithomiinae	17	31/8	38/33
	Morphinae	6	17/3	21/16
	Satyrinae	22	62/22	67/18
	Charaxinae	9	40/13	47/37
	Biblidinae	17	52/21	65/55
	Limnitiidae	2	31/10	33/27
	Apaturinae	2	6	6/5
	Nymphalinae	19	66/19	72/50
Heliconiinae	11	28/4	31/27	
Total Oaxaca	25/1	465/3	1 262/255	1 338/553
Total Chiapas	25	466	1 266	1 316

Fuente: modificado de Luis-Martínez *et al.* 2016.

Por otra parte, la entidad alberga los siguientes taxones endémicos de México: una subfamilia (Baroninae), tres géneros y 255 especies y subespecies; estas últimas representan 19.1% de los registros del estado y 58.3% de los 437 endémicos que se reconocen en el país (Llorente-Bousquets *et al.* 2014).

Los endemismos de las mariposas a nivel de especie y subespecie (255) se reparten por familia de la siguiente forma: Nymphalidae (39.22%), Hesperiidae (33.33%), Riodinidae (10.59%), Papilionidae (7.45%), Pieridae (7.06%) y Lycaenidae (2.35%). La riqueza alta y endemismos de mariposas en la entidad se debe principalmente a tres factores:

1. La asociación estrecha que existe entre las mariposas y el bosque tropical perennifolio, un tipo de vegetación que concentra entre 53 y 75% de la diversidad de mariposas del país (Salinas-Gutiérrez *et al.* 2004, 2021).
2. El alto porcentaje de fauna endémica asociada a comunidades áridas y semiáridas del noroeste del estado, los Valles Centrales, los bosques húmedos de montaña y la Planicie Costera del Pacífico.
3. La ubicación del estado en la región Mesoamericana (que abarca las regiones montañosas del sur de México y Centroamérica), que se caracteriza por su alta riqueza y proporción de endemismos generados

por su extensión geográfica, heterogeneidad biótica, la confluencia de muchas provincias biogeográficas y la evolución *in situ* de muchos grupos (Luis-Martínez *et al.* 2003). Se sabe, por ejemplo, que Oaxaca y la Sierra Madre del Sur son las regiones que albergan el mayor porcentaje de taxones endémicos (Llorente-Bousquets *et al.* 2014).

Importancia

Las mariposas son importantes para la ciencia, los humanos y los ecosistemas terrestres. Por ejemplo, en el ámbito científico, han sido utilizadas como un grupo ejemplar para explicar fenómenos como la migración,¹ el mimetismo² y la coevolución,³ entre otros. Esto debido a que las mariposas tienen rasgos que facilitan su estudio, son diurnas, conspicuas, fitófagas obligadas⁴ y el hecho de que se tiene un amplio conocimiento sobre su historia natural (Watt y Boggs 2003).

Sin embargo, algunas especies de estos insectos ocasionan daños a cultivos y árboles, como es el caso de *Leptophobia aripa* (Pieridae), que ataca la col, el brócoli y la coliflor (Bautista 2006) y *Eucheira socialis* (Pieridae) que ataca al madroño (Cibrián *et al.* 1995). En contraste, en la entidad las mariposas han sido aprovechadas por los antiguos pobladores por la seda que producen y, de hecho, se sigue extrayendo seda de *E. socialis* con la cual se fabrican pañuelos (Ramos-Elorduy y Pino 1989, Hernández 2001) y sus pupas son utilizadas como alimento (A. Luis-Martínez observación personal).

Las mariposas son uno de los grupos de insectos con mayor belleza estética debido a sus vistosos colores y su actividad diurna, por lo que son muy apreciadas en diferentes culturas, incluyendo las que alberga el estado. Por ejemplo, este grupo está representado de diversas maneras en piezas de arte prehispánico. En San Juan Bautista Cuicatlán hay una escultura en piedra de forma curva con la representación de una mariposa, en tanto que en la tumba 7 de Monte Albán se encontró una nariguera de oro con la forma de este insecto (Noguera 1977, Beutelspacher 1988). Asimismo, en el interior de un plato

encontrado en la tumba 2 de Zaachila se descubrió una figura del dios mariposa (Gallegos 2007). Por otra parte, estos lepidópteros han dado nombres a ciertas localidades del estado, como (Beutelspacher 1988): Papalotipac (hacia el lugar de las mariposas) y Papalutla (lugar abundante en mariposas).

Oaxaca es una entidad donde se han colectado ejemplares de mariposas de ciertas especies y subespecies que han sido nombradas en honor al estado o a localidades y culturas propias de la entidad, como es el caso de *Altinote stratonice oaxaca*, *Anthanassa otanes oaxaca*, *Camptopleura oaxaca*, *Castilia chinantlensis*, *Catasticta oaxaca*, *Diaethria anna mixteca*, *Euselasia oaxacensis*, *Paramacera chinanteca*, *Pheraeus covadonga loxicha*, *Prepona amydon oaxacata* y *Zobera oaxaquena*. Además, algunas especies de la entidad, como *Baronia brevicornis* (Papilionidae), se consideran fundamentales para el estudio de las relaciones filogenéticas de estos insectos (Watt y Boggs 2003).

Las mariposas también tienen gran importancia ecológica, por ser polinizadoras y elementos importantes de las redes tróficas, debido a que en su mayoría son intermediarios entre las plantas y los depredadores que las usan como alimento, entre los que se encuentran aves, mamíferos, reptiles y otros artrópodos (McGavin 2002, Oñate-Ocaña *et al.* 2006, Pozo *et al.* 2011).

Adicionalmente, son un grupo modelo para el reconocimiento de la biodiversidad y estado de conservación de un hábitat. Su estrecha relación con la vegetación durante el estado larval las hace particularmente sensibles al impacto ambiental que ejerce el ser humano sobre los hábitats terrestres, por lo que son buenos organismos indicadores de estos impactos, del estado de salud y la riqueza de los ecosistemas. Otros rasgos que facilitan su uso como bioindicadores son su gran abundancia, sencilla recolecta, la facilidad con la que se identifica a sus especies y se detecta su presencia en un ecosistema (Llorente-Bousquets *et al.* 1996, Pozo *et al.* 2015). Por lo anterior, algunas especies de mariposas permiten evaluar el efecto de la fragmentación del hábitat, la reducción de las áreas naturales, el cambio de uso del suelo y la con-

1 Migración se refiere al movimiento de un animal de un lugar a otro (Morris 1992).

2 Mimetismo es el parecido que llega a tener un organismo de una especie a un organismo de otra especie o a un objeto inanimado que sirve para engañar a un depredador o a una presa (Morris 1992).

3 Coevolución es la evolución conjunta de dos (o más) especies que interactúan entre sí, de modo que la evolución de una especie depende parcialmente de la evolución de la otra de manera recíproca (Pianka 1994).

4 Fitófagas obligadas se refiere a que únicamente se alimentan de plantas.

taminación de cuerpos de agua; asimismo, el estado de sus poblaciones es un indicador importante a tomar en cuenta para el diseño de áreas naturales protegidas (Kremen *et al.* 1993, Oliver y Beattie 1993).

Situación, estado de conservación y amenazas

Aunque no se ha demostrado la extinción de ninguna especie de mariposas mexicanas (Luis-Martínez *et al.* 2005), estos insectos corren peligro por la destrucción de hábitats asociados a la agricultura extensiva, incendios forestales, asentamientos humanos, transformación en campos agrícolas, explotación forestal, introducción de especies exóticas y cambio climático (New 1997, Llorente-Bousquets y Luis-Martínez 1998, Martínez 2003a, b, Galindo-Leal 2004). El comercio sin regulación afecta también a las mariposas porque su colecta no discrimina entre especies raras, restringidas o amenazadas, y los ejemplares son muy bien pagados en el mercado (New 1997, Llorente-Bousquets y Luis-Martínez 1998). El cambio climático, por su parte, afecta su distribución y su abundancia, pues son animales sensibles a los cambios

de temperatura, precipitación y humedad (Rodríguez *et al.* 2011). Guerra y Reppert (2013) reportan que una exposición prematura a temperaturas frías provoca que la orientación de la migración de las mariposas monarca cambie. En la base de datos MARIPOSA (Luis-Martínez *et al.* 2005), que cuenta con registros de este grupo desde principios del siglo XX, se detecta cómo la reducción y la pérdida del hábitat, así como la urbanización y los huracanes están provocando la desaparición local de algunas especies de mariposas. Si bien las leyes ambientales federales y estatales contemplan ciertas acciones para la conservación de los recursos naturales, desafortunadamente se enfocan más a la flora que a la fauna local.

Dos especies de mariposas se encuentran registradas en la NOM-059-SEMARNAT-2010: la mariposa monarca (*Danaus plexippus*; figura 3) en la categoría sujeta a protección especial, y *Pterourus esperanza* como amenazada (SEMARNAT 2010). Asimismo, esta última especie también se encuentra en la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN 2014) en el estatus en peligro. La mariposa monarca es una especie que se distribuye en Norteamérica, Centroamérica y las Antillas, por lo que no está en peligro de extinción



Figura 3. La mariposa monarca (*Danaus plexippus*), una especie sujeta a protección especial y vive en los bosques de Oaxaca. Foto: Iván Montes de Oca/Banco de imágenes CONABIO.



Figura 4. El lepidóptero *Lasaia agesilas callaina* (Riodinidae) es una mariposa que reduce sus poblaciones ante la alteración y contaminación de ríos y riachuelos, pues vive en ambientes ribereños. Foto: Arturo Arellano Covarrubias.

(Cano-Santana 1997), pero sí el fenómeno migratorio, que se efectúa desde el este de Canadá y regiones de Estados Unidos al centro de México, y para lo cual no hay políticas claras de protección en los tres países. Por otra parte, a pesar de que *P. esperanza* es una especie que se distribuye únicamente en una pequeña región de la Sierra de Juárez, Almaraz y León (2014) y Almaraz *et al.* (2013) demostraron que sus poblaciones muestran un buen estado de salud y que esto se debe a que las comunidades chinantecas se han dedicado a proteger los bosques en los que se distribuye esta especie, más que a su inclusión en la lista roja de la UICN o al listado de especies amenazadas de la NOM-059.

Otras especies no corren con la misma suerte. La ocurrencia *B. brevicornis* en el bosque tropical caducifolio (BTC) y su rareza la hacen vulnerable a la extinción, por lo que resulta ser una especie prioritaria para llevar a cabo acciones de conservación, pues el BTC es un tipo de vegetación con alto grado de destrucción, ya que está sujeto a conversión para áreas de pastoreo o cultivos.

Otros casos similares de especies amenazadas son las endémicas a un tipo de vegetación particular o las que se distribuyen en áreas restringidas, como es el caso de *Anetia thirza thirza*, *Enantia mazai*, *Euselasia oaxacensis*, *Hesperocharis graphites avivolans*, *Lieinix neblina*, *Micandra tongida*, *M. cyda*, *Prestonia clarki* y *Pterourus esperanza*. Por ejemplo, *Lasaia agesilas callaina* (Riodinidae; figura 4) vive únicamente en los hábitats riparios, y la alteración y contaminación de los ríos y riachuelos provoca la reducción de sus poblaciones. El caso más extremo es el de la especie endémica *Paramacera copiosa* (Nymphalidae), que solamente se ha registrado en dos localidades de Oaxaca y una de Guerrero, por encima de los 3 100 m de altitud en bosques de *Abies*.

Recomendaciones

Dadas las amenazas reconocidas previamente, las acciones urgentes para conservar este grupo de insectos son

evitar la destrucción de sus hábitats y preservar la vegetación original. También se recomienda establecer una legislación para controlar la comercialización de las mariposas (Llorente-Bousquets y Luis-Martínez 1998) y llevar a cabo esfuerzos para establecer políticas estatales encaminadas a mitigar el cambio climático. También es muy importante conservar el bosque tropical perennifolio, el cual se distribuye en la región de Los Chimalapas y en el sur y este de la Sierra Madre Oriental, en las regiones Chinanteca (Sierra de Juárez), Mixe y límites con los estados de Chiapas y Veracruz. Asimismo, resulta relevante preservar la vegetación natural de las zonas áridas del noroeste del estado, como Cuicatlán y Valles Centrales, así como los bosques húmedos de montaña, cuya distribución disyunta ha permitido mantener interesantes procesos de especiación⁵ (Luis-Martínez *et al.* 2016). Finalmente, es necesario continuar con estudios faunísticos de las mariposas en las áreas áridas y semiáridas del estado, así como en las zonas húmedas, principalmente hacia la vertiente del Pacífico, ubicadas entre 600 y

1800 m de altitud, donde existen barreras que limitan su dispersión, lo que favorece su aislamiento y la especiación.

Agradecimientos

Los autores deseamos agradecer el apoyo técnico del M. en C. Iván Castellanos Vargas, así como la ayuda en la búsqueda de datos por parte de Alma Ortega Medina. A Laura Cárdenas y al Banco de imágenes de CONABIO, así como a Arturo Arellano Covarrubias, les agradecemos que nos hayan facilitado las fotos que ilustran esta contribución. Paulina Corona Tejeda revisó amablemente el manuscrito. Los proyectos PAPIIT IN-212418 y CONACYT 284966 apoyaron financieramente. La CONABIO nos ha apoyado en la creación y soporte técnico de la base de datos MARIPOSA del Museo de Zoología desde 1993 (implementada en su programa BIOTICA), así como en el desarrollo de numerosos proyectos con recursos operativos para realizar trabajo de campo en Oaxaca (CONABIO BK062 y JF018).

Referencias

- Almaraz, M.E. y J.L. León. 2014. ¿Es *Pterourus esperanza* (Insecta: Lepidoptera) un insecto que responde a las variaciones de temperatura en un bosque de niebla? *Entomología Mexicana* 1:486-490.
- Almaraz, M.E., J.L. León y A. Molina 2013. The population ecology and conservation of *Pterourus esperanza* (Insecta: Lepidoptera): An ancestral swallowtail butterfly in the Northern Sierra of Oaxaca, Mexico. *Annals of the Entomological Society of America* 106(6):753-760.
- Bautista, N. 2006. *Insectos plaga. Una guía ilustrada para su identificación*. Advanced Seed Treatment Technology/Bayer CropScience/ Colegio de Posgraduados, Texcoco.
- Beutelspacher, C. R. 1988. *Las mariposas entre los antiguos mexicanos*. FCE, México.
- Cano-Santana, Z. 1997. Conservación de las monarcas, desprecio por los plebeyos. *Ciencias* 46:46-47.
- Cibrián, D., J.T. Méndez, R. Campos *et al.* 1995. *Insectos forestales de México*. Universidad Autónoma Chapingo, México.
- De la Maza, R.R. 1987. *Mariposas mexicanas*. FCE, México.
- Galindo-Leal, C. 2004. La guelaguetza de la biodiversidad. En: *Biodiversidad de Oaxaca*. A.J. García-Mendoza, M.J. Ordoñez y M. Briones-Salas (eds.). Instituto de Biología-UNAM/Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza/WWF, México, pp. 15-16.
- Gallegos, R. 2007. Los mixtecos y las tumbas de Zaachila. En: *Raíces mixtecas*. R. Ortiz e I. Ortiz (eds.). Universidad Tecnológica de la Mixteca, México, pp. 27-64.
- Grimaldi, D. y M.S. Engel. 2005. *Evolution of the insects*. Cambridge University Press, Nueva York.
- Guerra, P.A. y S.M. Reppert. 2013. Coldness triggers northward flight in remigrant monarch butterflies. *Current Biology* 23:419-423.
- Hernández, F. 2001. La seda nativa: un recurso potencial para el estado de Veracruz, México. *Foresta Veracruzana* 3:53-56.
- Kremen, C., R.K. Colwell, T.L. Erwin *et al.* 1993. Terrestrial arthropod assemblages: their use as indicators in conservation planning. *Conservation Biology* 7(4):796-808.
- Llorente-Bousquets, J. y A. Luis-Martínez. 1998. Análisis conservacionista de las mariposas mexicanas: Papilionidae (Lepidoptera, Papilionidae). En: *Diversidad biológica de México: orígenes y distribución*. T. Ramammorth, R. Bye, A. Lot y J. Fa (eds.). Instituto de Biología-UNAM, México, pp. 149-178.
- Llorente-Bousquets, J., A. Luis-Martínez, I. Vargas I. y J. Soberón. 1996. Papilionoidea (Lepidoptera). 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.

⁵ Proceso mediante el cual una nueva especie se desarrolla como resultado de las fuerzas y procesos evolutivos (Morris 1992).

- González-Soriano (eds.). Instituto de Biología-UNAM, México, pp. 531-548.
- Llorente-Bousquets, J., I. Vargas-Fernández, A. Luis-Martínez et al. 2014. Biodiversidad de Lepidoptera en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* Suplemento 85:S353-S371.
- Luis-Martínez, A., B. Hernández-Mejía, M. Trujano-Ortega et al. 2016. Avances faunísticos en los Papilionoidea (Lepidoptera) *sensu lato* de Oaxaca, México. *Southwestern Entomologist* 41(1):171-224.
- Luis-Martínez, A., J. Llorente-Bousquets e I. Vargas-Fernández. 2005. Una megabase de datos de mariposas de México y la regionalización biogeográfica. En: *Regionalización biogeográfica en Iberoamérica y tópicos afines: primeras jornadas biogeográficas RIBES*. J. Llorente-Bousquets y J.J. Morrone (eds.). Las Prensas de Ciencias-UNAM, México, pp. 269-294.
- Luis-Martínez, A., J. Llorente-Bousquets, I. Vargas-Fernández y A.L. Gutiérrez. 2000. Síntesis preliminar del conocimiento de los Papilionoidea (Lepidoptera: Insecta) de México. En: *M3M: Monografías Tercer Milenio, vol. 1. Hacia un proyecto CYTED para el inventario y estimación de la diversidad entomológica en Iberoamérica: PRIBES 2000*. F. Martín, J.J. Morrone y A. Melic (eds.). Sociedad Entomológica Aragonesa, Zaragoza, pp. 275-285.
- Luis-Martínez, A., J. Llorente-Bousquets, I. Vargas-Fernández y A.D. Warren. 2003. Biodiversity and biogeography of Mexican butterflies (Lepidoptera: Papilionoidea and Hesperioidea). *Proceedings of the Entomological Society of Washington* 105(1):209-224.
- Martínez, E. 2003a. Chimalapas. En: *La deforestación en 24 regiones PRODERs*. P. García-Sánchez (coord.). SEMARNAT/CONANP, México, pp. 36-43.
- . 2003b. Chinantla. En: *La deforestación en 24 regiones PRODERs*. P. García-Sánchez (coord.). SEMARNAT/CONANP, México, pp. 44-51.
- McGavin, G.C. 2002. *Entomología esencial*. Ariel, Barcelona.
- Morris, C. 1992. *Academic Press dictionary of science and technology*, Academic Press, San Diego.
- New, T.R. 1997. *Butterfly conservation*. Oxford University Press, Melbourne.
- Noguera, E. 1977. Representación de invertebrados en culturas prehispánicas. *Anales de Antropología* 14:127-152.
- Oliver, I. y A.J. Beattie. 1993. A possible method for the rapid assessment of biodiversity. *Conservation Biology* 7:562-568.
- Oñate-Ocaña, L., M. Trujano-Ortega, J. Llorente-Bousquets et al. 2006. Patrones de distribución de la familia Papilionidae (Lepidoptera). En: *Componentes bióticos principales de la entomofauna mexicana*. Vol. II. J.J. Morrone y J. Llorente-Bousquets (eds.). Facultad de Ciencias-UNAM, México, pp. 661-714.
- Pianka, E.R. 1994. *Evolutionary ecology*. Harper Collins College Pub., Nueva York.
- Pozo, C., A. Luis-Martínez, N. Salas-Suárez et al. 2015. Mariposas diurnas: Bioindicadoras de eventos actuales e históricos. En: *Bioindicadores: guardianes de nuestro futuro ambiental*. C.A. González Zuarth, A. Vallarino, J.C. Pérez Jiménez y A.M. Low Pfeng (eds.). ECOSUR/INECC, México, pp. 327-348.
- Pozo, C., N. Salas y A. Maya. 2011. Mariposas. En: *Riqueza biológica de Quintana Roo: un análisis para su conservación*. Tomo 2. C. Pozo (ed.). CONABIO/ECOSUR/Gobierno del Estado de Quintana Roo/Programa de Pequeñas Donaciones, México, pp. 186-191.
- Ramos-Elorduy, J. y J.M. Pino. 1989. *Los insectos comestibles en el México antiguo: estudio etnoentomológico*. AGT, México.
- Rodríguez, R., M. Villalobos y M.C. Pozo. 2011. Lepidópteros diurnos. En: *Biodiversidad y desarrollo humano en Yucatán*. R. Durán (resp.). CONABIO/CICY/Secretaría de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente, pp. 242-244.
- Salinas-Gutiérrez, J.L., A. Luis-Martínez y J. Llorente-Bousquets. 2004. Papilionoidea of the evergreen tropical forests of Mexico. *Journal of the Lepidopterists' Society* 58(3):125-142.
- Salinas-Gutiérrez, J.L., A. Luis-Martínez y D. Monteagudo-Sabaté. 2021. Relaciones biogeográficas entre los bosques tropicales húmedos de México a partir de sus faunas de mariposas (Lepidoptera: Rhopalocera). México (inédito).
- 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. Última reforma publicada el 14 de noviembre de 2019.
- UICN. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. 2014. *The IUCN red list of threatened species. Version 2014.3*. En: <<http://www.iucnredlist.org>>, última consulta: 2 de octubre de 2018.
- Vargas-Fernández, I., J. Llorente-Bousquets y A. Luis Martínez. 1994. Listado lepidopterofaunístico de la Sierra de Atoyac de Álvarez en el estado de Guerrero: Notas acerca de su distribución local y estacional (Rhopalocera: Papilionoidea). *Folia Entomológica Mexicana* 86:41-178.
- Vargas-Fernández, I., A.D. Warren, A. Luis-Martínez y J.E. Llorente-Bousquets. 2016. Mariposas diurnas (Rhopalocera). En: *La Biodiversidad en Colima. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 366-375.
- Warren, A.D., K.J. Davis, N.V. Grishin et al. 2012. *Interactive listing of American butterflies (BA-ADW)*. En: <<http://www.butterfliesofamerica.com/>>, última consulta: 2 de octubre de 2018.
- Watt, W.B. y C.L. Boggs. 2003. Synthesis: Butterflies as model systems in ecology and evolution, present and future. En: *Butterflies: ecology and evolution taking flight*. C.L. Boggs, W.B. Watt y P.R. Ehrlich (eds.). The University of Chicago Press, Chicago, pp. 603-613.



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Mariposa citrina de hoja blanca (*Anteos clorinde*). Foto: Fernando Rodríguez Molina/CONABIO/Mosaico Natura.

Historia evolutiva de las mariposas diurnas

Roberto Gonzalo de la Maza Elvira

Introducción

La región oriente del territorio oaxaqueño, en Los Chimalapas, comprende tierras que forman parte del Núcleo Centroamericano por su historia geológica. Este hecho, aunado a la complejidad geográfica de su porción occidental, cuya historia natural se relaciona con el centro y norte del país, permitió el intercambio de especies en ambas direcciones, una vez que emergió el Istmo de Tehuantepec. Como consecuencia, se desarrolló y ha subsistido en Oaxaca la fauna de mariposas más diversa en México y Norteamérica.

El estado es clave para comprender la fauna de mariposas diurnas, no sólo del país, sino del trópico septentrional. Su territorio posee una complicada orografía, que se refleja en diferencias climáticas drásticas de lugar a lugar. Las numerosas cañadas mantienen condiciones relativamente estables donde habita y se refugia la fauna delicada durante episodios adversos, como las glaciaciones. A lo anterior se suma el hecho que buena parte de Oaxaca ha sido un territorio emergido (es decir, por encima del océano) por largo tiempo, como

De la Maza E., R. 2022. Historia evolutiva de las mariposas diurnas. En: *La biodiversidad en Oaxaca. Estudio de Estado*. Vol. III. CONABIO, México, pp. 114-118.

lo demuestran los sedimentos conocidos como grupo Consuelo en la Mixteca, que datan del Paleozoico (hace 570 a 230 millones de años).¹ Además, cuenta con una gran variedad de sustratos geológicos calizos, ígneos y metamórficos. Su extremo oriental corresponde, en términos tectónicos e históricos, a un origen diferente del occidental. Esta complejidad de relieve ha permitido que una muy rica fauna de mariposas diurnas se haya refugiado en sus intrincadas cañadas y sierras, y haya podido resistir los cambios de clima a lo largo del tiempo geológico.

En el territorio oaxaqueño se presentan muchas mariposas que se consideran fósiles vivientes (organismos pancrónicos), e incluso algunas se conciben como las formas más antiguas de sus respectivos grupos. La época remota en la cual los continentes se encontraban unidos conformando un solo continente (Pangea) es atestiguada por las especies de *Hypanartia*, que cuenta con ejemplares fósiles del Oligoceno (hace 40 a 23 millones de años; Emmel *et al.* 1992). El género, que se distribuye desde México hasta el norte de Argentina, cuenta con cuatro especies descritas en el territorio oaxaqueño y posiblemente una especie nueva. Los géneros emparentados con *Hypanartia* están presentes en los trópicos de Australia, Asia, África y Sudamérica, lo cual sugiere que el linaje ancestral del cual derivan todos ellos tuvo una amplia distribución en Pangea.

Un caso similar es *Baronia brevicornis*, que ha sido considerado el papiliónido viviente más antiguo, puesto que se han encontrado fósiles similares en Florissants, Colorado (Estados Unidos), que datan del Eoceno (hace 56 a 34 millones de años; Collins 1985). Esta mariposa representa una subfamilia, género y especie endémica de México que sólo se conoce de las selvas secas de la cuenca del Balsas, incluyendo el noroeste de Oaxaca.

Pterourus esperanza es endémica de una zona reducida en Sierra Juárez, además de una reliquia del bosque mesófilo de montaña cuya historia evolutiva se remonta a la época previa a la apertura del océano Atlántico. Sus parientes más cercanos se encuentran en África (Tyler *et al.* 1994). De manera paralela, la historia del género *Brephidium*, representado en la entidad y otras regiones del país por la especie *B. exilis*, una pequeña mariposa

de los matorrales que crece sobre suelos salobres y alcalinos, ha seguido la ruta de apertura del mismo océano, con *taxa* emparentados en Sudáfrica, las Antillas y sureste de los Estados Unidos (Lewis 1973, Riley 1975).

La separación de los terrenos geológicos que conformarían México y las Antillas mayores, entre el final del Cretácico (hace 66 millones de años) y el Eoceno, se refleja en las especies del género *Anetia* (familia Nymphalidae, subfamilia Danainae) que han quedado separadas en las islas: *Anetia cubana* en Cuba; *A. briarea* y *A. pantherata* en Cuba y La Española; y *A. jaegeri* en La Española y Jamaica (Riley 1975); mientras que en el antiguo territorio tropical mexicano de origen Laurásico, que incluye a Oaxaca, ha sobrevivido *A. thirza* que se extiende desde el sur del país hasta Panamá.

Miller (1978) consideró que algunos géneros como *Pindis*, *Cyllopsis*, *Paramacera*, *Eucheira* y *Prestonia*, a los que denominó fauna mexicana antigua, se diferenciaron al ocurrir episodios de aislamiento insular en el territorio mexicano durante el Terciario temprano o Paleógeno (hace 65 a 23 millones de años) y el Terciario medio o Neógeno (hace 23 a 3.6 millones de años). Todos esos géneros están bien representados en Oaxaca.

El aislamiento del Núcleo Centroamericano y las Antillas durante el Mioceno (hace 23 a 5.3 millones de años) se puede ejemplificar por medio de la vicarianza² de *Pterourus homerus* que es endémica de Jamaica, y el complejo de especies denominado *Pterourus garamas* (*P. garamas*, *P. syedra*, *P. electryon*, *P. baroni* y *P. abderus*). De éstas, se ha registrado en el estado a *P. abderus*, *P. baroni* y *P. garamas*. El mismo fenómeno evolutivo llevó a *Fountainea johnsoni* a Jamaica y La Española, separándola de su vicariante continental *F. glycerium*, del cual han sido documentadas dos subespecies en la entidad.

Diversidad y distribución

La diversidad de mariposas diurnas en el territorio oaxaqueño se estima entre 1 197 (Luis *et al.* 2004) y 1 270 especies (De la Maza 2015); sin embargo, en esta obra se presenta información de 1 411 *taxa*. Los primeros autores consideran que ocupa el segundo lugar en riqueza de este grupo taxonómico en el país; mientras que De la

¹ El grupo Consuelo se caracteriza por su fauna fósil; se describió a partir de exploraciones geológicas en una localidad cercana a San Juan Mixtepec en el distrito Juchitán (Carrasco-Ramírez 2003). Sedimentos del mismo tipo fueron encontrados en la zona vecina de Tlaxiaco (Salinas 1984).

² Es la separación de un grupo al surgir barreras geográficas o ecológicas, que tiene como consecuencia el surgimiento de nuevas especies.

Maza (2015) lo posiciona como la entidad más diversa en México.

Las selvas tropicales lluviosas del estado se extienden desde Los Chimalapas e Istmo hasta la Sierra Mazateca, formando un gran arco. En ellas habitan cerca de 800 especies, entre las que destacan *Agrias amydon oaxacata* (figura 1), *Callicore astarte casta*, *C. tolima tehuana*, *Morpho theseus oaxacensis*, *M. theseus neoescalantei*, *M. theseus utae*, *Mesosemia gemina* y *Parides panares panares*, todas endémicas a dicho arco. En la vertiente del Pacífico, las selvas húmedas encuentran un reducto en la zona de Candelaria Loxicha y Pluma Hidalgo, donde son notables *taxa* microendémicos como *Memphis wellingi*, *Callicore texa loxicha* y *Chlosyne gaudialis wellingi*.

Las selvas secas, que forman un extenso manto en la costa del Pacífico y se esparcen en forma aislada en las regiones Mixteca, Cañada, Valles Centrales y parte de las cuencas de los ríos Tonto, Cajonos, Tehuantepec y

Lalana, son habitadas por unas 450 especies. En el área del río Tehuantepec existen relictos como *Prestonia clarki*, *Fountainea halice tehuana* y *Doxocopa callianira*, formas de distribución muy restringida.

En los bosques mesófilos de montaña que dominan al barlovento de las sierras Norte y Madre del Sur se conocen unas 80 especies de mariposas; casi todas son de baja densidad poblacional y su distribución es restringida. Son notables por su hábitat reducido *Cyllopsis whiteorum*, *Paramacera chinanteca*, *P. copiosa*, *Epiphile hermosa* y *Castilia chinantlensis*; mientras que *Eurytides calliste*, *Pycina zamba zelys* y *Polygonia g-argenteum* se distinguen por su aspecto y por su escasez.

Los bosques templados de pino y encino son comunes en las montañas por arriba de los 1 700 msnm y albergan alrededor de 175 especies de mariposas diurnas. Estos bosques, que han dominado el Altiplano mexicano desde el Mioceno, son el hábitat de géneros que



Figura 1. *Agrias amydon oaxacata*, especie que se encuentra en el territorio oaxaqueño. Foto: R.G. De la Maza E.

ascendieron con él, como *Phyciodes*, *Anemeca*, *Thessalia*, *Chlosyne*, *Pindis*, *Cylopsis*, *Megisto*, *Paramacera*, *Gyrocheilus*, *Callophrys*, *Catasticta*, *Eucheira*, *Apyrrothrix*, *Zestusa*, *Doberes*, *Aegiale* y *Stinga*, que son prácticamente endémicos de la zona de transición mexicana y están bien representados en la entidad. Entre estos géneros podemos mencionar a la mariposa del tepozán³ (*Anemeca ehrenbergii*), que sólo se encuentra en el Altiplano central y Oaxaca, así como *Thessalia cynisca*, endémica al estado y que es vicariante de *T. leanira*, que habita en California.

En algunas localidades a baja altitud en Istmo y el distrito Mixe existen pinares, encinares y sabanas que constituyen relictos del último periodo glacial, cuando la vegetación templada ocupaba lo que hoy son áreas tropicales. En esos sitios se ha localizado a *Lemonias caliginea*, miembro de la familia neotropical Riodinidae. Se trata de una especie endémica poco abundante, que se alimenta por hormigas en su fase larvaria.

Los matorrales xerófilos se adueñan de gran parte de las regiones Cañada, Mixteca y el valle de Albarradas; presentan además ínsulas de extensión considerable en la costa, la Sierra del Tolistoque, buena parte de Valles Centrales y las cuencas de los ríos Verde y Tehuantepec. Su fauna de mariposas diurnas se acerca a 100 especies y, en ella, son de gran importancia biogeográfica los géneros *Apodemia*, asociado a las Fabáceas (*Prosopis*, *Acacia*, entre otras) y *Agathymus*, cuyas larvas son minadoras de especies de maguey. Actualmente, se estudian ejemplares de las subfamilias Melitaeinae y Riodininae, así como de la familia Hesperiiidae, que pueden representar nuevos *taxa* del matorral xerófilo oaxaqueño.

Importancia

Además del valor intrínseco de todos los elementos biológicos, la fauna de mariposas en la entidad puede ser una fuente de recursos económicos para algunas

comunidades rurales. En Perú, la región de Tingo María fundamenta parte de su economía en la venta de mariposas y en el turismo de coleccionistas, interesados en capturarlas personalmente en esa área selvática. Por otra parte, existe un mercado de observadores de mariposas que podría ser recuperado en Oaxaca si las comunidades garantizan su seguridad y los atienden profesionalmente. Usos tradicionales como el consumo de los gusanos blancos de maguey y otras especies alimenticias podrían ser un impulso a un manejo sostenible de las poblaciones silvestres, o incluso a su cultivo.

Situación y estado de conservación

Comparada con Chiapas, Tabasco o Veracruz, la situación de la fauna de mariposas diurnas Oaxaca es estable todavía. Sin embargo, se tienen problemas que pudieran presionar seriamente a toda la biota, por lo cual deben de monitorearse los procesos de ganaderización en el trópico húmedo y el pastoreo, sobre todo de ovicaprinos, en Valles Centrales, Mixteca y Cañada.

Acciones de conservación y protección

La principal acción de conservación sería la implementación de iniciativas comunitarias para aprovechar las áreas naturales de modo sostenible, algunas de las áreas idóneas para ello son Los Chimalapas, el Istmo, la Chinantla-Sierra Mazateca y Huatulco-Pluma Hidalgo. Para recuperar a los observadores de mariposas se requiere el apoyo (técnico y económico) de las comunidades que mantienen áreas destinadas voluntariamente a la conservación (ADVC) en todo el estado. También es esencial la operación planificada y la promoción de las áreas naturales declaradas por el gobierno estatal y federal, con miras a atraer al sector del turismo ambiental.

³ Tepozán se designa a diversas especies del género *Buddleja* en la familia Scrophulariaceae, árboles y arbustos comunes en los bosques de pino y encino, así como otros tipos de vegetación en zonas altas.

Referencias

- Carrasco-Ramírez, R.S. 2003. Los ammonites del Caloviano de la región Mixteca, Oaxaca, México. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana* 56(1):42-55.
- Collins, M.N. y M.G. Morris. 1985. *Threatened Swallowtail Butterflies of the World, The IUCN Red data book*. UICN, Gland y Cambridge.
- De la Maza, E.R.G. 2015. *Base de datos de lepidópteros de México*. México (inédito).
- Emmel, C.T., M.C. Minno y B.A. Drummond. 1992. *Florissant Butterflies*. Stanford University Press, Estados Unidos.
- Lewis, H.L. 1973. *Butterflies of the World*. Australian Publishing Company/George Harrap & CO. LTD, Londres.
- Luis, M.A., J. Llorente B., A. Warren e I. Vargas F. 2004. *Lepidópteros Papilionoideos y Hesperioideos*. En: *Biodiversidad de Oaxaca*. A.J. García-Mendoza, M.J. Ordoñez y M. Briones-Salas (eds.). Instituto de Biología-UNAM/Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza/WWF, México, pp. 335-355.
- Miller, L.D. 1978. Revision of the Euptychiini (Satyridae). *Bulletin of the Allyn Museum* 50:1-12.
- Riley, N.D. 1975. *A field guide to the butterflies of the West Indies*. Collins, Londres.
- Salinas, P.J.C. 1984. Los límites tectónicos sur y occidental del Terreno Mixteco. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana* 45(1-2):73-86.
- Tyler, H., K.S. Brown y K. Wilson. 1994. *Swallowtail Butterflies of the Americas*. Scientific Publishers Inc., Florida.



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Oruga de polilla (*Acraga* sp.). Foto: Manuel Grosselet/Banco de imágenes CONABIO.

Mariposas nocturnas o palomillas

Zenón Cano Santana, Ariana Romero Mata y Fausto Hernán Martínez Oriol

A Alicia

Descripción

Los insectos del orden Lepidoptera lo representan las mariposas verdaderas (mariposas diurnas) y las palomillas (mariposas nocturnas, polillas o falenas), y se caracterizan porque tienen una metamorfosis completa (pasan por las etapas de huevo, larva, pupa y adulto). En este tipo de metamorfosis las larvas no tienen ningún parecido con los adultos, no están maduras sexualmente, carecen de alas y se dedican a alimentarse y a crecer experimentando varias mudas sucesivas. En tanto que las pupas son prácticamente inactivas, no se alimentan y están cubiertas por un exoesqueleto duro dentro del cual se lleva a cabo un proceso de destrucción y regeneración de tejidos para dar origen, después de una muda final, a los adultos que son alados (en las especies que las tienen) y muy activos (Coronado y Márquez 1982, Z. Cano-Santana observación personal).

La gran mayoría de las palomillas adultas tienen el cuerpo y sus dos pares de alas cubiertos por pequeñísimas escamas de colores variados y un aparato bucal modificado en forma de un tubo que se enrolla y desenrolla para tomar líquidos (llamado espiritrompa; McGavin 2002, Prado *et al.* 2011). Sus larvas (orugas o gusanos) son generalmente cilíndricas con una cabeza bien desarrollada, mandíbulas masticadoras, tres pares de patas articuladas en el tórax y cinco o menos pares de patas falsas abdominales (propatas) provistas con ganchos. Éstas tienen la capacidad de producir seda con la que construyen refugios y galerías, así como sus capullos (Borrór y White 1970, Daly *et al.* 1978). Por su parte, las

pupas tienen la capacidad de mover su abdomen para disuadir a los depredadores y parasitoides (enemigos naturales, cuya parasitosis culmina con la muerte del hospedero; Daly *et al.* 1978).

En general, los rasgos que permiten diferenciar a los adultos de las palomillas de los de las mariposas verdaderas son: a) carecen de un engrosamiento en la punta de sus antenas conocida como maza antenal; b) su cuerpo es más robusto y veloso; c) los colores de sus alas son parduscos, blanquecinos, grisáceos, cafés o negros; d) no pueden doblar sus alas hacia atrás, por lo que en reposo las mantienen extendidas de manera horizontal (figura 1); e) están activas durante la noche y el crepúsculo; y f) sus pupas son lisas y de colores oscuros que se protegen en capullos (Vázquez 1987, Mitchell y Zim 1994, McGavin 2002, Pozo *et al.* 2011, Beutelspacher 2013).

No obstante, existen excepciones a los rasgos señalados, pues algunas palomillas tienen una maza antenal (como los castiínidos), otras son de hábitos diurnos y colores llamativos (p.e. micropterígidos, sesiídidos y uraniídidos; figura 2), algunas no forman capullo (p.e. esfingidos y noctuidos), y otras mantienen sus alas verticales (p.e. algunos esfingidos; Daly *et al.* 1978, McGavin 2002, Prado *et al.* 2011). A veces las alas posteriores de las palomillas (que en reposo se ocultan detrás de las alas anteriores) tienen colores y formas que asemejan ojos de vertebrados, por lo que son mostradas súbitamente para asustar a las aves que se las pretenden comer (Daly *et al.* 1978).

Las orugas de la gran mayoría de las palomillas se alimentan de tejidos vegetales (hojas, flores, frutos, semillas y tallos); mientras que unas pocas pueden alimentarse



Figura 1. Aspecto general de una palomilla. Foto: Rodrigo Isaías León-Villegas.



Figura 2. *Urania fulgens*, una palomilla de colores llamativos que se le encuentra en Los Chimalapas. Foto: Juan Carlos T. Galindo Morales/Banco de imágenes CONABIO.

de hongos, líquenes, detritos o excremento, o bien, son depredadoras o parasitoides. Por su parte, los adultos de la mayoría de las especies toman alimentos líquidos, como néctar, gotas de miel, exudados de fruta o savia fermentada y sales disueltas en agua, aunque algunos pueden tomar polen, y otros más no se alimentan nunca (p.e. saturnidos; Daly *et al.* 1978, De la Maza 1987, Pierce 1995, McGavin 2002, Bautista-Martínez 2006, Beutelspacher 2013). Asimismo, hay palomillas que de adultos se nutren de sangre, sudor y lágrimas de los mamíferos, incluido las del ser humano (Plotkin y Goddard 2013). Es posible que el término polilla tenga su uso común y origen en las orugas de las especies de palomillas que se alimentan y destruyen los objetos hechos con piel, plumas, lana y textiles, así como los alimentos almacenados (Vázquez 1987).

Las orugas de las palomillas tienen diferentes características. Algunas tienen hábitos minadores y barrenadores, pues hacen galerías en hojas, tallos, frutos y semillas, mientras otras producen agallas¹ (Daly *et al.* 1978). Otras tienen pelos o espinas urticantes, por lo que son conocidos como azotadores o chinahuates

(p.e. larvas de Saturniidae, Lasiocampidae o Arctiinae; figura 3), o borreguitos (Megalopyidae; Beutelspacher 2013). Hay algunas que se mueven arqueando y extendiendo su cuerpo en lapsos continuos usando las patas verdaderas y las propatas como anclajes alternativos, conocidos como gusanos medidores (Geometridae; Z. Cano-Santana observación personal). También se encuentran orugas que asemejan serpientes y tienen manchas a manera de ojos (McGavin 2002), llamadas culebras (Hernández-Oriol observación personal). En ocasiones, las orugas de estos lepidópteros se alimentan de plantas de manera gregaria, construyendo refugios con hojas y seda (Daly *et al.* 1978).

Diversidad y distribución

Para este trabajo se realizó una búsqueda de registros de palomillas en el portal *Global Biodiversity Information Facility* (GBIF 2015), en la literatura publicada y registros disponibles en la web.

En el mundo se reconocen 130 mil especies de palomillas (Pozo *et al.* 2011). En clasificaciones antiguas



Figura 3. Azotador o chinahuate de *Automeris* sp., oruga de palomilla que tiene pelos urticantes, Santo Domingo Yanhuitlán, Oaxaca. Foto: Miguel Ángel Sicilia Manzo/Banco de imágenes CONABIO.

¹ Estructuras en forma de tumores en los tejidos de las plantas.

se agrupaban en el suborden Heterocera, pero recientemente se reconoce que estos insectos constituyen un grupo no natural de organismos distribuidos en cuatro subórdenes: Zeugloptera, Aglossata, Heterobathmiina y Glossata, que se agrupan en 40 superfamilias y 122 familias. A este grupo pertenecen 85% de las especies de Lepidoptera; en contraste, las mariposas diurnas (antiguamente referidas como pertenecientes al suborden Rophalocera) se incluyen dentro de dos superfamilias y cinco familias del suborden Glossata (McGavin 2002).

En México se registran 14 362 especies de lepidópteros (CONABIO 2008), de las cuales 29.2% corresponde a las palomillas (4 201), pero se estima que en el país hay 31 mil especies mariposas nocturnas (Prado *et al.* 2011). En Oaxaca se reportan 601 especies y subespecies de palomillas (14.3% del país) agrupadas en 333 géneros y 35 familias, siendo las más ricas Erebidae (Arctiinae y Lymantriinae), Sphingidae, Saturniidae y Geometridae (cuadro 1, apéndice 31). La riqueza de especies por municipio se presenta en la figura 4. Cabe mencionar que al menos 48 de las especies y subespecies presentes en el estado son endémicas para el país (Balcázar-Lara y Beutelspacher 2000a, b, León-Cortés 2000).

En comparación con otras entidades, la riqueza de mariposas nocturnas en Oaxaca se encuentra por debajo de las 667 especies y subespecies registradas en la Ciudad de México (Romero-Mata y Cano-Santana 2016), y muy por encima de los 184 registros de Quintana Roo (Prado *et al.* 2011). No hay estudios sobre la afinidad biogeográfica de los taxones de palomillas encontrados en Oaxaca, pero León-Cortés y colaboradores (2006) discuten que entre los Sphingidae de la entidad hay nueve géneros que presentan distribución exclusivamente neotropical (como *Adhemarius*, *Hemeroplanes* y *Nyceryx*), 15 con distribución neotropical extendida marginalmente hacia la región Neártica (p.e. *Aellopos*, *Enyo* y *Pseudosphinx*) y seis con distribución tanto neártica como neotropical (p.e. *Manduca* y *Sphinx*).

Las palomillas se distribuyen por todo el territorio oaxaqueño, incluyendo las zonas urbanas. En este trabajo se encontraron 120 localidades donde se han colectado este tipo de insectos (apéndice 31). Las regiones con mayor cantidad de registros son Sierra Juárez (28%), Istmo (18.5%) y Los Chimalapas (6.8%; 1 622 registros; cuadro 2, apéndice 31).

Cuadro 1. Riqueza de familias, géneros, especies y subespecies de palomillas.

Familia	Géneros	Especies y subespecies	Especies y subespecies (%)
Erebidae	100	165	27.45
Sphingidae	36	134	22.30
Saturniidae	23	87	14.48
Geometridae	61	73	12.15
Crambidae	28	34	5.66
Noctuidae	21	24	3.99
Tortricidae	11	13	2.16
Nepticulidae	2	7	1.16
Pyralidae	6	7	1.16
Castniidae	4	5	0.83
Depressariidae	2	5	0.83
Megalopygidae	3	4	0.67
Sesiidae	3	4	0.67
Thyrididae	3	4	0.67
Hedylidae	1	3	0.50
Lasiocampidae	3	3	0.50
Notodontidae	3	3	0.50
Prodoxidae	2	3	0.50
Uraniidae	3	3	0.50
Bombycidae	2	2	0.33
Hepialidae	1	2	0.33
Nolidae	1	2	0.33
Psychidae	2	2	0.33
Attevidae	1	1	0.17
Blastobasidae	1	1	0.17
Coleophoridae	1	1	0.17
Cossidae	1	1	0.17
Dalceridae	1	1	0.17
Euteliidae	1	1	0.17
Heliodinidae	1	1	0.17
Limacodidae	1	1	0.17
Oecophoridae	1	1	0.17
Sematuridae	1	1	0.17
Yponomeutidae	1	1	0.17
Zygaenidae	1	1	0.17
Total:	35	333	601
			100.00

Fuente: elaboración propia con datos de GBIF 2015.

Cuadro 2. Áreas con mayor número de registros de palomillas.

Zonas	Registros
Sierra Juárez ^a	454
Istmo ^b	300
Los Chimalapas ^c	111
Portillo del Rayo	97
Candelaria Loxicha	30
Oaxaca (ciudad)	28

^aIncluye registros de las localidades La Esperanza (188), Metates (74), Vista Hermosa (73), Puerto Eligio (71) y La Cumbre (4); ^bincluye registros de las localidades Matías Romero (59), Palomares (60) y Tehuantepec (32); ^cincluye registros de Chalchijapa (10). Fuente: elaboración propia con datos de GBIF 2015.

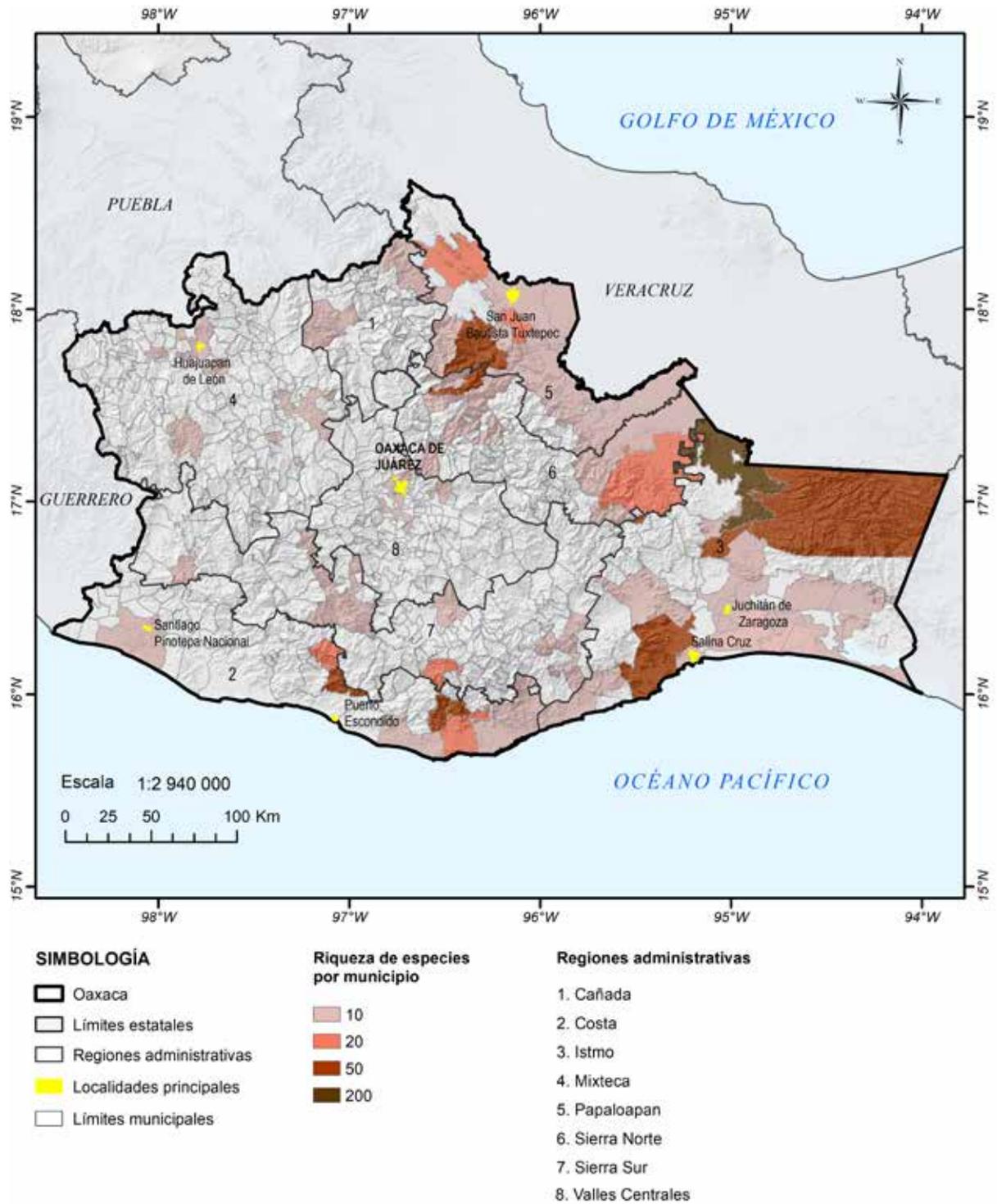


Figura 4. Número de especies de palomillas por municipio. Fuente: elaboración propia.

Importancia

Ecológica

Las palomillas son polinizadoras; indicadoras de la salud del medio ambiente (por su estrecha relación con las plantas); son importantes en cadenas tróficas, debido a que son consumidores primarios (que se alimentan de plantas); y constituyen el alimento de muchos animales invertebrados y vertebrados, tales como insectos parasitoides, arañas, aves, reptiles, murciélagos y otros mamíferos (McGavin 2002, Claro y Perdomo 2005). Se sabe que los izotes (*Yucca* spp.), plantas muy apreciadas en Oaxaca (García-Mendoza 2004), son polinizados por palomillas de la familia Prodoxidae (Pellmyr 2003). Las orugas de los lepidópteros constituyen los insectos herbívoros dominantes en la mayoría de los ecosistemas terrestres y son precisamente los organismos más susceptibles para ser atacados por insectos parasitoides (Daly et al. 1978).

Económica

El grupo se vincula con la producción de seda principalmente, ya que en Oaxaca desde la época prehispánica se aprovecha este material producido por algunas especies de gusanos silvestres (De María y Castelló 1990, Hernández-Baz 2001), incluyendo muy probablemente la que produce el gusano del encino (*Eutachyptera psidii*), que es una especie conocida y ampliamente distribuida en el estado, incluyendo el Istmo, Monteverde, San Miguel, Tamazulapan, Tlatayapam y Yanhuitlán, entre otras localidades (De la Luz 1989, Hernández-Baz 2001).

Asimismo, la entidad fue una región en la cual se cultivó de manera extensiva al gusano de seda (*Bombyx mori*), que fue introducido por los españoles en el siglo xvi y se cultivó con éxito en las moreras silvestres, que los zapotecos denominan yagabeyosaa (*Morus celtidifolia*; De María y Castelló 1990). De hecho, durante la época de la Colonia esta región fue el centro sericícola más importante de Nueva España (De María y Castelló 1990). En la actualidad, la seda se extrae tanto de los gusanos de *B. mori* como de los de algunas especies silvestres entre las cuales se encuentra el gusano del madroño (que es una mariposa diurna; Ramos-Elorduy y Pino 1989) y probablemente el gusano del encino (*Eutachyptera psidii*, De la Luz 1989). La seda de estos gusanos se utiliza en la fabricación de pañuelos, rebozos, bordados y otros textiles (Hernández-Baz 2001, De María y Castelló 1990).

Por otra parte, las orugas de las palomillas dañan plantas de importancia económica, como la caña de azúcar, el maíz y el sorgo (Rodríguez-del-Bosque y Vejar-Cota 2008), y en Oaxaca se encuentra especies que atacan a los cedros (*Hypsiphyla grandella*), a los pinos (*Rhyacionia frustrana*; Cibrián et al. 1995), así como a los agaves mezcaleros (los chinicuiles; Cervantes 2011).

Alimenticia

Las orugas de las palomillas tienen una gran importancia en la cultura culinaria del estado. Éstas han sido consumidas desde la época prehispánica, y actualmente se utilizan varias especies en las regiones Cañada, Mixteca, Sierra Norte, Sierra Sur y Costa, entre las que se incluye el gusano rojo de maguey o chinicuil (*Comadia redtenbacheri*, figura 5) y el gusano de seda (*B. mori*, figura 6; MacGregor-Loaeza 1975, Ramos-Elorduy 1987, Ramos-Elorduy y Pino 2004, De Ávila B. 2015). Los chinicuiles se comen fritos con manteca o asados en su propia grasa, con arroz, envueltos en tortilla, molidos con sal y chile, y también se consumen acompañando al mezcal (Ramos-Elorduy y Pino 1989); de hecho, en las botellas que contienen esta bebida se pone un gusano dentro para darle un sabor particular (Ramos-Elorduy y Pino 2004). Las larvas y pupas del gusano de seda se consumen por los oaxaqueños asadas, con sal y en tacos o como ingrediente del mole (Ramos-Elorduy y Pino 1989).

Por otra parte, a los gusanillos (*Phassus* spp.) se les atribuye propiedades afrodisiacas y se usan para evitar la resequeidad de labios y piel; en Oaxaca se les usa especialmente para tratar la disentería (Ramos-Elorduy y Pino 1988).

Amenazas y conservación

Ninguna de las palomillas en el estado se encuentra en la NOM-059 (SEMARNAT 2010) ni en la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES 2011). No obstante, muchos factores amenazan la diversidad de éstas, entre los que se encuentran: 1) la destrucción de hábitats por cambio de uso del suelo; 2) la extracción y la sobreexplotación de especies; 3) la falta de reglamentación para comercializar especies comestibles; 4) la contaminación por el uso de pesticidas y la iluminación artificial; y 5) la extinción local de plantas (De la Maza 1987, New 1997, Ramos-Elorduy et al. 2006, Romero-Mata y Cano-Santana 2016).



Figura 5. Gusanos rojos de maguey (*Comadia redtenbacheri*) preparados para consumo humano en la ciudad de Oaxaca. Foto: Carlos Galindo Leal/Banco de imágenes CONABIO.



Figura 6. Gusano de seda (*Bombyx mori*) utilizado por los oaxaqueños para la elaboración de rebozos y otros textiles, así como alimento. Foto: Laura Rojas Paredes/Banco de imágenes CONABIO.

En este último punto, se debe considerar que algunas palomillas tienen hospederos específicos, como ocurre con *Tegeticula tehuacana*, cuyas orugas sólo se alimentan de semillas de del izote (*Yucca periculosa*) y del izote mixteco (*Y. mixtecana*; Pellmyr *et al.* 2008), o las de *Urania fulgens* (figura 2), que sólo se alimentan del follaje de la mano del león (*Omphalea oleifera*; Reguera 2008).

Un caso interesante es el de los chinicuiles que perdieron a su hospedero preferido, el agave pulquero (*Agave salmiana*), el cual ya no se cultiva en ciertos municipios del estado para darle prioridad al agave mezcalero (*A. angustifolia*), cuyo cultivo se realiza usando insecticidas que impiden la infestación (Chagoya-Lizama 2008). En el municipio Monjas (distrito Miahuatlán), donde los agaves pulqueros ya no se cultivan, los chinicuiles utilizan al menos otras 13 especies de plantas hospederas, entre las que se encuentran San Pablo (*Wigandia urens*), shonashe (*Croton ciliatoglandulifera*) y pegajosa (*Mentzelia aff. hispida*; Chagoya-Lizama 2008).

Aunque no hay programas encaminados a conservar directamente a las palomillas silvestres, ciertas acciones contribuyen a contrarrestar el efecto de las actividades humanas sobre estos insectos en el estado. En este sentido, ha sido de mucha ayuda el establecimiento de empresas forestales comunitarias para el buen manejo y conservación de los bosques, de áreas comunitarias protegidas y del apoyo del Fondo Mundial para la Naturaleza (wwf) para proteger la biodiversidad estatal (Galindo-Leal 2004). También se ha reducido el uso de pesticidas y se implementan biocontroles para atacar a las poblaciones de palomillas que dañan plantas de importancia económica, como es el caso de la palomilla barrenadora (*Hypsipyla grandella*) que se regula con avispa parasitoides y nemátodos (Cibrián *et al.* 1995). Asimismo, se reporta que los campesinos oaxaqueños no sobrecolectan los gusanos de seda, y extraen sólo una fracción de sus capullos para alimento y elaboración de textiles (Ramos-Elorduy y Pino 1989), en tanto que otras comunidades, como la de Apoala, los crían manteniendo poblaciones viables (De María y Castelló 1990).

Conclusión y recomendaciones

Se recomienda seguir con colectas y trabajo de identificación por todas las zonas del estado. Asimismo, con el fin de buscar soluciones a los problemas económicos

de los grupos campesinos se sugiere estimular, por un lado, el cultivo de agaves pulqueros para la explotación comercial tanto del pulque como de las poblaciones de chinicuiles; y, por otro, tal como proponen De María y Castelló (1990), promover el cultivo de las moreras silvestres para la crianza del gusano de seda en la sierra oaxaqueña con el fin de utilizar la madera de las plantas y la seda de los gusanos para la elaboración de artesanías. Las acciones concretas para proteger a las palomillas y a los insectos en general son (Samways 2007, Romero-Mata y Cano-Santana 2016):

- Crear nuevas reservas naturales en áreas que tengan alta heterogeneidad de paisajes y aumentar el tamaño de las ya existentes.
- Reducir los niveles de disturbio que ocurren en los alrededores de ellas.
- Mantener los rasgos ambientales y la conexión entre reservas (mediante el diseño y protección de corredores).
- Crear hábitats para los insectos fuera de las reservas, fomentando la existencia de parques, jardines, huertos y bosques urbanos, así como el mantenimiento de patios verdes que mantengan macetas y se fomente la siembra y cuidado de árboles y arbustos, siempre privilegiando el uso de plantas nativas.
- Ejecutar acciones de restauración ecológica en las zonas dañadas o destruidas.

Estas consideraciones son particularmente pertinentes para Oaxaca, puesto que sus rasgos topográficos, climáticos, culturales e históricos lo ubican como una de las entidades que albergan una alta proporción de la biodiversidad del país (García-Mendoza *et al.* 2004).

Agradecimientos

Al M. en C. Iván Castellanos-Vargas y a Paulina Corona Tejeda por su apoyo técnico, así como a Daniela A. Troncoso, Alma D. García Alfaro, Surya I. González Jaramillo y Alma Ortega Medina por su gran ayuda en la búsqueda de información para la elaboración de la base de datos. Se agradece a Laura Cárdenas y al Banco de Imágenes de CONABIO que facilitaron las fotos que ilustran este trabajo. El primer autor dedica este trabajo a su hermana Lila "Alicia", agradecido por todo, lo que incluye su inspirador amor a la naturaleza y a la vida.

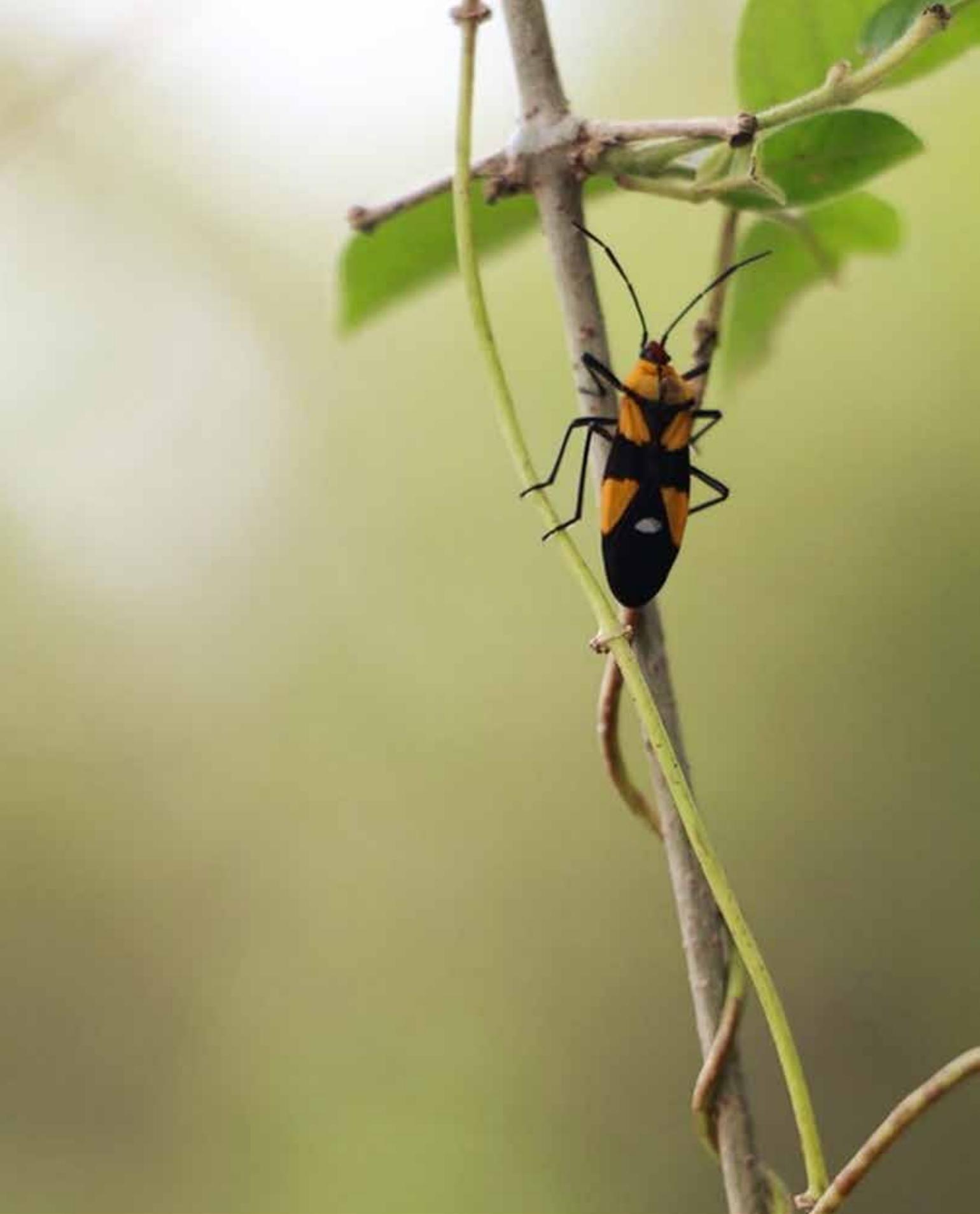
Referencias

- Balcázar-Lara, M.A. 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. Facultad de Ciencias-UNAM, México, pp. 501-513.
- . 2000b. Arctiidae: Lithosiinae, 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. Facultad de Ciencias-UNAM, México, pp. 515-525.
- Bautista-Martínez, N. 2006. *Insectos plaga. Una guía ilustrada para su identificación*. Advanced Seed Treatment Technology/Bayer CropScience/Colegio de Posgraduados, Texcoco.
- Beutelspacher, C. 2013. *Las mariposas nocturnas del Valle de México*. Instituto de Biología-UNAM, México.
- Borror, D.J. y R.E. White. 1970. *A field guide to the insects of America North of Mexico*. Houghton Mifflin Co., Boston.
- Cervantes, J.F. 2011. *Guía de los ácaros e insectos herbívoros de México*, Vol. I. Unidad Xochimilco-UAM, México.
- Chagoya-Lizama, V. 2008. *Desempeño del gusano rojo de maguey Comadia redtenbacheri Hamm. (Lepidoptera: Cossidae) en diferentes hospederos*. Tesis de maestría en ciencias biológicas (Ambiental). Facultad de Ciencias-UNAM, México.
- Claro, R.A. y F. Perdomo. 2005. *Manual cría de mariposas. Una actividad rentable*. San Pablo, Colombia.
- Cibrián, D., J.T. Méndez, R. Campos et al. 1995. *Insectos forestales de México*. Universidad Autónoma Chapingo, 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: 29 de julio de 2015.
- CONABIO. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2008. *Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad*. CONABIO, México.
- Coronado, R. y A. Márquez. 1982. *Introducción a la entomología. Morfología y taxonomía de insectos*. Limusa, México.
- Daly, V.H., J.T. Doyen y P.R. Ehrlich. 1978. *Introduction to insect biology and diversity*. McGraw-Hill, Tokio.
- De Ávila B., A. 2015. Director del Jardín Etnobotánico de Oaxaca. Comunicación personal, mayo.
- De la Luz, J. 1989. *Tratado de sericultura para la República Mexicana*. UNAM, México.
- De la Maza, R. 1987. *Mariposas mexicanas*. FCE, México.
- De María, T. y T. Castelló. 1990. *Historia y arte de la seda en México*. Fomento Cultural Banamex, México.
- Galindo-Leal, C. 2004. La Guelaguetza de la biodiversidad. En: *Biodiversidad de Oaxaca*. A.J. García-Mendoza, M.J. Ordoñez y M. Briones-Salas (eds.). Instituto de Biología-UNAM/Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza/wwf, México, pp. 15-16.
- García-Mendoza, A.J. 2004. Agaváceas. En: *Biodiversidad de Oaxaca*. A.J. García-Mendoza, M.J. Ordoñez y M. Briones-Salas (eds.). Instituto de Biología-UNAM/Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza/wwf, México, 159-169.
- García-Mendoza, A.J., M.J. Ordoñez y M. Briones-Salas (eds.). 2004. *Biodiversidad de Oaxaca*. Instituto de Biología-UNAM/Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza/wwf, México.
- GBIF. Global Biodiversity Information Facility. 2015. En: <<http://www.gbif.org/>>, última consulta: 20 de enero de 2015.
- Hernández-Baz, F. 2001. La seda nativa: un recurso potencial para el estado de Veracruz, México. *Foresta Veracruzana* 3:53-56.
- León-Cortés, J.L. 2000. Sphingoidea (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. Facultad de Ciencias-UNAM, México, pp. 483-500.
- León-Cortés, J.L., I.J. Kitching y A. Molina-Martínez. 2006. Distributional patterns of the family Sphingidae (Lepidoptera). En: *Componentes bióticos principales de la entomofauna mexicana*. Vol. II. J.J. Morrone y J. Llorente-Bousquets (eds.). Las prensas de Ciencias/UNAM, México, pp. 629-648.
- MacGregor-Loeza, R. 1975. Los insectos y las antiguas culturas mexicanas un ensayo entomológico. *Revista de la Universidad de México* 7: 8-13.
- McGavin, G.C. 2002. *Entomología esencial*. Ariel, Barcelona.
- Mitchell, R.T. y H.S. Zim. 1994. *Mariposas y palomillas*. Trillas, México.
- New, T.R. 1997. *Butterfly conservation*. Oxford University Press, Melbourne.
- Pellmyr, O. 2003. Yuccas, yucca moths, and coevolution: a review. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 90:35-55.
- Pellmyr, O., M. Balcázar-Lara, K.A. Segraves et al. 2008. Phylogeny of the pollinating yucca moths, with revision of Mexican species (*Tegeticula* and *Parategeticula*; Lepidoptera, Prodoxidae). *Zoological Journal of the Linnean Society* 152:297-314.
- Pierce, N.E. 1995. Predatory and parasitic Lepidoptera: carnivores living on plants. *Journal of the Lepidopterist's Society* 49:412-453.
- Plotkin, D. y J. Goddard. 2013. Blood, sweat, and tears: a review of the hematophagous, sudophagous, and lachryphagous Lepidoptera. *Journal of Vector Ecology* 38:289-294.
- Pozo, C., N. Salas y A. Maya. 2011. Mariposas. En: *Riqueza biológica de Quintana Roo: un análisis para su conservación*. Tomo 2. C. Pozo (ed.). CONABIO/ECOSUR/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*. Tomo 2. C. Pozo (ed.). CONABIO/ECOSUR/Gobierno del Estado de Quintana Roo/PPD, México, pp. 192-196.
- Ramos-Elorduy, J. 1987. *Los insectos como fuente de proteínas en el futuro*. Limusa, México.
- Ramos-Elorduy, J. y J.M. Pino. 1988. The utilization of insects in the empirical medicine of ancient Mexicans. *Journal of Ethnobiology* 8:195-202.
- . 1989. *Los insectos comestibles en el México antiguo: estudio etnoentomológico*. AGT, México.
- . 2004. Persistencia del consumo de insectos. En: *Biodiversidad de Oaxaca*. A.J. García-Mendoza, M.J. Ordoñez y M. Briones-Salas (eds.). Instituto de Biología-UNAM/Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza/wwf, México, pp. 565-573.
- Ramos-Elorduy, J., J.M. Pino y M. Conconi. 2006. Ausencia de una reglamentación y normalización de la explotación y comercialización de insectos comestibles en México. *Folia Entomológica Mexicana* 45:291-318.
- Reguera, J.J. 2008. *Estudio fitoquímico y de actividad biológica de Omphalea oleifera (Hems) (Euphorbiaceae) frente a Spodoptera frugiperda (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae)*. Tesis de licenciatura en biología. UNAM, México.
- Rodríguez-del-Bosque, L.A. y G. Véjar-Cota. 2008. Barrenadores de tallo (Lepidoptera: Crambidae) del maíz y caña de azúcar. En: *Casos de control biológico en México*. H.C. Arredondo-Bernal y L.A. Rodríguez (eds.). Mundi-Prensa/Colegio de Postgraduados/INIFAP, México, pp. 9-22.
- 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.
- Samways, M.J. 2007. Insect conservation: a synthetic management approach. *Annual Review of Entomology* 52:465-487.
- 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. Última reforma publicada el 14 de noviembre de 2019.
- Vázquez, L. 1987. *Zoología del Phylum Arthropoda*. Interamericana, México.



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Chinche del algodoncillo (*Oncopeltus* sp.). Foto: Benigno Gómez Gómez/Banco de imágenes CONABIO.

Chinches (Lygaeoidea)

Luis Cervantes Peredo,[†] Harry Brailovsky Alperowitz y Jezabel Báez Santacruz

Descripción

La superfamilia Lygaeoidea es uno de los grupos más diversos del orden Heteroptera (chinches) de la clase Insecta. Los miembros de este grupo se caracterizan por presentar ocelos (ojos rudimentarios); antenas y rostro con cuatro artejos (segmentos articulados); membrana del ala con cuatro o cinco venas y, como el resto de las chinches, un par de alas llamados hemiélitros (alas a la mitad), donde la porción basal se encuentra esclerotizada (endurecida) y el resto es membranoso (Schuh y Slater 1995). Su tamaño oscila entre los 1.2 a 12 mm de largo, aunque la mayoría de las especies son pequeñas y de color pardo oscuro o negro, algunas incluyen formas de color rojo y amarillo brillante sobre un fondo negro (Borror *et al.* 1989).

Los hábitos alimenticios de las chinches pueden ser herbívoros, donde comen semillas (Schuh y Slater 1995), savia de árboles, arbustos y hierbas; las entomófagas se alimentan de insectos como la familia Geocorinae (Sweet 2000b); y un grupo muy reducido son hematófagas, es decir, se alimenta de la sangre de vertebrados (Slater 1977, Schuh y Slater 1995, Vidal e Ibañez 2000). Las ninfas usualmente viven en el mismo hábitat que los adultos y se alimentan del mismo recurso trófico (Ullrich 2001, Schowalter 2012).

Se puede considerar a algunos lygaeoideos como especialistas de ciertos grupos de plantas, pero usualmente no están asociados a una sola especie, sino a varias

plantas emparentadas. En general, los Cymidae y Pachygronthidae se asocian con pastos y ciperáceas (Slater 1955); los Blissidae con pastos y bambúes (Slater y Wilcox 1969); los Lygaeinae con asclepiadáceas (familia del algondoncillo), asteráceas (familia del girasol) y convolvuláceas (familia del quiebraplato; Elizalde 2006); varios géneros de Antillocorini, Myodochini y Ozophorini con moráceas (familia de la morera), especialmente del género *Ficus* (al que pertenecen las higueras; Slater 1995, Cervantes 2005a) y los miembros de Orsillinae se alimentan frecuentemente de asteráceas. Cabe señalar que algunos grupos de chinches secuestran compuestos químicos secundarios¹ de sus hospederas y los utilizan para su defensa, por lo que algunas formas adquieren coloraciones llamativas para advertir a sus depredadores.

El ciclo de vida varía de una especie a otra; sin embargo, todas pasan por la etapa de huevo y cinco estadios ninfales antes de alcanzar el estado adulto (Borror *et al.* 1989). Las hembras suelen ovipositar en el suelo, entre la hojarasca, o sobre sus plantas hospederas, poniendo huevos solitarios o en pequeñas masas. Muchas especies presentan estructuras estridulatorias, que son modificaciones de patas, alas o de la superficie del cuerpo que utilizan para producir sonidos (Cervantes *et al.* 2004). Varias especies tienen los fémures y tibias de las patas delanteras engrosadas o con espinas, los cuales les sirven para manipular las semillas con las que se alimentan (Cervantes 2005b). Existen varios grados en el desarrollo alar, por ello las especies que viven en hábitats más permanentes,

¹ Sustancias producidas por las plantas que no son esenciales para su sobrevivencia.

o en cuevas suelen tener alas reducidas (braquípteras); mientras que, las que viven en ambientes poco estables y muy variables suelen tener alas bien desarrolladas (macropteras) y son buenas voladoras (Schuh y Slater 1995).

Diversidad de familias

Aunque varios autores han descrito por separado especies de Lygaeoidea para México, la información sobre esta subfamilia se ha concentrado en pocos trabajos. Stål (1862) realizó uno de los primeros estudios de la fauna heteróptera mexicana; mientras que, Distant (1880-1893) ilustró y describió numerosas especies en la *Biologia Centrali Americana*. Algunas revisiones posteriores que incluyen material mexicano, las realizaron Slater (1955) para los Pachygronthinae; Ashlock (1967) para Orsillinae; Hamid (1975) para los Cymidae; Harrington (1980) para los géneros de Myodochini; O'Donnell (1986, 2001) para los géneros y algunas especies de Lethaeini; Slater (1992) para los Lygaeinae; y Henry (1997a, b, c) para los Berytidae. Slater y Brailovsky (2000) publicaron un listado de las especies mexicanas de Lygaeidae, especificando los estados donde se encontraron.

Los estudios más recientes sobre los Lygaeidae de México incluyen el listado de especies para la Estación de Biología de Chamela, Jalisco (Cervantes y Brailovsky 2004); los Lygaeidae asociados a *Ficus* spp. para la Reserva de la Biosfera El Cielo, en Tamaulipas (Cervantes 2005a) y varios trabajos adicionales sobre algunos grupos de Lygaeoideos asociados a *Ficus*. Elizalde (2006) realizó el estudio sobre los Lygaeinae de Oaxaca en donde registró 46 especies, en comparación con las 33 especies previamente documentadas por Slater y Brailovsky (2000) para esta misma entidad. Posteriormente, Cervantes y Brailovsky (2011) hicieron una recopilación de los Lygaeoidea en Veracruz y documentaron 134 especies.

Cabe señalar que varias de las subfamilias incluidas en Lygaeidae por Slater (1964) y Slater y O'Donnell (1995), actualmente se reconocen en la categoría de familia (*sensu*; Henry 1997a), por lo que en este trabajo se sigue esta última clasificación. En este sentido, en el presente estudio se incluye un listado de 133 especies y subespecies de la superfamilia Lygaeoidea para la entidad (apéndice 32). Asimismo, se incluyen los municipios en donde se encontraron, una breve descripción

de cada una de las familias, subfamilias y tribus registradas, así como notas acerca de su biología. A continuación, se presenta la descripción y algunos ejemplos de las principales familias de Lygaeoidea para Oaxaca.

Familia Berytidae

Se conocen comúnmente como chinches zancudas, miden de 2.5 a 11 mm. La mayoría tienen el cuerpo y los apéndices alargados y delgados. Son de color amarillo opaco o pardo rojizo y algunas especies están ornamentadas con espinas u otras protuberancias. La cabeza es subsférica, las patas delgadas y frecuentemente con los extremos de los fémures ensanchados; con los espiráculos abdominales (orificios respiratorios de los insectos) en posición dorsal (Henry 1997b, c, Henry y Froeschner 1998). La mayoría son fitófagas y viven sobre las plantas, aunque algunas llevan a cabo su ciclo sobre el suelo; pero muchas se asocian con plantas que tienen recubrimientos pilosos (pelos) relacionados a glándulas pegajosas. Algunas son depredadoras de manera secundaria y no completan su ciclo de vida si no se alimentan de otros insectos (figura 1).

Familia Blissidae

Son individuos alargados y delgados, con la superficie del cuerpo variable, brillante o casi completamente opaca; alas con pocas puntuaciones o sin ellas. Todos sus miembros se relacionan con monocotiledóneas y muchos de ellos son especies que habitan en pastos (Slater y Wilcox 1969), succionan la savia de tallos y hojas, asociándose con frecuencia a bambúes. Poseen cuerpos largos, delgados y aplanados dorso-ventralmente, debido a que están adaptados para vivir entre las brácteas de esas plantas. *Praetorblissus mexicanus* es endémica de un área restringida de Oaxaca y se alimenta del bambú *Chusquea repens* (figura 2).

Familia Cymidae

Los miembros de esta familia son pequeños, de color pardo claro a amarillo y con numerosas puntuaciones. Su cuerpo es frecuentemente elíptico; las especies de la tribu Cymini son muy parecidas a las semillas de pastos de las cuales se alimentan (Hamid 1975).



Figura 1. Chinche *Jalysus reductus* (Berytidae). Foto: Luis Cervantes Peredo.



Figura 2. Chinche (*Praetorblissus mexicanus*) endémica de Oaxaca. Foto: Luis Cervantes Peredo.

Familia Geocoridae (subfamilia Geocorinae)

Se reconocen por sus ojos protuberantes y arriñonados, el cuerpo es robusto y ovoide (Schuh y Slater 1995). La mayoría de los geocorinos viven sobre el suelo, se encuentran en hábitats secos y en las primeras etapas sucesionales de la vegetación. En conjunto son especies depredadoras de otros insectos, aunque algunas se alimentan de material vegetal. Ciertas especies de este grupo se utilizan para el control biológico.

Familia Lygaeidae

Subfamilia Ischnorhynchinae. Son pequeños, de color pardo o pardo rojizo o amarillentas, ovoides y algunas veces brillosas (Brailovsky 1976). Se encuentran asociadas a las cabezuelas de varias especies de plantas y se alimentan de sus semillas. El género *Kleidocerys* (figura 3) se colectó en áreas de bosque mesófilo alimentándose de semillas de aile (*Alnus* sp.), y en Santo Tomás Tamazulapan (distrito Miahuatlán) se colectó asociada a *Penstemon* sp. (Plantaginaceae; Cervantes y Briceño 2010). Estas chinches poseen un aparato estridulatorio, produciendo un sonido al frotar sus alas anteriores y posteriores.

Subfamilia Lygaeinae. Sus miembros se reconocen fácilmente ya que son los lygaeidos más grandes y con una combinación de colores rojizos, anaranjados, amarillos y negros; la membrana del ala anterior tiene una celda bien definida (Brailovsky 1975b, 1977a-d, 1978a, 1979a-c, 1980, 1982, 1983, Slater 1992). La mayoría viven sobre la vegetación, alimentándose de la savia de las plantas, o bien de las semillas. Las primeras se encuentran asociadas con asclepiadáceas (figura 4) y las segundas se pueden encontrar sobre asteráceas. Ambos grupos secuestran compuestos secundarios de sus hospederas y presentan coloraciones llamativas que advierten su toxicidad a los depredadores. Algunas otras especies se relacionan con bromeliáceas (Elizalde 2006, Brailovsky y Cervantes 2008).

Subfamilia Orsillinae. Son relativamente pequeños, opacos y de color pardo grisáceo; el hemélitro carece de puntuaciones en su mayor parte (Ashlock 1967). Las especies del género *Nysius* son generalmente polífagas (es decir que se alimentan de varios grupos de plantas), aunque prefieren a las asteráceas.

Familia Ninidae

Los miembros de esta familia son pequeños, de color pardo claro a amarillo y con numerosas puntuaciones; su cuerpo es frecuentemente elíptico (Brailovsky 1975a).

Familia Oxycarenidae

Son pequeños, usualmente bastante aplanados con la cabeza alargada y los márgenes del primer segmento del tórax (pronoto) redondeados; mientras que varias especies se asemejan a hormigas (mirmeformes). Las especies mirmeformes viven sobre el suelo, aunque la mayoría se encuentra sobre árboles, arbustos o hierbas y en plantas epífitas (Brailovsky y Barrera 1979).

Familia Pachygronthidae

Presentan un cuerpo alargado y delgado, de color amarillo o pardo claro, con antenas muy largas. Los miembros de la tribu Teracriini son más cortos y robustos. El cuerpo está fuertemente punteado y los fémures anteriores son gruesos y armados con espinas (Slater 1955). Las ninfas pueden tener líneas longitudinales rojas en el abdomen, lo cual parece incrementar su semejanza con las semillas de las cuales se alimentan. La mayoría se encuentran con las ciperáceas y sus cuerpos semejan las estructuras reproductivas de sus hospederas. *Phlegyas annulicrus* está ampliamente distribuida y siempre asociada a ambientes perturbados cubiertos de pastos (Cervantes *et al.* 2014).

Familia Piesmatidae (subfamilia Piesmatinae)

La superficie de su cuerpo es reticulada, es decir, con marcas en forma de red; las placas mandibulares son alargadas y los tarsos (quinto segmento de las patas) presentan dos artejos (Brailovsky 1984). Existen varios registros del género *Piesma* relacionados con especies de *Chenopodium* (Chenopodiaceae).

Familia Rhyparochromidae

Es la familia más diversa y compleja dentro de los Lygaeoidea. La mayoría de las especies tienen coloraciones crípticas, en combinaciones de pardo, negro y blanco.



Figura 3. Chinche *Kleidocerys punctatus* (Ischnorhynchinae) asociada a *Alnus* sp. Foto. Luis Cervantes Peredo.



Figura 4. Chinche *Lygaeus kalmii* (Lygaeinae) sobre los frutos de una asclepiadácea. Foto: Luis Cervantes Peredo.

Algunas formas son mirmecófilas, es decir, se encuentran asociadas con hormigas. Usualmente, los fémures anteriores están ensanchados y presentan espinas (Cervantes y Brailovsky 2004). Se caracterizan por habitar en el suelo bajo las plantas, alimentándose de sus semillas. Las tribus de esta familia constituyen uno de los grupos de Lygaeoideos más diversos en el país (cuadro 1).

Diversidad y distribución

La diversidad para este grupo en el mundo se estima alrededor de 5 300 especies. De acuerdo con el trabajo de Slater y Brailovsky (2000), para México sólo se registraban 284 de Lygaeidae, pero debido a los cambios en la clasificación propuesta por Henry (1997a), así como

Cuadro 1. Tribus registradas en la familia Rhyparochromidae.

Tribu	Descripción
Antillocorini	• Son especies con un tamaño aproximado de 2 mm; varias se alimentan de las semillas de <i>Ficus</i> spp. (Pacheco 2002); una revisión en proceso del género <i>Botocudo</i> indica que existen varias especies nuevas de este grupo en México
Drymini	• Son de tamaño pequeño a mediano, miden entre 7-9 mm de longitud y se caracterizan por correr rápidamente sobre el suelo
Lethaeini	• De tamaño pequeño a relativamente grande, miden entre 3 y 7 mm; la superficie del cuerpo es brillante; se caracterizan por la presencia de áreas iridiscentes en la base de la cabeza • Las especies mexicanas viven sobre el suelo y son muy buenas corredoras; algunas han sido observadas alimentándose ocasionalmente de semillas de <i>Ficus</i> spp. (O'Donnell 1986, 2001, Cervantes y Gámez 2006, Cervantes y Brailovsky 2008)
Myodochini	• Probablemente la más abundante y diversa en México; su forma y tamaño del cuerpo son variables, pudiendo ser pequeñas y robustas, hasta alargadas y delgadas; algunas están asociadas a hormigas (Harrington 1980, Brailovsky 1981, 1989, Cervantes 2005b, Cervantes y Gámez 2005, Cervantes y Pacheco 2003, 2006) • En la entidad ocupan las áreas con vegetación tropical, y muchas de sus especies se alimentan de las semillas de euforbiáceas (familia de la flor de nochebuena), moráceas, gramíneas y asteráceas; tienen las patas delanteras bien desarrolladas para manipular las semillas de las cuales se alimentan (figura 5)
Ozophorini	• Son especies de tamaño mediano, miden entre 5-7 mm; de color pardo, amarillo o negro, frecuentemente tienen un anillo blanco en el artejo antenal IV; la mayoría viven sobre el suelo, sin embargo, varias especies del género <i>Ozophora</i> se consideran arbóreas, alimentándose de las semillas de <i>Ficus</i> spp. Algunas especies son atraídas por la luz, suelen ser abundantes y con un comportamiento gregario (Cervantes et al. 2004, Cervantes y Briceño 2009)
Udeocorini	• Esta tribu se caracteriza por tener los espiráculos dorsales en los segmentos II a IV; la forma del cuerpo puede variar de alargada y delgada a ancha o elíptica; está escasamente representada en México (Brailovsky 1978b)

Fuente: elaboración propia.



Figura 5. Chinche *Cholula maculata* (Myodochini) se alimenta de higueras silvestres. Foto: Luis Cervantes Peredo.

los nuevos registros y especies encontradas recientemente, el número de Lygaeoidea se incrementó en 12% (cuadro 2).

Con base en lo anterior, se tiene el registro de 318 especies de la superfamilia Lygaeoidea para México. Las entidades federativas con mayor diversidad son Oaxaca (133) y Veracruz (134); le siguen Guerrero (89), Chiapas (84) y Jalisco (83). Los estados con menor número de especies registradas son Aguascalientes (6) y Tlaxcala (2). Estos datos ofrecen una imagen general de la distribución del grupo, indicando las entidades mejor muestreadas; mientras que, aquéllos que requieren de mayor atención son Chihuahua, Coahuila, Tlaxcala, Querétaro y Quintana Roo. Para Oaxaca se tienen registros de especies en diferentes municipios (figura 6); la región Sierra Sur es la que presenta zonas con mayor riqueza específica.

Con estos reportes a nivel mundial y nacional es probable que existan numerosas especies más por identificar y por describir en el país. Aun cuando Oaxaca y Veracruz son dos de los estados mejor estudiados, se requieren hacer revisiones profundas de varios grupos, como Orsillinae y Geocorinae; y dentro de Rhyparochromidae las tribus Antillocorini, Ozophorini y Myodochini, las cuales pueden encontrarse en distintos hábitats. Se reconoce sólo a una especie de Blissidae como endémica al estado; sin embargo, existen varios grupos que necesitan revisión y es probable que existan varias cuya distribución se restringe a la entidad.

Importancia

El orden Heteroptera se reconoce como uno de los más diversos en los bosques, por lo cual se le considera como un grupo ecológico importante y frecuentemente se asocia a diferentes estratos de la vegetación (árboles, arbustos y herbáceas; Moir y Brennan 2007). Las especies de Lygaeoidea son relevantes en los ecosistemas por su función como fitófagos, alimentándose de diferentes estructuras de las plantas como tallos, hojas, semillas, frutos y brotes tiernos (Wolda 1988, Brailovsky *et al.* 1995, Cervantes *et al.* 2004, Cervantes y Gámez 2006, Pereira *et al.* 2011, Schowalter 2012). La mayoría limitan la germinación de las semillas de las plantas hospederas e inciden en la regeneración de la vegetación.

La importancia económica de la superfamilia Lygaeoidea se concentra en especies de las familias Blissidae, Geocoridae, Lygaeidae, Oxycarenidae

y Rhyparochromidae (Sweet 2000a, Schaefer y Panizzi 2000). Algunas especies de la familia Geocoridae se utilizan en programas de control biológico (Schaefer y Panizzi 2000); por el contrario, las familias Blissidae y Pachygrontidae se les considera como plagas de pastos. Blissidae sobresale como la familia económicamente más importante de Lygaeoidea, debido a que las especies están especializadas para alimentarse de una gran diversidad de monocotiledóneas (este grupo de plantas incluye el platanillo, las azucenas, los lirios y los pastos; Slater 1976).

En Oaxaca se registran los blissinos *Ischnodemus sallei* en el platanillo (*Thalia geniculata*) y en el pasto *Hymenachne amplexicaulis*; *Toonglassa tumorosis* en el bambú *Chusquea longifolia*; y *T. munda* también en los bambúes *C. longifolia* y *Guadua aculeata* (Slater y Brailovsky 1983).

Amenazas y conservación

Durante los estados de desarrollo de los lygaeoideos, las ninfas y los adultos habitan en el mismo sitio, por lo que pueden reflejar posibles cambios en las condiciones ambientales; por ejemplo, cuando su hábitat sufre de una pérdida de especies vegetales, la riqueza de lygaeoideos disminuye. Esto se debe a que éstas se encuentran estrechamente asociadas a la vegetación, porque en ella encuentran recursos como alimento, zonas de refugio, de hibernación, de reproducción y de oviposición. De acuerdo con un estudio realizado por Báez (2013) en un bosque tropical seco alterado en Michoacán, la diversidad de chinches disminuyó, porque su hábitat se modificó con la pérdida de vegetación, y ya no existen las condiciones ni alimento disponible para su sobrevivencia.

El establecimiento de cultivos agrícolas, zonas ganaderas y otras actividades antropogénicas provoca que los ecosistemas cambien sus condiciones naturales (cantidad de plantas, temperatura, humedad, entre otros), siendo las chinches afectadas de manera negativa a la perturbación ambiental. La riqueza de lygaeoideos depende de la conservación de la vegetación, por lo cual, la diversidad de chinches puede disminuir, si no se cuenta con suficientes recursos (alimento, refugio, reproducción) y condiciones ambientales (temperatura, humedad, pH) para que sobrevivan.

Para demostrar lo antes mencionado, es necesaria la elaboración de inventarios taxonómicos (listados de las

Cuadro 2. Grupos de la superfamilia Lygaeoidea registrados para cada entidad federativa.

Grupo	AGS	BC	BCS	CAMP	CHIH	CHIS	CDMX	COAH	COL	DGO	GRO	GTO	HGO	JAL	EDOMEX	MICH
Berytidae		2	6	2	4	6	1	2	1	9	5		6	6	2	6
Blissidae			1	3	1	6	1		4		7			5	1	5
Cymidae					1	3	1	1			1		2	2	1	1
Geocoridae			2			2	1				5	1	3	3		2
Bledionotinae											1			1		1
Geocorinae			2			2	1				4	1	3	2		1
Lygaeidae	3	7	17	3	9	29	18	7	8	15	28	8	14	24	18	21
Ischnorhynchinae							1				2					1
Lygaeinae	3	7	17	3	8	27	14	7	8	15	26	8	14	23	16	20
Orsillinae					1	2	3							1	2	
Ninidae						2								3		
Oxycarenidae	1						1			4	2		4	1	4	1
Pachygronthidae	1		2		1	4	1	1	1	1	3	1	1	3	1	2
Piesmatidae											1		1	1	1	
Piesmatinae											1		1	1	1	
Rhyparochromidae	1	8	8	11	5	32	3	2	7	16	37	4	16	35	22	12
Antilocorini						1						1				
Cleradini																
Drymini		1	1				2			4	1	2	3		5	
Gonianotini		1			1	1				1	2		1	2	1	2
Lethaeini		1		6		7	1				7		2	11	2	1
Myodochini		3	4	5	3	15		2	3	10	23		9	14	13	7
Ozophorini	1	2	2		1	8			3	1	3	1	1	6	1	2
Rhyparochromini																
Udeocorini			1						1		1			2		
Total especies	6	17	36	19	21	84	27	13	21	45	89	14	47	83	50	50

Fuente: elaboración propia con datos de los ejemplares depositados en la Colección Nacional de Insectos del Instituto de Biología-UNAM y la Colección Entomológica del Instituto de Ecología A.C.

especies encontradas en el área) y estudios que permitan conocer la pérdida del hábitat en la región, lo que permitirá tomar las medidas de conservación para este grupo de insectos.

Conclusión y recomendaciones

Si bien Oaxaca y Veracruz son los estados con mayor diversidad conocida de Lygaeoidea de México, existen innumerables especies nuevas por describir, antes de

que sus hábitats sean destruidos; como lo demuestran los estudios más detallados de la fauna oaxaqueña de invertebrados terrestres. En el apéndice 32 se enlistaron los lygaeoideos registrados en el territorio oaxaqueño, incluyendo los municipios donde se documenta su presencia (figura 6). La mayor parte es de origen neotropical, y los grupos de origen neártico están escasamente representados o ausentes, como es el caso de Drymini y Gonianotini.

Cuadro 2. Continuación.

Grupo	MOR	NAY	NL	OAX	PUE	QRO	QROO	SLP	SIN	SON	TAB	TAMPS	TLAX	VER	YUC	ZAC
Berytidae	4	5	4	10	8	1		2		3		4		7	2	
Blissidae	1	5		10	5	1	1	3		1	4	1		10	1	
Cymidae	1	2	2	2				2						5		
Geocoridae	4	2		5	1			4		2	1			1		1
Bledionotinae		1		1												
Geocorinae	4	1		4	1			4		2	1			1		1
Lygaeidae	29	16	20	49	23	4	9	26	11	14	9	12	1	40	9	8
Ischnorhynchinae	1			3										1		
Lygaeinae	26	15	17	43	21	4	9	23	11	13	9	12	1	34	9	8
Orsillinae	2	1	3	3	2			3		1				5		
Ninidae				2	1			1			1			2		
Oxycarenidae	4		2	4	2			3				2				1
Pachygronthidae	1	3	1	2	1	1		3		1	2	1	1	6	1	1
Piesmatidae			1	1	1	1		1	1					1		
Piesmatinae			1	1	1	1		1	1					1		
Rhyparochromidae	20	11	9	48	23	6	9	21	16	13	13	28	1	62	10	4
Antillocorini				4								1		3		
Cleradini									1					1		
Drymini			3	1	6			2						2		1
Gonianotini	1			5	1			1								1
Lethaeini	4	1		6	6	2	3	5	1		1	5	1	11	2	
Myodochini	13	9	4	23	12	2	3	10	10	10	9	14		31	7	1
Ozophorini	1	1	2	7	4	2	3	2	2	2	3	8		13	1	1
Rhyparochromini									1							
Udeocorini	1			2				1	1	1				1		
Total especies	64	44	39	133	71	14	19	66	28	34	30	48	3	134	23	15

El presente análisis sólo se basó en los ejemplares determinados taxonómicamente con información de la Colección Nacional de Insectos del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México, la Colección Entomológica del Instituto de Ecología A.C., y en los datos publicados a la fecha. Cabe resaltar que existen en esas colecciones más de 250 mil ejemplares de Lygaeoidea de todo el país, que aún no han sido identificados. Por ello, los datos aquí presentados de distribución, al

igual que el número de especies, distan de ser completos. La incertidumbre aumenta al considerar que algunos de los grupos más diversos (Antillocorini, Ozophorini, Myodochini) han sido los menos estudiados. Lo anterior hace evidente la necesidad de continuar realizando estudios del orden Heteroptera en Oaxaca, para caracterizar sus patrones de diversidad y relacionarlos con los otros grupos taxonómicos en el estado.

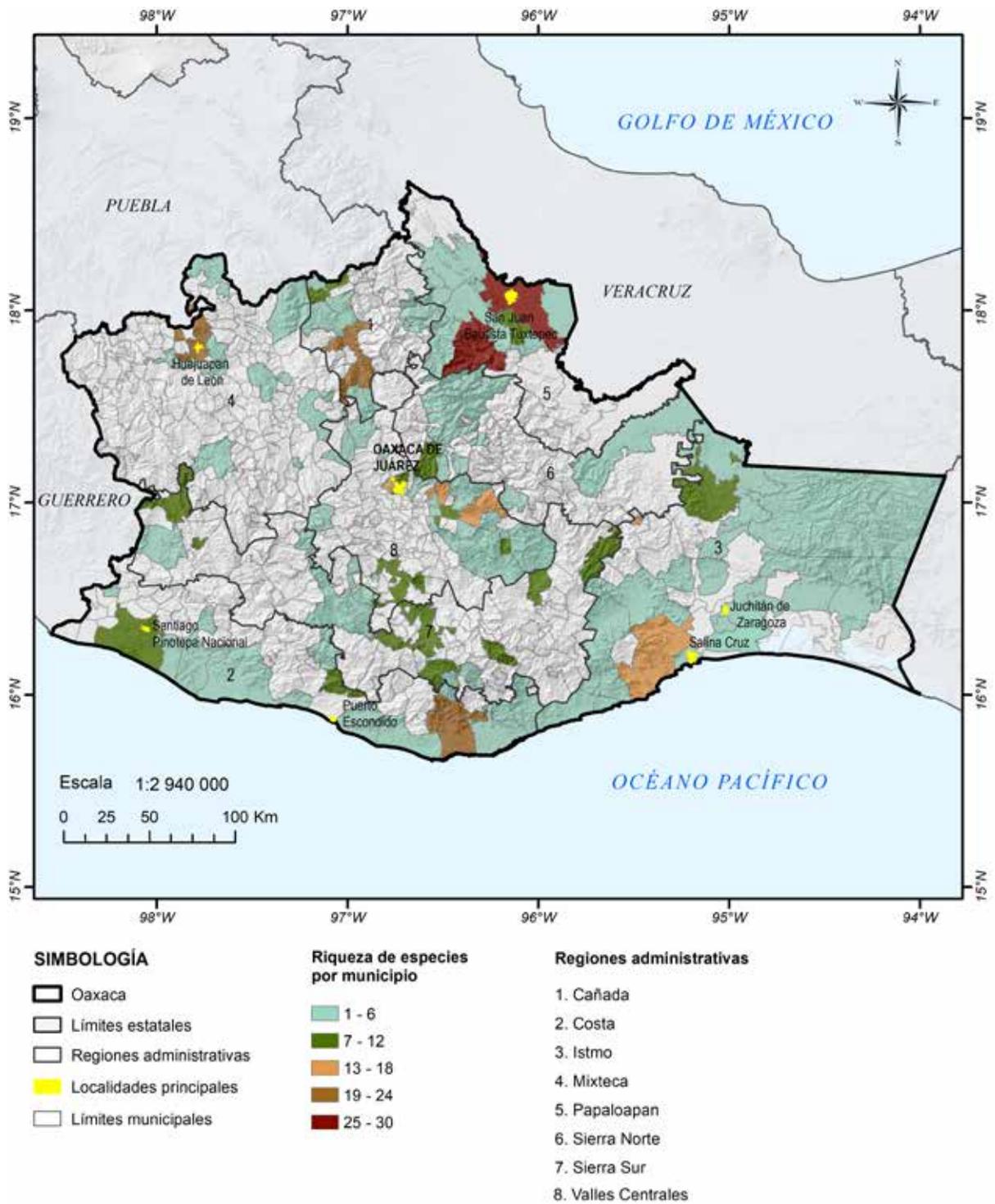


Figura 6. Número de especies de chinches por municipio. Fuente: elaboración propia.

Referencias

- Ashlock, P.D. 1967. A generic classification of the Orsillinae of the world (Hemiptera: Heteroptera: Lygaeidae). *University of California Publications in Entomology* 48:1-82.
- Báez, S.J. 2013. *Comunidades de Hemiptera: Heteroptera como indicadores de perturbación en bosque tropical caducifolio de la cuenca de Cuitzeo, Michoacán*. Tesis de maestría. UMSNH, Morelia.
- Borror, D., C. Triplehorn y N. Johnson. 1989. *An introduction to the study of insects*. Thomson Learning Inc., Estados Unidos.
- Brailovsky, H. 1975a. Contribución al estudio de los Hemiptera-Heteroptera de México vi. Una nueva especie de *Cymoninus Breddin* (Lygaeidae-Cyminae-Ninini). *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural* 36:177-181.
- . 1975b. Contribución al estudio de los Hemiptera-Heteroptera de México vii. Distribución y diagnosis de las especies del género *Melanopleurus* Stål (Lygaeidae-Lygaeinae) y descripción de dos nuevas especies. *Anales del Instituto de Biología-UNAM serie zoología* 46(1):53-62.
- . 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.
- . 1977a. Una nueva especie del género *Neacoryphus* (Hemiptera-Heteroptera-Lygaeinae) de Costa Rica. *Anales del Instituto de Biología-UNAM serie zoología* 48(1):93-96.
- . 1977b. Contribución al estudio de los Hemiptera-Heteroptera de México xii. El género *Neacoryphus* Scudder (Lygaeidae-Lygaeinae) y descripción de tres nuevas especies. *Anales del Instituto de Biología-UNAM serie zoología* 48(1):97-122.
- . 1977c. Contribución al estudio de los Hemiptera-Heteroptera de México xiii. Revisión del género *Acroleucus* Stal (Lygaeidae-Lygaeinae) con descripción de una nueva especie. *Anales del Instituto de Biología-UNAM serie zoología* 48(1):123-128.
- . 1977d. Una nueva especie del género *Melanopleurus* Stal (Hemiptera-Heteroptera-Lygaeinae) de California, Estados Unidos de Norteamérica. *Anales del Instituto de Biología-UNAM serie zoología* 48(1):129-132.
- . 1978a. Estudio del género *Lygaeus* Fabricius 1794, del Nuevo Mundo, con descripción de cinco nuevas especies (Hemiptera-Heteroptera-Lygaeidae-Lygaeinae). *Anales del Instituto de Biología-UNAM serie zoología* 49(1):123-166.
- . 1978b. Contribución al estudio de los Hemiptera-Heteroptera de México xiv. Una nueva especie de *Neosuris* Barber (Lygaeidae: Udeocorini). *Anales del Instituto de Biología-UNAM serie zoología* 49(1):167-170.
- . 1979a. Seis nuevas especies del género *Melanopleurus* Stal (Hemiptera-Heteroptera-Lygaeidae-Lygaeinae). *Anales del Instituto de Biología-UNAM serie zoología* 50(1):193-204.
- . 1979b. Revisión del género *Craspeduchus* Stal con descripción de dos nuevas especies (Hemiptera-Heteroptera-Lygaeidae-Lygaeinae). *Anales del Instituto de Biología-UNAM serie zoología* 50(1):205-226.
- . 1979c. El género *Neacoryphus* Scudder en Sudamérica, y descripción de tres nuevas especies (Hemiptera-Heteroptera-Lygaeidae-Lygaeinae). *Anales del Instituto de Biología-UNAM serie zoología* 50(1):227-239.
- . 1980. Revisión del género *Acroleucus* Stal (Hemiptera-Heteroptera-Lygaeidae-Lygaeinae). *Folia Entomológica Mexicana* 44:39-120.
- . 1981. Hemiptera-Heteroptera de México xxi. Notas acerca de *Cholula* Distant y descripción de nuevas especies (Lygaeidae: Rhyparochorminae: Myodochini). *Folia Entomológica de México* 47:51-68.
- . 1982. Revisión del complejo *Ochrimnus*, con descripción de nuevas especies y nuevos géneros (Hemiptera-Heteroptera-Lygaeidae-Lygaeinae). *Folia Entomológica Mexicana* 51:1-163.
- . 1983. Revisión del género *Torvochrimnus* Brailovsky (Hemiptera-Heteroptera-Lygaeidae-Lygaeinae). *Anales del Instituto de Biología-UNAM serie zoología* 53(1):285-320.
- . 1984. Hemiptera-Heteroptera de México. Revisión de la familia Piesmatidae Spinola. *Anales del Instituto de Biología-UNAM serie zoología* 55(1):177-182.
- . 1989. Hemiptera-Heteroptera de México xl. Dos nuevas especies y nuevos registros del género *Pseudopamera* Distant (Lygaeidae: Myodochini). *Anales del Instituto de Biología-UNAM serie zoología* 59:203-218.
- Brailovsky, H. y E. Barrera. 1979. Contribución al estudio de los Hemiptera-Heteroptera de México xvi. La subfamilia Oxycareninae (Lygaeidae), con descripción de una nueva especie. *Folia Entomológica Mexicana* 41:81-93.
- Brailovsky, H. y L. Cervantes. 2008. Two new species and distribution records of the genus *Acroleucus* in Mexico (Hemiptera-Heteroptera: Lygaeoidea: Lygaeidae). *Florida Entomologists* 91(1):49-54.
- Brailovsky, H., C. Mayorga, G. Ortega y E. Barrera. 1995. Estadios ninfales de los coreidos del Valle de Tehuacán, Puebla, México (Hemiptera-Heteroptera) ii. Especies asociadas a huizacheras (*Acacia* spp.) y mezquiteras (*Prosopis* spp.): *Mozena lunata*, *Pachylis hector*, *Savius jurgiosus jurgiosus* y *Thasus gigas*. *Anales del Instituto de Biología-UNAM serie zoología* 66(1):57-80.
- Cervantes, P.L. 2005a. Lygaeidae (Hemiptera-Heteroptera) asociados con *Ficus* spp. (Moraceae) en el área de la Reserva de la Biosfera El

- Cielo, Tamaulipas. En: *Historia natural de la Reserva de la Biosfera El Cielo, Tamaulipas, México*. R. Dirzo, C.P. Reyes y R.G. Sánchez (eds.). UAT, México, pp. 367-388.
- . 2005b. Two new species of *Myodocha* (Lygaeoidea: Rhyparochromidae: Myodochini) with a key to species. *Annals of the Entomological Society of America* 98(4):458-469.
- Cervantes, P.L., J. Báez y H. Brailovsky. 2014. *Phlegyas annulicrus* (Hemiptera: Heteroptera: Lygaeoidea: Pachygrontidae: Teracriini) Immature stages, phenology and distribution in Mexico. *Studies of Neotropical Fauna and Environment* 49(3):222-230.
- Cervantes, P.L. y H. Brailovsky. 2004. Listado de los Lygaeidae (Heteroptera). En: *Artrópodos de Chamela*. A.A. García y B.R. Ayala (eds.) Instituto de Ecología-UNAM, México, pp. 83-105.
- . 2008. First record of the genus *Xestocoris* Van Duzee (Hemiptera-Heteroptera: Lygaeoidea: Rhyparochromidae: Rhyparochrominae: Lethaeini) from Mexico, with description of three new species. *Annals of the Entomological Society of America* 101(2):307-313.
- . 2011. Chinchas Lygaeoidea (Insecta: Heteroptera). En: *La biodiversidad en Veracruz: Estudio de Estado*. CONABIO/Gobierno del Estado de Veracruz/Universidad Veracruzana/Instituto de Ecología A.C., Veracruz, pp. 327-337.
- Cervantes, P.L. y M. Briceño. 2009. Life cycle of *Balboa variabilis* Distant (Hemiptera: Heteroptera: Rhyparochromidae: Rhyparochrominae: Ozophorini). *Deutsche Entomologische Zeitschrift* 56(2):237-242.
- . 2010. Life cycles of *Kleidocerys punctatus* and *Kleidocerys virescens* (Hemiptera-Heteroptera: Ischnorhynchinae). *Journal of Insect Science* 10:1-9.
- Cervantes, P.L. y S. Gámez. 2005. Three species of facultative Myodochini (Lygaeoidea: Rhyparochromidae: Myodochini) associated with figs in Mexico. *Proceedings of the Entomological Society of Washington* 107(2):362-375.
- . 2006. Lethaeini (Hemiptera: Lygaeoidea: Rhyparochromidae) associated with figs in Mexico. *Proceedings of the Entomological Society of Washington* 108(1):101-118.
- Cervantes, P.L. y R.I. Pacheco. 2003. Biology and description of a new species of *Cholula* (Rhyparochromidae: Myodochini) associated with a fig in Mexico. *Journal of the New York Entomological Society* 111(1):41-47.
- . 2006. Biología y descripción de los estadios ninfales de *Cholula maculatus* Distant (Hemiptera-Heteroptera: Lygaeoidea: Rhyparochromidae: Myodochini). *Acta Zoológica Mexicana* 22(3):67-73.
- Cervantes, P.L., I. Pacheco y A. Sánchez. 2004. Immature stages and life cycles of five species of *Ozophora* Uhler (Hemiptera: Rhyparochromidae: Ozophorini) associated with figs in Mexico. *Proceedings of the Entomological Society of Washington* 106(3):654-674.
- Distant, W.L. 1880-1893. Insecta Rhynchota. Hemiptera-Heteroptera. Vol. 1. En: *Biologia Centrali Americana: zoology, botany and archaeology*. R.H. Porter, Londres, pp. 1-462.
- Elizalde, A.E. 2006. *Diversidad de Lygaeinae (Hemiptera: Heteroptera) de Oaxaca, México*. Tesis de licenciatura. BUAP, México.
- Hamid, A. 1975. A systematic revision of the Cyminae (Heteroptera: Lygaeidae) of the world with a discussion of the morphology, biology, phylogeny and zoogeography. *Occasional Publications Entomological Society of Nigeria* 14:1-179.
- Harrington, J. 1980. A generic level revision and cladistic analysis of the Myodochini of the World (Hemiptera, Lygaeidae, Rhyparochrominae). *Bulletin of the American Museum of Natural History* 167:49-116.
- Henry, T.J. 1997a. Phylogenetic analysis of Family Groups within the Infraorder Pentatomorpha (Hemiptera: Heteroptera), with emphasis the Lygaeoidea. *Annals of the Entomological Society of America* 90(3):275-301.
- . 1997b. Monograph of the stilt bugs, of Berytidae (Heteroptera) of the Western Hemisphere. *Memories of the Entomological Society of Washington* 19:1-149.
- . 1997c. Cladistic analysis and revision of the stilt bug genera of the world (Heteroptera: Berytidae). *Contributions of the American Entomological Institute* 30(1):1-100.
- Henry, T.J. y R.C. Froeschner. 1998. Catalog of the stilt bugs or Berytidae of the World (Insecta: Hemiptera: Heteroptera). *Contributions of the American Entomological Institute* 30(4):1-72.
- Moir, M.L. y E.C. Brennan. 2007. Using bugs (Hemiptera) as ecological and environmental indicators in forest ecosystems. En: *Ecology research progress*. S.I. Muñoz (ed.). Nova Science Publishers, Nueva York, pp. 79-115.
- O'Donnell, J.E. 1986. *Systematics of Western Hemisphere Lethaeini (Insecta: Hemiptera: Lygaeidae)*. Tesis de doctorado. University of Connecticut, Estados Unidos.
- . 2001. A new genus and five new species of Neotropical Lethaeini (Heteroptera: Lygaeoidea: Rhyparochromidae). *Florida Entomologist* 84(1):133-146.
- Pacheco, R.I. 2002. *Biología de la familia Lygaeidae (Hemiptera:Heteroptera) asociados a Ficus spp. (Moraceae) en la Estación CICOLMA, Veracruz*. Tesis de licenciatura. FES Iztacala-UNAM, México.
- Pereira, N., M. Frizzas y C. Martins. 2011. Seasonality in insect abundance in the "Cerrado" of Goiás State, Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia* 55(1):79-87.
- Schaefer, C.W. y A.R. Panizzi. 2000. *Heteroptera of economic importance*. CRC Press, Florida.
- Schowalter, T. 2012. Insect responses to major landscape-level disturbance. *Annual Review Entomological* 57:1-20.
- Schuh, R. y J.A. Slater. 1995. *True bugs of the World (Hemiptera: Heteroptera). Classification and Natural History*. Cornell University Press, Londres.

- Slater, J.A. 1955. A revision of the subfamily Pachygronthinae of the world (Hemiptera: Lygaeidae). *Philippine Journal of Science* 84:1-160.
- . 1964. *A Catalogue of the Lygaeidae of the World*. Vol 1 y 2. University of Connecticut, Storrs.
- . 1976. Monocots and chinch bugs: a study of host plant relationships in the lygaeid subfamily Blissinae (Hemiptera: Lygaeidae). *Biotropica* 8(3):143-165.
- . 1977. The incidence and evolutionary significance of wing polymorphism in lygaeid bugs with particular reference to those of South Africa. *Biotropica* 9:217-229.
- . 1992. A genus revision of Western Hemisphere Lygaeinae (Heteroptera: Lygaeidae) with keys to species. *University of Kansas Science Bulletin* 55:1-56.
- . 1995. Fifteen new species of *Ozophora* from Central and South America with a key to Mainland Neotropical species (Hemiptera: Lygaeidae). *American Museum Novitates* 3135:1-31.
- Slater, J.A. y H. Brailovsky. 1983. Review of the Neotropical genus *Toon-glasa* (Hemiptera: Lygaeidae). *Annals of the Entomological Society of America* 76(3):523-535.
- . 2000. Lygaeidae (Hemiptera). 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. 319-333.
- Slater, J.A. y J.E. O'Donnell. 1995. *A catalogue of the Lygaeidae of the World (1960-1994)*. New York Entomological Society, Nueva York.
- Slater, J.A y D.B. Wilcox. 1969. A revision of the genus *Ischnodemus* in the Neotropical Region (Hemiptera: Lygaeidae: Blissinae). *Miscellaneous Publications of the Entomological Society of America* 6:197-238.
- Stål, C. 1862. Hemiptera Mexicana enumerativ speciesque novas descripsit. *Stettiner Entomologische Zeitung* 23:81-118, 273-281, 289-325, 437-462.
- Sweet, M.H. 2000a. Seed and chinch bugs (Lygaeoidea). En: *Heteroptera of economic importance*. C.W. Schaefer y A.R. Panizzi (eds.). CRC Press, Florida. pp. 143-264.
- . 2000b. Economic importance of predation by big-eyed bugs (Geocoridae). En: *Heteroptera of economic importance*. C.W. Schaefer y A.R. Panizzi (eds.). CRC Press, Florida, pp. 713-724.
- Ullrich, K. 2001. *The influence of wildflower strips on plant and insect (Heteroptera) diversity in an arable landscape*. Tesis de doctorado en ciencias naturales. Swiss Federal Institute of Technology Zurich, Suiza.
- Vidal, A.V. y S. Ibañez. 2000. Infección natural de chinches Triatominae con *Trypanosoma cruzi* asociadas a la vivienda humana en México. *Salud Pública Mexicana* 42:496-503.
- Wolda, H. 1988. Insect seasonality: why? *Annual Review of Ecology and Systematics* 19:1-18.



Alacrán del género *Centruroides* distribuido en Oaxaca. Foto: Víctor Hugo Luja/Banco de imágenes CONABIO.

Alacranes o escorpiones

Carlos Eduardo Santibáñez López

Descripción

La palabra alacrán (de origen árabe) y la palabra escorpión (del latín *scorpio*) son sinónimos y se refieren al mismo animal que ha sido venerado y temido por la mayoría de las culturas a través del tiempo. Sin embargo, en México se conoce como escorpión a algunos reptiles del género *Heloderma*; en ciertas regiones de Oaxaca, algunas lagartijas que pertenecen a otros géneros reciben el mismo nombre vernáculo. Taxonómicamente, los alacranes o escorpiones pertenecen al orden Scorpiones; junto con las arañas y ácaros, son miembros de la clase Arachnida.

Los arácnidos se distinguen del resto de los artrópodos por poseer quelíceros (apéndices bucales) en lugar de mandíbulas (como en los insectos), cuatro pares de patas locomotoras, y unos apéndices llamados pedipalpos (cuya forma varía dependiendo del grupo de arácnidos). También se distinguen por tener el cuerpo dividido en dos regiones: el prosoma, o parte anterior, donde se encuentran articulados los pedipalpos, los quelíceros y las patas; y el opistosoma, o parte posterior, donde se encuentran, entre otras estructuras, las gónadas y el aparato respiratorio.

Los alacranes pueden alcanzar tamaños desde 3 mm hasta 21 cm (Polis 1990) y se distinguen del resto de los arácnidos por poseer el opistosoma dividido en dos segmentos (mesosoma y metasoma), un telson donde se encuentran las glándulas que producen el veneno y un aguijón por el cual lo inyectan. Asimismo, poseen unos órganos llamados peines en la parte ventral del mesosoma, los cuales se utilizan como quimiorreceptores; y por

último, al igual que los pseudoscorpiones, presentan una modificación de los pedipalpos en forma quelada (o de pinza).

La morfología de los alacranes se ha conservado desde su aparición en el Silúrico tardío (hace unos 400 millones de años). Los cambios más importantes se han dado en la forma de los segmentos que componen al mesosoma y en las estructuras respiratorias, pues se considera que los alacranes primitivos eran marinos y respiraban por branquias (hoy en día todos son terrestres).

Los alacranes han conquistado varios tipos de hábitats, que incluyen desiertos, dunas, matorrales espinosos, cuevas a profundidades cercanas a los 900 m, selvas y bosques. Este éxito lo han obtenido debido a ciertas modificaciones en su cuerpo denominadas ecomorfotipos (*sensu* Prendini 2001). Por ejemplo, los alacranes que habitan dunas poseen sedas especializadas en las patas para poder caminar en ellas y no hundirse, y aquéllos que construyen galerías en el suelo poseen otro tipo de sedas modificadas que les permiten remover el sustrato.

Los alacranes son depredadores nocturnos y sus hábitos de caza varían en función de su adaptación ecológica. A diferencia de los escorpiones errantes, las especies que habitan galerías subterráneas se valen de la táctica de espera y atrapa, salen a la entrada de su túnel a esperar a que pase por ahí alguna presa para atraparla. La dieta de los alacranes incluye pequeños artrópodos (escarabajos, palomillas, grillos, cochinillas y otros escorpiones), lagartijas y roedores; se reporta que incluso el consumo de una pequeña ave. Estos arácnidos viven aproximadamente de uno hasta cinco años, aunque se ha documen-

tado en un ejemplar de laboratorio que pueden llegar a vivir hasta 20 años.

Los alacranes (junto con los opiliones, llamados comúnmente sacabuches o arañas patonas) fueron responsables de varias controversias en cuanto a la filogenia de la clase Arachnida. Propuestas como la de Shultz (2007), indicaban que los escorpiones eran el grupo hermano de los opiliones (con base en caracteres anatómicos), lo cual niega una posible relación entre los alacranes y los euryptéridos (escorpiones de mar, un grupo extinto desde hace 250 millones de años). Sin embargo, la posición de los escorpiones ha sido resuelta empleando datos genómicos y hoy sabemos que están relacionados con los pseudoscorpiones y las arañas (Ontano *et al.* 2021).

Diversidad y distribución

Las diferencias en el número de familias y géneros considerados actualmente, se debe a ciertas polémicas en la clasificación de los alacranes. La más reciente, publicada por Prendini (2011), indica que existen 23 familias, aproximadamente 144 géneros y cerca de 1 927 especies en el mundo, distribuidos en casi todo el planeta, exceptuando la Antártida y el Ártico. En este sentido, México alberga la mayor diversidad en alacranes: alrededor de 269 especies en 26 géneros y 34 familias (Francke 2010, 2013, González-Santillán y Prendini 2013).

Los estudios de la diversidad de arácnidos en Oaxaca son escasos, pero afortunadamente esto está cambiando. Entre los primeros trabajos que citan un número de especies para el estado está el catálogo de los escorpiones de Fet y colaboradores (2000), el catálogo de escorpiones de México de Beutelspacher (2000) y el trabajo de Lourenço y Sissom (2000). En éstos se enlistan alrededor de 25 especies distribuidas en territorio oaxaqueño.

A partir de 2004, gracias a la participación de la Colección Nacional de Arácnidos (CNAN) de la Universidad Nacional Autónoma de México en diversos proyectos sobre la diversidad de arácnidos en el país, el número aumentó casi al doble. Para territorio oaxaqueño se reportan un total de 54 especies (de las cuales 4 son nuevas y están en proceso de descripción), en 10 géneros y 6 familias (apéndice 33; Santibáñez-López *et al.* 2016). La información disponible ubica a la entidad en el primer lugar de diversidad de estos arácnidos (seguida de Baja California y Baja California Sur, que poseen un endemismo

aun mayor; figura 1). De las especies reportadas para el estado, 69% son endémicas (apéndice 33), de las cuales casi la mitad pertenecen al género *Diplocentrus*. Taxonómicamente, este género se divide en dos secciones: el grupo *mexicanus* y el grupo *keyserlingii*. Este último consta de 10 especies, de las cuales nueve se distribuyen en Oaxaca y seis de ellas se restringen a Valles Centrales y las montañas adyacentes (Santibáñez-López *et al.* 2013), siendo esta área de suma importancia para la conservación del grupo.

Los alacranes del estado tienen una afinidad neártica importante (como lo ejemplifica la familia Vaejovidae), aunque la mayoría de los géneros se distribuyen también en la región Neotropical. Es necesario recalcar que la sistemática y la taxonomía de varias familias de alacranes en el mundo (incluyendo México) está experimentando cambios, por lo que puede ser que algunas especies citadas en el presente trabajo resulten ser nuevos taxones; mientras que, otras se conviertan en sinónimos. Aún falta mucho por explorar en el estado y existen ejemplares de algunas especies que se sospecha son nuevas y que están depositadas en colecciones.

Toxicidad

Entre los alacranes hay especies que son tóxicas para los seres humanos. Sin embargo, de las reportadas para el país, sólo una docena se consideran de riesgo para la salud. Éstas se encuentran en la familia Buthidae y se distribuyen en su mayoría en el oeste del país, desde Sinaloa hasta Oaxaca, en zonas áridas y semiáridas (Francke 2010). Es importante recalcar que, ante el cambio climático global, las áreas de distribución de éstas probablemente crecerán. En este sentido, Francke y Córdova-Athanasiadis (2011) realizaron un estudio de modelaje del nicho ecológico de un alacrán peligroso en Sonora y Arizona; encontraron que si la temperatura media anual se incrementa 0.5°C, podría invadir el sur de California y Nevada, lo que traería como consecuencia el riesgo de piquetes para un número considerable de personas.

Para la entidad se reporta la presencia de sólo dos especies que ameritan preocupación médica: *Centruroides limpidus* (una de las más peligrosas del país) en la zona de Huajuapán de León, y *Centruroides baergi* en la cañada de Cuicatlán.

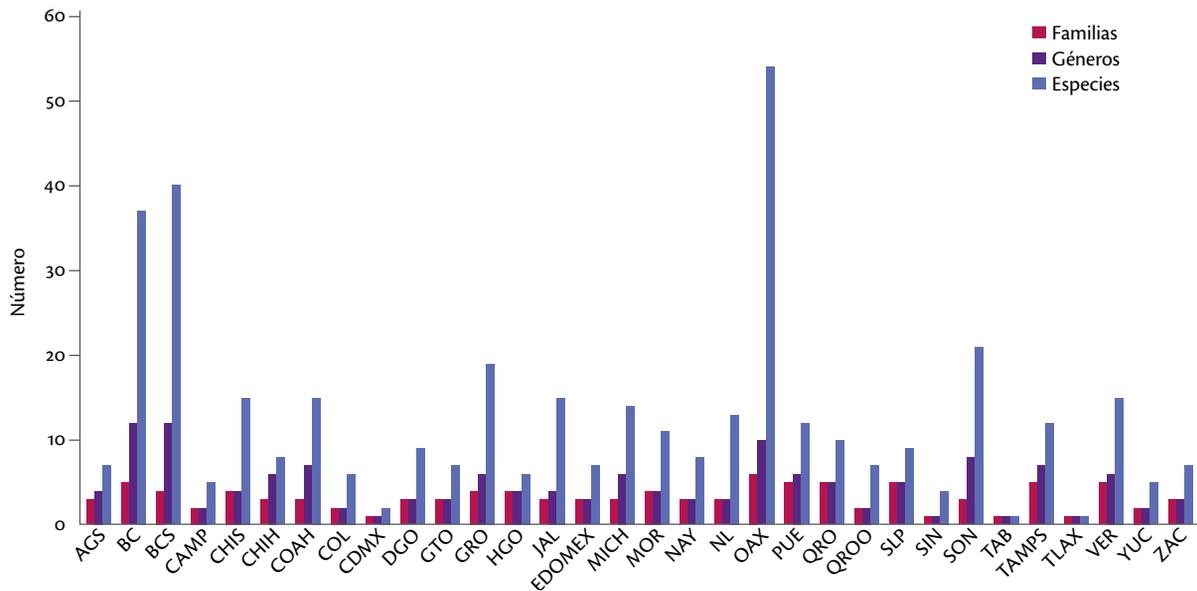


Figura 1. Comparación de la riqueza de escorpiones (familias, géneros y especies) en las entidades federativas. Fuente: elaboración propia.

Conservación

Al menos 80% de los alacranes resultan de baja relevancia a la salud por su toxicidad y ameritan la consideración humana por el papel que juegan como depredadores nocturnos en los ecosistemas terrestres, habitando galerías construidas en el suelo (como la mayoría de las especies del género *Diplocentrus*), cavidades formadas por grandes rocas o inclusive en cuevas y sótanos muy profundos (entre los 500 y 900 m de profundidad como las especies del género *Alacran*). Algunos estudios como el de Prendini y colaboradores (2003) exponen ciertos cri-

terios para la conservación de los alacranes, sobre todo aquellos que presentan hábitats muy específicos, los cuales al ser alterados pueden llevarlos a la extinción.

La mayoría de las especies endémicas de Oaxaca registradas en la base de datos que acompaña a este capítulo se conocen de una sola localidad. El estado incipiente de la investigación sobre el grupo no permite determinar todavía si su distribución es suficientemente restringida para ameritar incluirlos en la Norma Oficial Mexicana 059 bajo alguna categoría de riesgo (en peligro de extinción, amenazadas o sujetas a protección especial).

Referencias

- Beutelspacher, C.R. 2000. *Catálogo de los alacranes de México*. UMSH, Michoacán.
- Fet, V., W.D. Sissom, G. Lowe et al. 2000. *Catalog of the scorpions of the world (1758-1998)*. The New York Entomological Society, Nueva York.
- Francke, O.F. 2010. *Especies de escorpiones en México*. En: <<http://www.ibiologia.unam.mx/html/mexico.html>>, última consulta: 29 de octubre de 2013.
- . 2013. Biodiversidad de Arthropoda (Chelicerata: Arachnida ex Acari) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85:5408-5418.
- Francke, O.F. y M. Córdova-Athanasiadis. 2011. Escorpionismo, modelaje de nichos ecológicos potenciales y cambio climático. En: *Memorias del III Congreso Latinoamericano de Aracnología*, Quindío, Colombia.
- 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.

- Lourenço, W. y W.D. Sissom. 2000. Scorpiones. 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. Papaverio. Facultad de Ciencias-UNAM, México, pp. 115-135.
- Ontano, A.Z., G. Gainett, S. Aharon *et al.* 2021. Taxonomic sampling and rare genomic changes overcome long-branch attraction in the phylogenetic placement of pseudoscorpions. *Molecular Biology and Evolution* 38(6):2446-2467.
- Polis, G. (ed.) 1990. *The biology of scorpions*. Stanford University Press, California.
- 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, pp. 113-138.
- . 2011. Order Scorpiones C.L. Koch, 1850. En: *Animal biodiversity: an outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness*. Z. Zhi-Qiang (ed.). Magnolia Press, Estados Unidos, pp. 115-117.
- Prendini, L., T.M. Crowe y W.C. Wheeler. 2003. Systematics and biogeography of the family Scorpionidae (Chelicerata: Scorpiones), with a discussion on phylogenetic methods. *Invertebrate Systematics* 17:185-259.
- Santibáñez-López, C.E., O.F. Francke, C. Ureta y L. Possani. 2016. Scorpions from Mexico: from species diversity to venom complexity. *Toxins* 8(1):2.
- Santibáñez-López, C.E., O.F. Francke y L. Prendini. 2013. Systematics of the "keyserlingii" group of *Diplocentrus* Peters, 1869 (Scorpiones: Diplocentrus), with descriptions of three new species from Oaxaca, Mexico. *American Museum Novitates* 3777:1-47.
- Shultz, J.W. 2007. A phylogenetic analysis of the arachnid orders based on morphological characters. *Zoological Journal of the Linnean Society* 150:221-265.



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Araña lince verde (*Peucetia viridans*). Foto: Julián Bueno-Villegas/Banco de imágenes CONABIO.

Arácnidos no escorpiónidos

Irma Gisela Nieto Castañeda, Gerardo Trujano Huerta,
Jennifer Elvira Abascal Vásquez y Balbina Hernández Ramos

Descripción

Las arañas son un grupo de animales con amplia distribución en todos los ecosistemas terrestres. Se les puede encontrar en todos los estratos vegetales (figura 1), sobre el suelo y a diferentes profundidades de éste, mostrando especificidad de hábitat y horarios de actividad; incluso algunas especies han logrado habitar en la periferia y dentro de cuerpos de agua (Turnbull 1973, Foelix 2010). La mayoría presentan ciclos de vida cortos (1 a 3 años), son de tamaño pequeño (2 a 15 mm de longitud corporal) y carecen de antenas, mandíbulas y alas.

Su cuerpo está recubierto por un exoesqueleto y se divide en dos segmentos: el primero, llamado prosoma, es donde se insertan cuatro pares de patas articuladas, así como un par de apéndices bucales con los que inyectan veneno para paralizar a sus presas, llamados quelíceros; el segundo segmento, opistosoma, presenta en la parte posterior unos órganos productores de seda denominados hileras (figura 2). Esta seda la utilizan durante diferentes etapas de su vida para construir telarañas, envolver a sus presas, como medio de dispersión (figura 3), o bien para proteger a los huevos recién fecundados (Foelix 2010, Ibarra 2013, Ubick *et al.* 2017).



Figura 1. La araña *Micrathena gracilis* es abundante en árboles y arbustos. Foto: Heriberto Nicolás Lavariega.

Nieto-Castañeda, I.G., G. Trujano-Huerta, J.E. Abascal y B. Hernández-Ramos. 2022. Arácnidos no escorpiónidos. En: *La biodiversidad en Oaxaca. Estudio de Estado*. Vol. III. CONABIO, México, pp. 153-159.

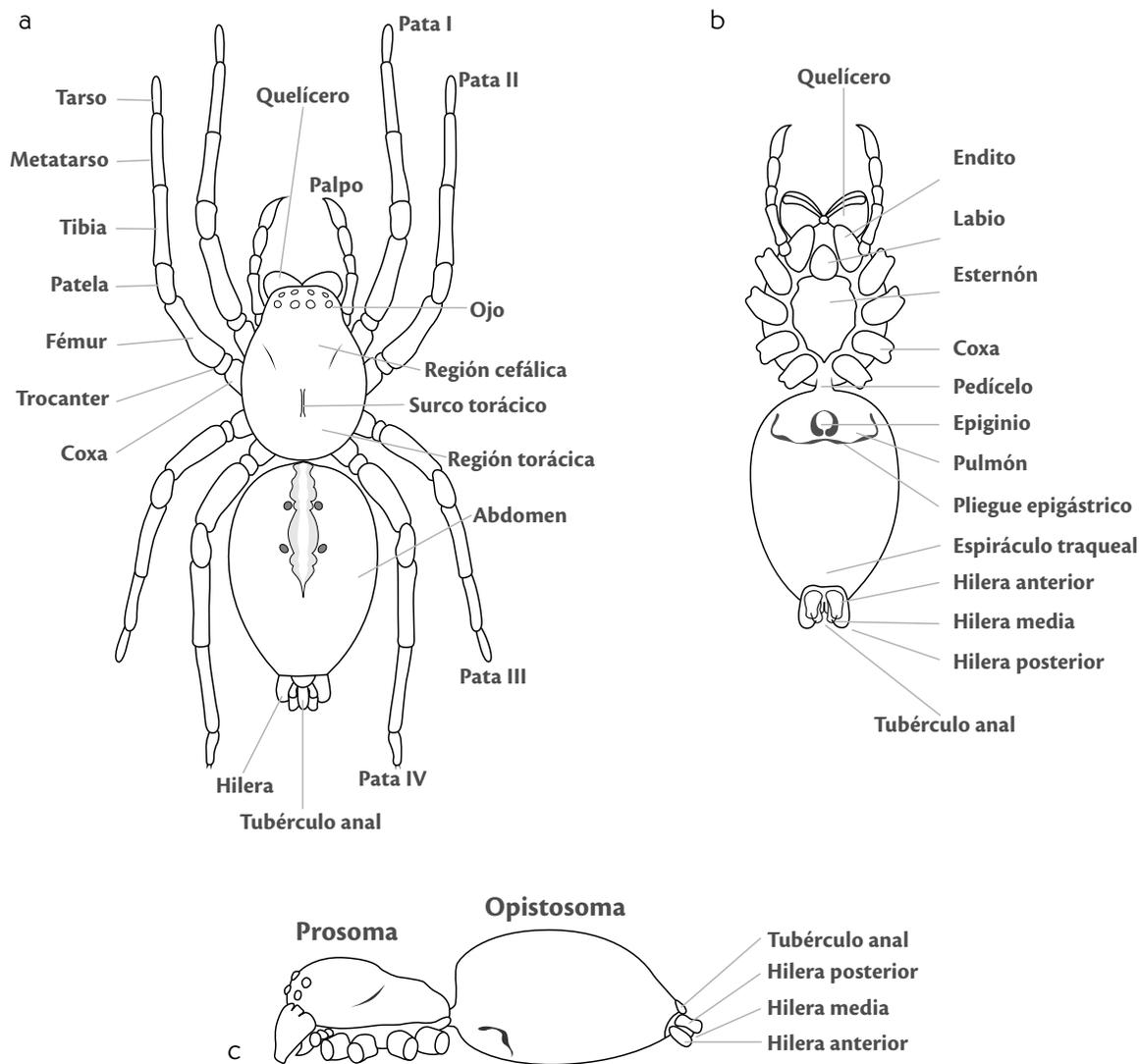


Figura 2. Anatomía externa de una araña: a) vista dorsal; b) vista ventral; c) vista lateral. Fuente: modificado de Bradley y Buchanan (2013) por Joel Ricci López.

Estos arácnidos se clasifican en ocho gremios funcionales con base en las estrategias de caza (tipo de tela o método activo), variabilidad de presas (especialistas, generalista), estratificación vertical de su hábitat (suelo, vegetación) y periodos de actividad (diurna, nocturna). De esta manera, se tiene a las constructoras de telas: sensitivas, en sabana, espaciales y orbiculares; y aquellas que no construyen telas: especialistas, cazadoras exclusivas de suelo, otras cazadoras y acechadoras (Cardoso *et al.* 2011). Cabe destacar que, diferentes especies con requerimientos similares pueden coexistir en un área determi-

nada, debido a la segregación del uso de recursos, como el tamaño y el estadio de desarrollo de la presa, el tipo de hábitat y los periodos de actividad, primordialmente (Nieto-Castañeda y Jiménez-Jiménez 2009).

Diversidad

Las arañas son el séptimo grupo de animales con mayor diversidad en el planeta, después de los cinco grandes órdenes de insectos (Coleoptera, Hymenoptera, Lepidoptera, Diptera y Hemiptera) y los ácaros. Su diversidad



Figura 3. La araña *Cyclosa* sp. dejando su hilo de seda de seguridad. Foto: Heriberto Nicolás Lavariega.

es particularmente elevada en zonas tropicales, donde se estima que pueden habitar cerca de 80% de sus especies actuales (Coddington y Levi 1991).

Hasta el momento en el mundo se reportan 129 familias, 4 228 géneros y 49 660 especies (wsc 2021). Para México se conocen 65 familias, 432 géneros y 2 370 especies, lo que representa cerca de 5% de la fauna mundial (Jiménez e Ibarra 2008). Sin embargo, es probable que estas cifras estén por debajo de la realidad, pues tan sólo en la década de los noventa se estimó que la riqueza que faltaba por describir en todo el planeta era de 170 mil especies (Coddington y Levi 1991). En el país existen pocos especialistas para el grupo (cerca de 60% se formaron en la última década), por lo cual el estudio de la aracnofauna mexicana es una tarea difícil.

Para conocer la diversidad de arañas en Oaxaca, se revisaron estudios de Hoffmann (1976), Jiménez (1996), Nieto-Castañeda y Álvarez-Padilla (2013), así como la consulta del catálogo mundial de las arañas (wsc 2021), relacionados con especies que se distribuyen en el país. Asimismo, se realizó una búsqueda exhaustiva de trabajos que citaran especies con distribución en el territorio oaxaqueño y la colección de arañas de la Universidad del Mar.

A pesar de que Oaxaca es un estado megadiverso (González *et al.* 2004), no existe un estudio formal publicado sobre su aracnofauna, y sólo se cuenta con reportes de colectas esporádicas durante el siglo pasado y antepasado (Hoffmann 1976, Jiménez 1996, Nieto-Castañeda y Álvarez-Padilla 2013). El hecho de que 70% de las especies reportadas fueron recolectadas en la segunda mitad del siglo xx, indica lo poco que se ha avanzado en el conocimiento de este grupo en la entidad durante el siglo xxi.

Es probable que los escasos registros en la entidad reflejen la falta de colectas, debido a que el objetivo era realizar revisiones taxonómicas, sin llevar a cabo estudios sistematizados y sin un patrón en la toma de los datos de colecta (Keyserling 1886, Petrunkevitch 1911, Levi 1978, 1988). Además, resalta el hecho de que son los extranjeros quienes más han trabajado con arañas (Walckenaer 1841, Chamberlin e Ivie 1936, Jiménez y Tejas 1994, Levi 2004).

El primer catálogo de arañas reporta 17 familias, 44 géneros y 72 especies para el estado (Hoffmann 1976); posteriormente Jiménez (1996) cita 183 especies sin mencionar más datos. En este trabajo se reportan 41

familias, 125 géneros y 289 especies (apéndice 34), que representan 63, 29 y 12% de la aracnofauna nacional, y cerca de 32, 3 y 1% a nivel mundial, respectivamente. Las familias con el mayor número de especies fueron: Araneidae (39), Theridiidae (36), Salticidae (29), Pholcidae (20), Gnaphosidae (19), Oonopidae (15), Theraphosidae (13) y Agelenidae (12), que en conjunto representan 63% de la riqueza estatal (apéndice 34). No obstante, estos datos están distantes de la diversidad real, pues Francke (2014) estimó que para México es conocido 25.8% de la diversidad Araneae esperada; además, tan sólo para la región Costa se han encontrado cerca de 30 familias y gran número de especies no descritas (Trujano-Huerta 2016).

Por otro lado, en el territorio oaxaqueño se distribuyen 141 especies endémicas al país y 73 de Oaxaca, que representan 49 y 25% del total de las especies reportadas para el estado, respectivamente, y cerca de 4% de la riqueza nacional. Estos datos denotan que es muy alta la probabilidad de encontrar especies nuevas en la entidad.

Distribución

Los registros con datos de la distribución geográfica en el estado fueron depurados y ordenados en las ocho regiones. Para el caso de aquellos datos que no pudieron ser referenciados, dado la pobre o nula descripción del sitio de colecta, se citaron como distribución regional desconocida.

De esta manera, las regiones con el mayor número de especies reportadas fueron Valles Centrales (85) e Istmo (80), seguidas de Papaloapan (49), Sierra Norte (40) y Mixteca (38); y las menos diversas fueron Sierra Sur (25), Costa (20) y Cañada (16); mientras que 49 especies sólo refieren a Oaxaca sin más datos (apéndice 34).

Por la imprecisión y en ocasiones la pobre o nula descripción de la mayoría de las localidades de colecta, es difícil establecer una relación con el tipo de vegetación donde fueron extraídos los ejemplares, por lo que para tener un panorama más acertado de su distribución sería necesario depurar y georreferenciar las localidades que así lo permitieran. No obstante, se podría considerar que se tienen representantes de selva baja caducifolia y selva alta que predominan en las regiones Cañada, Istmo y Costa; así como bosques (mesófilo, de coníferas y encinos), principalmente en las sierras Norte y Sur. Finalmente, existen zonas de pastizales en las regiones Mixteca y

Valles Centrales. Los patrones descritos quizá se correlacionen con la accesibilidad de caminos a las regiones, y los objetivos de las expediciones de recolecta, debido a que los sitios más colectados están cerca de ciudades como Oaxaca de Juárez, Veracruz (Istmo y Papaloapan) y Puebla (Mixteca; Torres-Colin 2004).

Importancia

Las arañas son los depredadores más diversos y abundantes en todos los ecosistemas terrestres (Foelix 2010). Presentan una amplia diversidad de presas, incluyendo hexápodos (colémbolos, insectos), otras arañas, nemátodos y pequeños vertebrados. Por su capacidad de regular las poblaciones principalmente de insectos, se han propuesto como control biológico de plagas agrícolas (Riechert y Bishop 1990, Sunderland 1999, Maloney *et al.* 2003, Oyewole y Oyelade 2014).

Existen especies muy sensibles a cambios ambientales como la fragmentación del hábitat; mientras que otras son muy resistentes. Estas características las hacen imprescindibles en el funcionamiento de las redes tróficas, y excelentes candidatos para emplearse como indicadores de biodiversidad en programas de conservación (Wise 1995, Cardoso *et al.* 2011, Aguilar-López *et al.* 2014), pero hasta ahora no existen estudios de esta índole publicados para el estado.

A pesar de su mala reputación como organismos dañinos o peligrosos, sólo existen dos especies de araña que pueden causar daños sistémicos o locales en la salud humana, estas son la viuda negra (*Latrodectus mactans*) y la violinista (*Loxosceles reclusa*; Abraham *et al.* 2015, Pires *et al.* 2016, CSG 2020). Sin embargo, no existen registros en las bases de datos federales, de la Jurisdicción Sanitaria, que confirmen algún caso clínico de mordedura de estas especies, debido a que todas las unidades de salud públicas, las reportan dentro del diagnóstico clínico intoxicación por ponzoña de animales, en el formato SUIVE-1 (reportes semanales de casos nuevos de enfermedades), el cual incluye también a todos los animales que no son alacranes, ni víboras (SS y DGE 2014). Cabe señalar que de 16 millones casos registrados entre 2008 y 2018, en hospitales y clínicas del estado, cerca de 0.08% fueron por intoxicación por ponzoña de animales (Base de datos Morbilidad SUIVE, SS), lo cual indica lo poco frecuente que pueden ser los ingresos por mordedura de arañas.

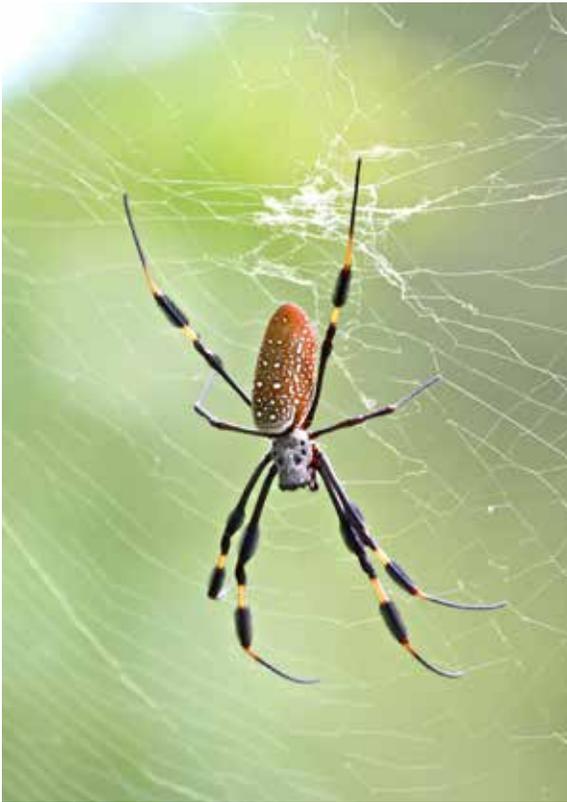


Figura 4. La araña de seda dorada (*Trichonephila clavipes*) consumida en la región Costa. Foto: Laura Gaudette/Banco de imágenes CONABIO.

Hay iniciativas que proponen utilizar los venenos de araña como bioinsecticidas en el control de plagas agrícolas, por la especificidad que tienen con los insectos (Estrada y Garduño 2011); así como la posibilidad de emplearlos como fármacos para ayudar en el tratamiento de enfermedades cardiovasculares, dolor crónico, inflamaciones y disfunción eréctil (Sáez *et al.* 2010).

En cuanto a su importancia cultural, recientemente se reportó que en el municipio San Pedro Pochutla en la región Costa, algunos pobladores consumen a la araña de seda dorada (*Trichonephila clavipes*) frita y en salsa (figura 4; López 2015). Además, los bordados de diferentes atuendos tradicionales que manifiestan la relación humano y naturaleza, sobre todo en la región Costa, a menudo presentan arañas junto con otros animales.

Por otro lado, aunque no se tienen reportes para Oaxaca, existen iniciativas para vincular estos organismos con propuestas de educación para la conservación de la biodiversidad, como lo ejemplifica la serie de poemas de Dulce María Loynaz (Guerra *et al.* 2015). De la mis-

ma forma, destacan los fascinantes trabajos de Michael Anthony Simon, quién ha transformado telarañas en arte, fijándolas y pintándolas con diferentes técnicas a base de lacas (Simon 2020).

Amenazas

A pesar de que ninguna especie de araña con distribución en el estado se encuentra bajo algún estatus de protección, es indiscutible que la diversidad de arañas está en riesgo. La disminución de la cubierta vegetal por la expansión irregular de asentamientos humanos, actividad agropecuaria, extracción ilegal e intensiva de especies de flora y fauna, tala clandestina, incendios forestales, entre otras afectaciones (Gobierno del Estado 2016), han ocasionado la fragmentación y destrucción de diferentes hábitats, dando como resultado la pérdida de muchas especies, en su mayoría desconocidas para la ciencia (Tellería 2013).

El escaso conocimiento que se tiene sobre la diversidad, biología y ecología de este grupo, a pesar de que esta riqueza debiera ser mayor que la registrada en vertebrados y las plantas vasculares (que han ubicado al estado como uno de los más biodiversos del país; García-Mendoza *et al.* 2004), ha impedido determinar si existen poblaciones que podrían catalogarse en alguna categoría de riesgo (Llorente-Bousquets y Ocegueda 2008). Esta situación se debe a la existencia de pocos especialistas y estudiantes interesados en el estudio de estos organismos, quienes requieren prepararse por varios años para tener experiencia en la identificación taxonómica; así como a la falta de colectas en diferentes partes de la entidad.

Esta falta de conocimiento limita estudios posteriores que pudieran reconocer el uso potencial de estos organismos en diferentes áreas del conocimiento, por ejemplo, control biológico, elaboración de bioinsecticidas, analgésicos, entre otros; así como puntualizar en los servicios ambientales que estos ofrecen, debido a que son indispensables en el funcionamiento de las redes tróficas de todos los ecosistemas terrestres al ser los depredadores más abundantes (Foelix 2010).

Acciones de conservación

A pesar de que en el estado se encuentran varias áreas naturales protegidas, su definición no ha incluido estudios que garanticen la protección de las especies de arañas

que ahí habitan. Por ello, es urgente fomentar estudios sobre sus poblaciones para ser incluidos en programas de conservación y uso sostenible de la biodiversidad ya que, al omitir grupos megadiversos e importantes por el papel que juegan en las redes tróficas, se desconoce la magnitud de lo que está por perderse.

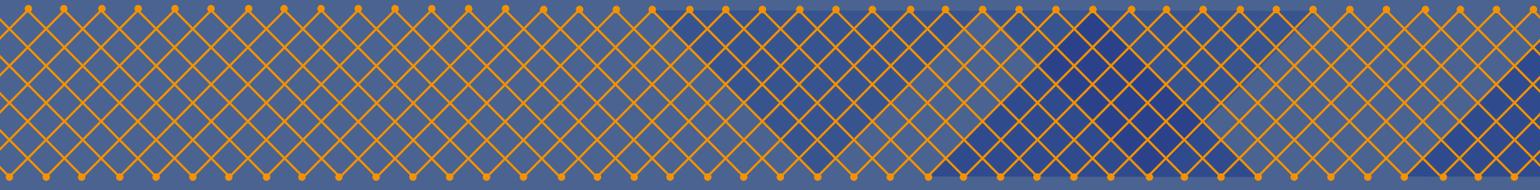
Cabe destacar que muchas generalizaciones sobre la distribución de la biodiversidad en la Tierra, incluyendo la lista de *hotspots* (sitios de alta biodiversidad), se basan en lo que se conoce acerca de los animales vertebrados y plantas, lo cual además de representar la minoría de diversidad biológica, omite un aspecto crucial que son los rangos de tallas de la biodiversidad, ignorando así grupos megadiversos como las arañas. Como alternativa a este planteamiento, surge el proyecto para el inventario

planetario de la biodiversidad de la familia Oonopidae (GPBI 2016), también llamadas arañas duende (*goblin spiders*). Estas arañas enanas, atribuyen su nombre común a la talla tan pequeña que presentan (<5mm), y pueden proporcionar información a escala muy fina sobre áreas de endemismo y sus interrelaciones en el planeta y se espera que una vez que todas sus especies sean descritas, su distribución geográfica conocida y sus relaciones inferidas, esta información pueda utilizarse en programas de conservación. Si bien la estrategia comenzó en 2006, aún se siguen clasificando y analizando las colecciones científicas en todo el mundo que albergan estos organismos, y se han hecho expediciones para coleccionar más arañas en diferentes países, lo cual es un excelente modelo a seguir para México.

Referencias

- Abraham, M., L. Tilzer, K.S. Hoehn y S.L. Thornton. 2015. Therapeutic plasma exchange for refractory hemolysis after brown recluse spider (*Loxosceles reclusa*) envenomation. *Journal of Medical Toxicology* 11:364-367.
- Aguilar-López, J.L., E. Pineda y R. Luría-Manzano. 2014. Depredación de tres especies de herpetozoos por arañas en la región tropical de Veracruz, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85(3):965-968.
- Bradley, R.A. y S. Buchanan. 2019. *Common spiders of North America*. University of Press California, Estados Unidos.
- Cardoso, P., S. Pekár, R. Josqué y J.A. Coddington. 2011. Global patterns of guild composition and functional diversity of spiders. *PLoS ONE* 6(6):1-10.
- Chamberlin, R.V. y W. Ivie. 1936. New spiders from Mexico and Panama. *Bulletin of the University of Utah* 27:1-103.
- Coddington, J.A. y H.W. Levi. 1991. Systematics and Evolution of Spiders (Araneae). *Annual Review of Ecology and Systematics* 22:565-592.
- csg. Consejo de Salubridad General. 2020. *Guía de referencia rápida, diagnóstico y tratamiento por mordedura por arañas venenosas*. En: <http://www.cenotec.salud.gob.mx/descargas/gpc/CatalogoMaestro/523_GPC_Mordedura_por_araxas/SS-523-11-GRR_Mordeduraaporaraxas.pdf>, última consulta: 8 de junio de 2020.
- Estrada, T.G. y R. Garduño J. 2011. *Péptidos presentes en venenos de arañas y alacranes como agentes terapéuticos e insecticidas*. En: <http://www.acmor.org.mx/descargas/11_ene_03_peptidos.pdf>, última consulta: 10 de abril de 2020.
- Foelix, R.F. 2010. *Biology of Spiders*. Oxford University Press George Thieme Verlag, Nueva York.
- Francke, O.F. 2014. Biodiversidad de Arthropoda (Chelicerata: Arachnida ex Acari) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85:408-418.
- García-Mendoza, A.J., M.J. Ordóñez y M. Briones-Salas (eds.). 2004. *Biodiversidad de Oaxaca*. Instituto de Biología-UNAM/Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza/WWF, México.
- Gobierno del Estado. 2016. *Plan Estatal de Desarrollo de Oaxaca 2016-2022*. En: <https://www.finanzasooaxaca.gob.mx/pdf/planes/Plan_Estatal_de_Desarrollo_2016-2022.pdf>, última consulta: 10 de abril de 2020.
- González, G.P., M. Briones-Salas y A.M. Alfaro. 2004. Integración del conocimiento faunístico del estado. En: *Biodiversidad de Oaxaca*. A.J. García-Mendoza, M.J. Ordóñez y M. Briones-Salas (eds.). Instituto de Biología-UNAM/Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza/WWF, México, pp. 449-468.
- GPBI. *The goblin spider planetary biodiversity inventory*. 2016. En: <<http://research.amnh.org/oonopidae/>>, última consulta: 10 de abril de 2020.
- Guerra, M.D.S., C.M. Crespo y B. Ochoa P. 2015. Bestiarium. Una colección a favor de la educación para la conservación de la fauna. *Revista Didasc@lia: Didáctica y Educación* 6(3):1-16.
- Hoffmann, A. 1976. *Relación bibliográfica preliminar de las arañas de México (Arachnida: Araneae)*. Instituto de Biología-UNAM, México.
- Ibarra, N.G. 2013. Diversidad de arañas (Arachnida: Araneae). En: *La biodiversidad en Chiapas: Estudio de Estado*. CONABIO/Gobierno del Estado de Chiapas, México, pp. 191-196.

- Jiménez, M.L. 1996. Araneae. En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento*. Vol. 1. J. Lorente-Bousquets, A. García-Aldrete y E. González-Soriano (eds.). Instituto de Biología-UNAM, México, pp. 83-101.
- Jiménez, M.L. y G. Ibarra. 2008. Arañas (Arácnidos). En: *Capital natural de México, vol. 1: Conocimiento actual de la biodiversidad*. Catálogo Taxonómico de Especies de México. CONABIO, México, CD1.
- Jiménez, M.L. y A. Tejas. 1994. Las arañas presas de la avispa lodera *Trypoxylon (Trypargilum) tridentatum tridentatum*. *South Western Entomologist* 19:173-180.
- Keyserling, E. 1886. *Die Spinnen Amerikas*. Theridiidae. Vol. 2. Nürnberg, pp. 1-295.
- Levi, H.W. 1978. Orb-webs and phylogeny of orb-weavers. *Symposia of the Zoological Society of London* 42:1-15.
- . 1988. The neotropical orb-weaving spiders of the genus *Alpaida* (Araneae: Araneidae). *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology* 151:365-487
- . 2004. Comments and new records for the American genera *Gea* and *Argiope* with the description of new species (Araneae: Araneidae). *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology* 158:47-65.
- Lorente-Bousquets, J. y S. Ocegueda. 2008. Estado del conocimiento de la biota. En: *Capital natural de México, vol. 1: Conocimiento actual de la biodiversidad*. CONABIO, México, pp. 283-322.
- López, A.E. 2015. Asociado de ADR: Shaá Cué Agropecuarios Asociados A.C. Comunicación personal, noviembre.
- Maloney, D., F.A. Drummond y R. Alford. 2003. Spider predation in agroecosystems: Can spider effectively control pest populations? *Technical Bulletin* 190. The University of Maine, Orono.
- Nieto-Castañeda, I.G. y F. Álvarez-Padilla. 2013. *Catálogo de arañas de la Superfamilia Araneoidea*. Proyecto CONABIO, clave: IE002. México (inédito).
- Nieto-Castañeda, I.G. y M.L. Jiménez-Jiménez. 2009. Possible niche differentiation of two desert wandering spiders of the genus *Syspira* (Araneae: Miturgidae). *Journal of Arachnology* 37:299-305.
- Oyewole, O.A. y O.J. Oyelade. 2014. Diversity and distribution of spiders in southwestern Nigeria. *Natural Resources* 5(15):926-935.
- Petrunkévitch, A. 1911. A synonymic index catalogue of spider of North, Central and South America with all adjacent islands, Greenland, Bermuda, West Indies, Terra del Fuego, Galapagos, etc. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 29:1-791.
- Pires, O.R., W. Fontes y M.S. Castro. 2016. Recent insights in *Latrodectus* (black widow spider) envenomation: toxins and their mechanisms of action. *Spider Venoms* 1:333-344.
- Riechert, S.E. y L. Bishop. 1990. Prey control by an assemblage of generalist predators: spiders in garden test systems. *Ecology* 71:1441-1450.
- Sáez, N.J., S. Senff, J.E. Jensen et al. 2010. Spider-venom peptides as therapeutics. *Toxins* 2(12):2851-2871.
- Simon, M.A. 2020. *Michael Anthony Simon*. En: <<https://www.michaelanthonyssimon.com/webs-1>>, última consulta: 10 de abril de 2020.
- SS y DGE. Secretaría de Salud y Dirección General de Epidemiología. 2014. *Manual de procedimientos estandarizados para la notificación convencional de casos nuevos de enfermedad*. SS, México.
- Sunderland, K.D. 1999. Mechanisms underlying the effects of spiders on pest populations. *Journal of Arachnology* 27:308-316.
- Tellería, J.L. 2013. Pérdida de biodiversidad. Causas y consecuencias de la desaparición de las especies. España. En: *Memorias Real Sociedad Española de Historia Natural* 10. España.
- Torres-Colin, R. 2004. Tipos de vegetación. En: *Biodiversidad de Oaxaca*. A.J. García-Mendoza, M.J. Ordóñez y M. Briones-Salas (eds.). Instituto de Biología-UNAM/Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza/wwwf, México, pp. 105-117.
- Trujano-Huerta, G. 2016. *Juntos pero no revueltos: estructura de las comunidades de arañas edáficas de la región Costa de Oaxaca*. (inédito).
- Turnbull, A.L. 1973. Ecology of the true spiders (Araneomorphae). *Annual Reviews of Entomology* 18:305-348.
- Ubick, D., P. Paquin, P.E. Cushing y V. Roth (eds.). 2017. *Spiders of North America: an identification manual*. American Arachnological Society, Estados Unidos.
- Walckenaer, C.A. 1841. *Histoire naturelle des Insects. Aptères*, Paris. Librairie Encyclopédique de Roret, Paris.
- Wise, D.H. 1995. *Spiders in ecological webs*. Cambridge University Press, Estados Unidos.
- wsc. World Spider Catalog. 2021. *Versión 22.5. Natural History Museum Bern*. En: <<http://wsc.nmbe.ch>>, última consulta: 8 de septiembre de 2021.



Oso hormiguero (*Tamandua mexicana*). Foto: Manuel Grosselet/Banco de imágenes CONABIO.
DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA





Manta diablo (*Mobula munkiana*) en Puerto Escondido. Foto: Valeria Huerta Hernández/CONABIO/Mosaico Natura.

Peces cartilagosos

Ana María Torres Huerta, Pedro Luis Díaz Carballido, Alicia Cruz Martínez, Virgilio Antonio Pérez y Eduardo Juventino Ramírez Chávez

Descripción

Los tiburones, los batoideos (que incluyen a las rayas, rajas, mantas o mantarrayas, peces sierra y guitarras), así como las quimeras, son peces condriictios o peces cartilaginosos que se caracterizan por tener un esqueleto compuesto por cartílago (tejido de sostén que es flexible, a diferencia del hueso) y una cola heterocerca (con dos lóbulos: superior e inferior). Otra característica peculiar es la presencia de cuatro a siete hendiduras branquiales o

aberturas que les sirven para obtener el oxígeno disuelto del agua. Son peces de sangre fría, lo que significa que su temperatura corporal interna se mantiene a la misma temperatura que el medio en el que se encuentran.

Los tiburones presentan un cuerpo cilíndrico y alargado (figura 1). Por su parte, los batoideos tienen un cuerpo comprimido o aplanado entre el dorso y el vientre, el cual puede ser más o menos redondo o tener forma romboide o alargada, algunas veces la cola puede modificarse en forma de látigo (figura 2). En cambio, las



Figura 1. Tiburón toro (*Carcharhinus leucas*). Foto: Carlos Javier Navarro Sermet/Banco de imágenes CONABIO.

Torres-Huerta, A.M., P.L. Díaz-Carballido, A. Cruz-Martínez, V. Antonio-Pérez y E. Ramírez-Chávez. 2022. Peces cartilaginosos. En: *La biodiversidad en Oaxaca. Estudio de Estado*. Vol. III. CONABIO, México, pp. 163-176.



Figura 2. Raya redonda chilena (*Urotrygon chilensis*). Foto: Virgilio Antonio.

quimeras tienen una cabeza grande, el cuerpo alargado y su diámetro disminuye hacia la parte trasera (figura 3).

Los dientes de todos los condriictios están ordenados en hileras, que son reemplazadas por otras cuando se desgastan por el uso (Lagler *et al.* 1990). La diferencia entre mantas y rayas radica en que las primeras presentan unas prolongaciones en la cabeza, llamadas lóbulos cefálicos; además, la boca se encuentra en posición terminal, a diferencia de las rayas, donde se encuentra por debajo del cuerpo o en posición ventral.

La fertilización de los peces cartilaginosos es interna; los machos cuentan con dos órganos copuladores (izquierdo y derecho), de los cuales usan uno a la vez durante la reproducción. El uso de éstos depende del lado (izquierdo o derecho) del cual sostienen a la hembra durante la copulación (Chapman *et al.* 2003). Su reproducción es ovípara, vivípara y vivípara aplacentada. Las especies ovíparas depositan los huevos fecundados con una cubierta córnea para su protección. Las vivíparas se desarrollan con el aporte de nutrientes que les proporciona la madre a través de una placenta, mientras que las vivíparas aplacentadas se nutren de un saco vitelino¹ dentro de la madre. Los individuos recién nacidos son similares en su aspecto a los adultos (Wourms 1977).

Los condriictios aparecieron hace más de 400 millones de años y han perdurado prácticamente sin cambios. A pesar de este éxito evolutivo, algunas especies se encuentran en peligro de extinción como consecuencia de sus características biológicas: la mayoría de ellas crecen lentamente, maduran a edades relativamente tardías y tienen un pequeño número de crías. Estas características les confieren tasas muy bajas de aumento de las poblaciones, por lo cual se tornan vulnerables a la sobreexplotación pesquera (Compagno 1990).

Diversidad

Los peces representan el grupo de vertebrados más diverso en el planeta. A la fecha se han descrito más de 50 mil especies (Eschmeyer *et al.* 2010, Eschmeyer y Fong 2017); sin embargo, sólo 34 464 han sido validadas (Eschmeyer y Fong 2017); de éstas, 1 188 corresponden a peces cartilaginosos (Weigmann 2016). La diversidad de condriictios en México se encuentra representada por un número aproximado de 214 especies, de las cuales 8 son quimeras, 95 batoideos y 111 tiburones, lo cual representa 18% del total de especies del mundo (Del Moral-Flores *et al.* 2015).

¹ Estructura membranosa que provee al embrión de nutrientes y oxígeno, a la vez que elimina los desechos metabólicos.



Figura 3. Quimera picuda (*Harriotta raleighana*). Foto: NOAA Okeanos Explorer Program, Gulf of Mexico 2012 Expedition.

En Oaxaca se cuenta con un registro hasta el momento de 61 especies de peces cartilaginosos (apéndice 35); de las cuales 2 son quimeras, 31 batoideos y 28 tiburones, agrupados en 11 órdenes, 23 familias y 34 géneros (McEachran y Notarbartolo di Sciara 1995, Amezcua-Linares 1996, Castro-Aguirre y Espinosa Pérez 1996, Espinoza Pérez *et al.* 2004, Carrera-Fernández *et al.* 2012, Torres-Huerta *et al.* 2013, Del Moral-Flores *et al.* 2015, Robertson y Allen 2015), lo que representa 5.1% de la diversidad de condriictios del planeta y 28.5% de las especies de México (cuadro 1). No obstante, este número podría incrementarse, debido a que existen grandes porciones del litoral del estado aún sin explorar (López-Pérez *et al.* 2012).

Las familias de condriictios con el mayor número de especies registradas en Oaxaca son Carcharhinidae y Urotrygonidae. La primera cuenta con 6 géneros y 10 especies en el estado, el más abundante es el género *Carcharhinus*, representando por diversas especies de tiburones capturados en la pesca artesanal. La familia Urotrygonidae cuenta con 2 géneros y 8 especies, el género *Urotrygon* es el más abundante con 6 especies.

De las especies de condriictios en la entidad 55.7% son endémicas del Pacífico oriental. La raya concéntrica (*Urobatis concentricus*, figura 4) es endémica de la costa

del Pacífico mexicano y su distribución incluye el litoral oaxaqueño. Por su parte, la distribución de la raya coluda (*Styracura pacifica*, figura 5) y de la guitarra de hocico negro (*Pseudobatos prahli*, figura 6) se restringe a la costa oaxaqueña y chiapaneca, llegando hasta Ecuador (Robertson y Allen 2015). Asimismo, la raya denticulada (*Urotrygon cimar*, figura 7) se ha registrado solamente en el litoral de Guerrero, Oaxaca y Chiapas (Amezcua-Linares y Amezcua 2009, Torres-Huerta *et al.* 2013).

Cuadro 1. Comparación taxonómica de los condriictios.

Categoría taxonómica	Mundo ^a	México ^b	Oaxaca ^c
Especies	1 188	214	61
Géneros	199	84	34
Familias	61	40	23
Órdenes	16	14	11

Fuente: elaboración propia con datos de ^aMcEachran y Notarbartolo di Sciara 1995, ^cAmezcua-Linares 1996, ^cCastro-Aguirre y Espinoza Pérez 1996, ^cMendizabal-Oriza *et al.* 2000, ^cSoriano-Velásquez *et al.* 2000, 2006, ^cEspinoza Pérez *et al.* 2004, ^cAlejo-Plata *et al.* 2006, 2007, ^cGalván-Magaña 2007, ^cCarrera-Fernández *et al.* 2012, ^cTorres-Huerta *et al.* 2013, 2019, ^cRobertson y Allen 2015, ^{b,c}Del Moral-Flores *et al.* 2015, ^aWeigmann 2016.



Figura 4. Raya redonda de Haller (*Urobatis concentricus*). Foto: Virgilio Antonio.



Figura 5. Hembra de raya coluda (*Styracura pacifica*). Foto: Ana María Torres.

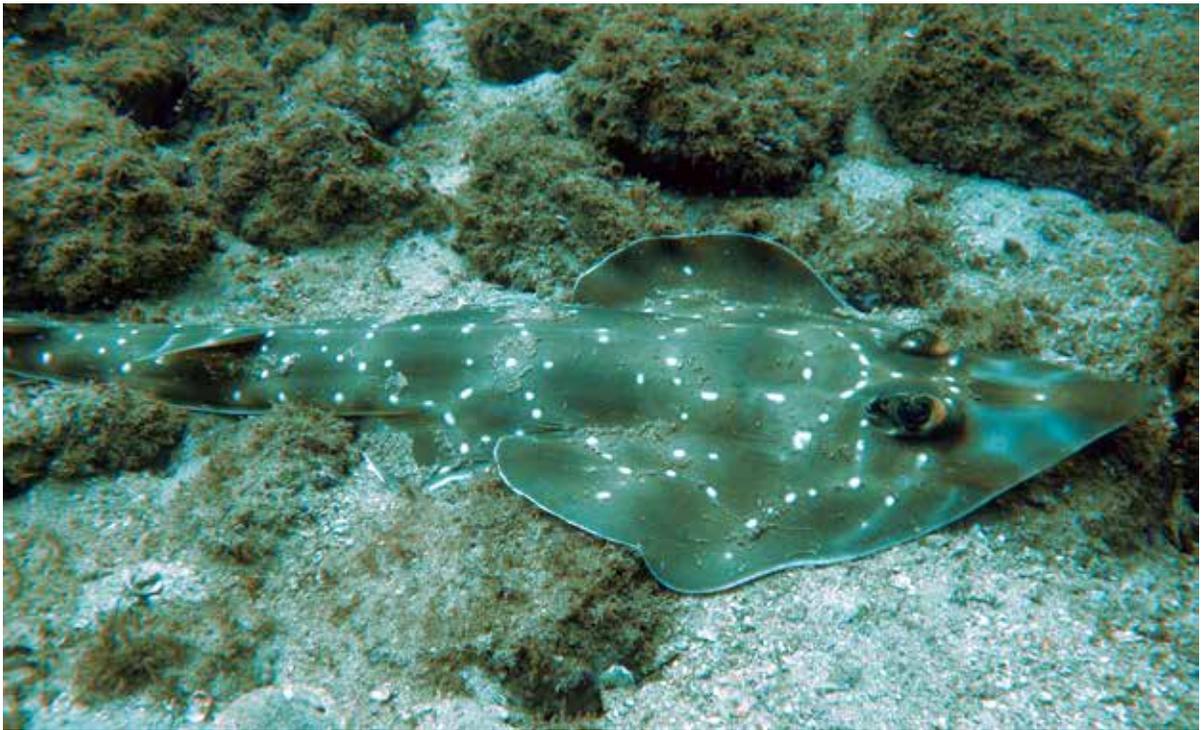


Figura 6. Guitarra de hocico negro (*Pseudobatos prahli*). Foto: Virgilio Antonio.



Figura 7. Hembra y macho de raya denticulada (*Urotrygon cimar*). Foto: Ana María Torres.

Distribución

Los condriictios se han adaptado a una amplia diversidad de hábitats (marinos, salobres y de agua dulce). La mayoría viven en aguas costeras y poco profundas de la plataforma continental, otros son pelágicos al vivir en la columna del agua de mar abierto y sólo pocos se distribuyen en aguas profundas de hasta 3 000 m de profundidad (McEachran y Fechhelm 1998, McEachran y Aschliman 2004).

En Oaxaca, más de la mitad de los condriictios habitan en aguas marinas (33 especies, 54.1%); mientras que el resto pueden encontrarse tanto en aguas marinas como salobres (26, 42.6%); y sólo el tiburón toro (*Carcharhinus leucas*) y el tiburón sierra (*Pristis pristis*) pueden habitar aguas marinas, salobres y continentales. Asimismo, 34 especies de peces cartilaginosos (55.7%) tienen hábitos demersales (viven en o cerca del fondo) y se encuentran sobre la plataforma continental, 16 (26.2%) son pelágicas, y a 10 (16.4%) se les encuentran en o cerca de arrecifes de coral. La costa oaxaqueña se encuentra dentro del Pacífico oriental tropical; esta ubicación implica que 100% de los peces condriictios son tropicales en principio. Sin embargo, 58.1% de ellos tienen afinidad tanto tropical como de aguas templadas, al mostrar una distribución amplia.

La mayoría de los registros de especies en la entidad se concentran en la zona costera alrededor de centros urbanos como Puerto Escondido, Puerto Ángel, Huatulco y Salina Cruz, por lo que una amplia porción de la zona costera y marina se encuentra virtualmente inexplorada (López-Pérez *et al.* 2012).

Importancia

Ecológica

Los peces condriictios controlan las poblaciones de otras especies. En particular, los tiburones son depredadores tope es decir que se localizan en el último eslabón de la red trófica al alimentarse de presas grandes, como otros tiburones o peces grandes. Por su parte, las rayas son mesodepredadores porque se ubican entre los organismos herbívoros y los depredadores tope, al alimentarse de peces pequeños, moluscos, crustáceos o gusanos marinos. En cuanto, las quimeras se alimentan de moluscos, crustáceos y peces. Al depredar a otros organismos, los

condriictios regulan la densidad de las poblaciones de diversas especies y mantienen así el equilibrio de los recursos marinos (Ferretti *et al.* 2013).

Económica

En 2013, la Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca (CONAPESCA) ubicó a Oaxaca en el 5º lugar de la producción de tiburón y cazón, debajo de los estados de Sinaloa, Baja California, Baja California Sur y Nayarit. El porcentaje de lo que se captura en Oaxaca con respecto al total nacional fue de 8.3% en 2013 (CONAPESCA 2013). Los tiburones ocupan el segundo lugar en importancia de captura en la entidad, después del camarón (Tapia-García y Gutiérrez-Díaz 1998). Los ingresos que representa el aprovechamiento de las rayas no han podido cuantificarse porque las estadísticas las mezclan con otras especies. Tampoco se cuenta con el registro del número de aletas de tiburón que son exportadas al continente asiático; su valor puede variar en función del tamaño de la aleta.

Cultural

Dentro de las culturas prehispánicas las ofrendas para los muertos incluían peces, entre ellos el tiburón sierra (*Pristis pristis*). En la actualidad, como parte del patrimonio cultural de los tehuanos, se ejecuta la danza del pescado, la cual es una tradición zapoteca que representa la pesca del tiburón sierra, una especie muy singular de la región. En este baile interviene un hombre que porta sobre su espalda una escultura de este pez hecha de madera y pintada de colores, mientras que, los otros danzantes tratan de atraparlo con el chinchorro, que es una red de pesca (Münch-Galindo 1999).

En el país aún no existe una cultura para proteger los recursos naturales y estos organismos son poco cuidados por el temor que ha generado el cine comercial, donde los tiburones son representados como come humanos.

Situación y estado de conservación

Hoy en día, hay una disminución de las poblaciones de algunas especies de condriictios debido al aumento de la pesca dirigida o incidental, las pesquerías no reguladas, la pérdida y degradación de su hábitat, así como por

efectos del cambio climático (Stevens *et al.* 2000, Chin *et al.* 2010, Molina y Cooke 2012, Dulvy *et al.* 2014, Gallagher *et al.* 2014). Recientemente, diferentes entidades y organizaciones a nivel nacional e internacional han realizado esfuerzos para garantizar la protección de estas especies y sus poblaciones.

A nivel nacional, la NOM-059 protege el ambiente y las especies nativas de México que se consideran en riesgo, como el tiburón ballena (*Rhincodon typus*, figura 8) y el tiburón peregrino (*Cetorhinus maximus*) que se encuentran clasificadas como amenazadas, el tiburón sierra (*Pristis pristis*, figura 9) que está en la categoría en peligro de extinción, y las mantarrayas *Mobula birostris* (figura 10), *M. mobular*, *M. munkiana*, *M. tarapacana* y *M. thurstoni*, que se encuentran sujetas a protección especial (SEMARNAT 2010). Por su parte, la NOM-029-PESC-2006 es específica para la protección de tiburones y rayas: de las 61 especies registradas para el estado, 8 (13.1%) se encuentran bajo protección especial, siendo éstas el tiburón ballena, el tiburón sierra, el tiburón peregrino y las cinco especies de mantarrayas del género *Mobula* (apéndice 35; SAGARPA 2015).

Cuadro 2. Especies registradas bajo alguna categoría de la Lista Roja de UICN.

Categoría	Número de especies
Casi amenazado	10 (16.4)
Datos insuficientes	1 (1.6)
En peligro	11 (18.0)
En peligro crítico	7 (11.5)
Preocupación menor	11 (18.0)
Vulnerable	21 (34.4)

Entre paréntesis se incluye el porcentaje respecto al total de especies.

Fuente: elaboración propia con datos de UICN 2021.

La NOM-029-PESC-2006 estipula que estas especies no pueden ser capturadas bajo ningún caso; si son atrapadas accidentalmente, no deben ser retenidas sino devueltas al agua, y en consecuencia no pueden ser objeto de consumo humano ni comercialización. Para otras 47 especies de condriktios registrados en el estado (77%), la norma indica, entre otras disposiciones, que no podrán pescarse en zonas y temporadas de veda, con el fin de propiciar su aprovechamiento sostenible, su conservación y protección. En esta norma no se encuentran incluidas cinco



Figura 8. Tiburón ballena (*Rhincodon typus*). Foto: Carlos Javier Navarro Sermet/Banco de imágenes CONABIO.



Figura 9. Tiburón sierra (*Pristis pristis*). Foto: David Morgan/Harry Butler Institute-Murdoch University.



Figura 10. Mantarraya gigante (*Mobula birostris*). Foto: Vicente Teófilo Muñoz Fernández/Banco de imágenes CONABIO.

especies (8.2%) de condriictios también presentes en la costa oaxaqueña: la raya redonda denticulada (*Urotrygon cimar*), las rayas guitarra (*Pseudobatos planiceps* y *P. prahli*), la raya ocelada (*Zapteryx xyster*, figura 11) y la raya eléctrica (*Narcine entemedor*).

La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) clasifica a las especies en riesgo en seis categorías, además añade dos categorías más para los casos de especies con datos deficientes y para las que al ser evaluadas no se encuentran en riesgo. De las 61 especies de peces cartilaginosos registradas en la entidad, 60 (98.4%) se encuentran bajo alguna categoría (cuadro 2, apéndice 35). De acuerdo con la UICN, los peces condriictios enfrentan un riesgo mayor que otros grupos de animales, ya que sólo un tercio de estas especies en el mundo se encuentran protegidas (apéndice 35; Dulvy *et al.* 2014).

La Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre (CITES) incluye 16 especies de peces cartilaginosos presentes en Oaxaca en los Apéndices I y II (CITES 2015). El Apéndice I (referente a especies en peligro de extinción) incluye al tiburón sierra *P. pristis*, y en el Apéndice II (referente a especies con comercio controlado para asegurar su supervivencia) se encuentran: tiburón piloto (*C. falciformis*, figura 12), tiburón aleta blanca (*C. longimanus*, figura 13), tiburones martillo (*S. lewini*, *S. zygaena* y *S. mokarran*; figura 14), tiburón zorro (*Alopias pelagicus* y *A. superciliosus*), tiburón peregrino

(*Cetorhinus maximus*), tiburón mako (*Isurus oxyrinchus*), tiburón ballena (*R. typus*), manta gigante (*M. birostris*), manta arpón (*M. mobular*), manta diablo (*M. munkiana*), manta cornuda (*M. tarapacana*) y manta doblada (*M. thurstoni*, apéndice 35).



Figura 11. Raya ocelada (*Zapteryx xyster*). Foto: Virgilio Antonio.



Figura 12. Tiburón piloto (*Carcharhinus falciformis*). Foto: Gerardo del Villar/Banco de imágenes CONABIO.



Figura 13. Juvenil de tiburón aleta blanca (*Carcharhinus longimanus*). Foto: Ana María Torres.



Figura 14. Juvenil de tiburón martillo común (*Sphyrna lewini*). Foto: Ana María Torres.

Amenazas

La principal amenaza para los batoideos son las redes de arrastre de fondo utilizadas en la pesca de camarón, las cuales capturan de forma incidental organismos de todas las edades (recién nacidos, juveniles y adultos) de al menos 13 especies de batoideos (Tapia-García y García-Abad 1998, Torres-Huerta *et al.* 2013). La mayoría de estas especies no son de importancia económica, pero se enfrentan a una explotación incidental grave generada por la demanda del camarón en el mercado.

Por su parte, el tiburón piloto *C. falciformis* y el tiburón martillo *S. lewini* se enfrentan a una sobreexplotación de individuos neonatos y juveniles por parte de la pesquería ribereña y la captura de individuos adultos por la pesquería de altura (Alejo-Plata *et al.* 2007, Castillo-Geniz *et al.* 2010). La conservación de estos peces está en peligro, debido a que al constituir el segundo recurso pesquero en importancia económica en la entidad, son una importante fuente de empleo. Desafortunadamente, éste es uno de los principales problemas que trae consigo la actividad pesquera en el país y en el mundo.

Acciones de conservación

La CONAPESCA con base en estudios biológico-pesqueros realizados por instituciones de educación superior, investigación científica y el Instituto Nacional de Pesca (INAPESCA), genera instrumentos regulatorios para las pesquerías de tiburones y rayas (figuras 15 a 18) que ordenan el manejo y conducen a la conservación de estas especies. Un instrumento es el Plan de Acción Nacional para el Manejo y Conservación de Tiburones, Rayas y Especies Afines en México (PANMCT) como respuesta

al Plan de Acción Internacional para la Conservación y Ordenación de los Tiburones (PAI-Tiburones) propuesto por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO; Castillo-Géniz 2009). Dicho documento considera un conjunto de directrices y programas permanentes de investigación, regulación, vigilancia y educación para ordenar y optimizar las modalidades de aprovechamiento y conservación de tiburones, rayas y especies afines en aguas de jurisdicción federal de México.



Figura 15. Raya eléctrica ocelada (*Diplobatis ommata*). Foto: Virgilio Antonio.



Figura 16. Hembra y macho de gavilán pinto (*Aetobatus narinari*). Foto: Eduardo Ramírez.



Figura 17. Agrupación de gavián dorado (*Rhinoptera steindachneri*). Foto: Eduardo Ramírez.



Figura 18. Raya mariposa (*Gymnura marmorata*). Foto: Virgilio Antonio.

Las medidas de manejo vigentes para peces cartilagosos se aplican a nivel nacional para: 1) límites de producción; 2) control de los permisos de pesca o esfuerzo pesquero por pesquería; 3) tallas mínimas de captura por especie; 4) protección de especies bajo consideración especial; 5) prohibición del uso de condriictios como carnada; 6) vedas para proteger el reclutamiento; 7) hábitat crítico; 8) protección indirecta limitando la captura incidental de tiburones en otras pesquerías; 9) control de la captura incidental de las especies no objetivo en la pesca de tiburón; 10) pesca selectiva mediante especificaciones técnicas de sistemas de captura; y 11) establecimiento de zonas de refugio.

Conclusión y recomendaciones

En el litoral oaxaqueño se han documentado 28.5% de los peces condriictios presentes en México y 5.1% del

mundo. Las especies de tiburón conforman la segunda pesquería más importante del estado; sin embargo, no se cuenta con una evaluación del recurso, por lo que su explotación se está desarrollando sin conocer si el rendimiento es sostenible. De modo paralelo, las especies de batoideos son capturadas de forma incidental en la pesquería de camarón y probablemente están siendo sometidos a una sobreexplotación. Los condriictios se reproducen a un ritmo lento, es decir, tardan más tiempo para llegar a la madurez sexual y poder reproducirse, además de que el número de crías es reducido, lo cual los hace organismos vulnerables a la sobrepesca. Aunado a esto, falta aplicar de manera estricta las políticas nacionales para su conservación y aprovechamiento.

Agradecimientos

Los autores agradecen a los revisores las aportaciones realizadas a este trabajo.

Referencias

- Alejo-Plata, C., G.C. Guevara y G. González-Medina. 2006. La pesca artesanal de tiburón en la Costa Chica de Oaxaca, México, 2000-2003. En: *Memorias de la Primera Conferencia de Pesquerías Costeras en América Latina y el Caribe. Evaluando, manejando y balanceando acciones*. Yucatán.
- Alejo-Plata, C., J.L. Gómez-Márquez, S. Ramos *et al.* 2007. Presencia de neonatos y juveniles del tiburón martillo *Sphyrna lewini* (Griffith & Smith 1834) y del tiburón sedoso *Carcharhinus falciformis* (Müller & Henle 1839) en la costa de Oaxaca, México. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 42(3):403-413.
- Amezcu-Linares, F. 1996. *Peces demersales de la plataforma continental del Pacífico central de México*. UNAM/CONABIO, México.
- Amezcu-Linares, F. y F. Amezcua. 2009. Occurrence of *Urotrygon cimar* (Urotrygonidae) in the central Pacific coast of Mexico. *Cybiurn* 33(4):337-338.
- Carrera-Fernández, M., F. Galván-Magaña y O. Escobar-Sánchez. 2012. First record of Gorgona guitarfish, *Rhinobatos prahli*, from the gulf of Tehuantepec, Mexican Pacific. *Marine Biodiversity Records* 5(e6).
- Castillo-Géniz, J.L. 2009. Conservar tiburones. *Biodiversitas* 84:1-5.
- Castillo-Géniz, L., S.R.S. Velázquez y R.V. Talavera. 2010. Pesquerías mexicanas de tiburón en el océano Pacífico. En: *Pesquerías Latinoamericanas*. T. Machii y J. Flores (eds). SAGARPA, México, pp. 211-241.
- Castro-Aguirre, J.L. y H. Espinosa Pérez. 1996. *Catálogo sistemático de las rayas y especies afines de México (Chondrichthyes: Elasmobranchii: Rajiformes: Batoideiomorpha)*. Listados faunísticos de México VII. UNAM, México.
- CITES. 2015. Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre. En: <<http://www.cites.org/esp/disc/what.php>>, última consulta: septiembre de 2018.
- Compagno, L.J.V. 1990. Alternative life-history styles of cartilaginous fishes in time and space. *Environmental Biology of Fishes* 28(3):3-75.
- CONAPESCA. Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca. 2013. *Anuario estadístico de acuicultura y pesca 2013*. CONAPESCA, México.
- Chapman, D.D., M.J. Corcoran, G.M. Harvey *et al.* 2003. Mating behavior of southern stingrays, *Dasyatis americana* (Dasyatidae). *Environmental Biology of Fishes* 68:241-245.
- Chin, A., P.M. Kyne, T.I. Walker *et al.* 2010. An integrated risk assessment for climate change: analysing the vulnerability of sharks and rays on Australia's Great Barrier Reef. *Global Change Biology* 16(7):1936-1953.
- Del Moral-Flores, L.F., J.J. Morrone, J.A. Durand *et al.* 2015. Listado anotado de los tiburones, rayas y quimeras (Chondrichthyes, Elasmobranchii, Holocephali) de México. *Arxius de Miscel·lània Zoològica* 13:47-163.
- Dulvy, N.K., S.L. Fowler, J.A. Musick *et al.* 2014. Extinction risk and conservation of the world's sharks and rays. *eLIFE* 3:e00590.
- Eschmeyer, W.N. y J.D. Fong. 2017. *Species by family/subfamily*. En: <<http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/SpeciesByFamily.asp>>, última consulta: abril de 2019.

- Eschmeyer, W.N., R. Fricke, J.D. Fong *et al.* 2010. Marine fish diversity: history of knowledge and discovery (Pisces). *Zootaxa* 2525:19-50.
- Espinoza Pérez, H., J.L. Castro-Aguirre y L. Huidobro Campos. 2004. *Catálogo sistemático de tiburones (Elasmobranchii: Selachimorpha)*. Listados faunísticos de México IX. UNAM, México.
- Ferretti, F., G.C. Osio y C.J. Jenkins *et al.* 2013. Long-term change in a meso-predator community in response to prolonged and heterogeneous human impact. *Scientific Reports* 3(1057):1-11.
- Gallagher, A.J., E.S. Orbesen, N. Hammerschlag *et al.* 2014. Vulnerability of oceanic sharks as pelagic longline bycatch. *Global Ecology and Conservation* 1:50-59.
- Galván-Magaña, F. 2007. *Caracterización de la pesquería artesanal de tiburones desembarcados en Salina Cruz, Oaxaca*. Proyecto SAGARPA/CONACYT, México.
- Lagler, K.F., J.E. Bardach, R.R. Miller *et al.* 1990. *Ictiología*. AGT Editor S.A., México.
- López-Pérez, R.A., R. Bastida-Zavala, M.S. García-Madrigal *et al.* 2012. ¿Cuánto sabemos de la diversidad de la fauna marina y costera de Oaxaca? En: *Recursos acuáticos costeros del sureste: tendencias actuales en investigación y estado del arte*. Vol. 1. A.J. Sánchez, X. Chiappa-Carrara y R.B. Pérez (eds.). Fondo Mixto de Fomento a la Investigación Científica y Tecnológica-CONACYT/Gobierno del Estado de Yucatán, Mérida, pp. 435-449.
- McEachran, J.D. y N. Aschliman. 2004. Phylogeny of Batoidea. En: *Biology of sharks and their relatives*. J.C. Carrier, J.A. Musick y M.R. Heithaus (eds.). CRC Press, Florida, pp. 115-135.
- McEachran, J.D. y J.D. Fechhelm. 1998. *Fishes of the gulf of Mexico*. University of Texas Press, Austin.
- McEachran, J.D. y G. Notarbarloto di Sciara. 1995. Peces Batoideos. En: *Guía para la identificación de especies para los fines de la pesca, Pacífico centro oriental*. W. Fischer, F. Krupp, W. Schneider *et al.* (eds.). FAO, Roma, pp. 746-792.
- Mendizabal-Oriza, D., R. Vélez-Marín, J.F. Márquez-Farías y S.R. Soriano-Velásquez. 2000. Tiburones oceánicos. En: *Sustentabilidad y pesca responsable en México: evaluación y manejo 1999-2000*. INAPESCA, Ciudad de México, pp. 179-210.
- Molina, J.M. y S.J. Cooke. 2012. Trends in shark bycatch research: current status and research needs. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 22:719-737.
- Münch-Galindo, G. 1999. *La organización ceremonial de Tehuantepec y Juchitán*. Instituto de Investigaciones Antropológicas-UNAM, México.
- Robertson, D.R. y G.R. Allen. 2015. *Peces costeros del Pacífico oriental tropical: sistema de información en línea. Versión 2.0*. En: <<http://biogeodb.stri.si.edu/sfstep/es/pages>>, última consulta: 9 noviembre de 2021.
- SAGARPA. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación. 2015. *Modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-029-PESC-2006*. Publicada el 11 de febrero de 2015 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.
- 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. Última reforma publicada el 14 de noviembre de 2019.
- Soriano-Velásquez, S.R., A. Solís-Nava, C. Ramírez-Santiago *et al.* 2000. Tiburones del Golfo de Tehuantepec. En: *Sustentabilidad y pesca responsable en México: evaluación y manejo 1999-2000*. INAPESCA, Ciudad de México, pp. 211-236.
- Soriano-Velásquez, S.R., D.E. Acal-Sánchez, J.L. Castillo-Geniz *et al.* 2006. Tiburón del Golfo de Tehuantepec. En: *Sustentabilidad y pesca responsable en México: evaluación y manejo*. INAPESCA, Ciudad de México, pp. 325-364.
- Stevens, J.D., R. Bonfil, N.K. Dulvy *et al.* 2000. The effects of fishing on sharks, rays, and chimaeras (Chondrichthyans), and the implications for marine ecosystems *ICES Journal of Marine Science* 57:476-494.
- Tapia-García, M. y M.C. García-Abad. 1998. Los peces acompañantes del camarón y su potencial como recurso en las costas de Oaxaca y Chiapas. En: *El golfo de Tehuantepec: el ecosistema y sus recursos*. M. Tapia-García (eds.). Unidad Iztapalapa-UAM, México, pp. 179-196.
- Tapia-García, M. y B. Gutiérrez-Díaz. 1998. Recursos pesqueros de los estados de Oaxaca y Chiapas. En: *El golfo de Tehuantepec: el ecosistema y sus recursos*. M. Tapia-García (eds.). Unidad Iztapalapa-UAM, México, pp. 149-162.
- Torres-Huerta, A.M., P.E. Carrasco-Bautista y A. Cruz-Martínez. 2013. Presence of the denticled roundray *Urotrygon cimar* in the Gulf of Tehuantepec, Mexico. *Marine Biodiversity Records* 6:e21.
- Torres-Huerta, A.M., R.A. López-Pérez, A. Gracia y M. Tapia-García. 2019. Distribution of demersal assemblages of batoid fishes at the continental platform of the Gulf of Tehuantepec. *Marine and Freshwater Research* 70:1-14.
- UICN. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. 2021. *Lista Roja de especies amenazadas de la uicn. Versión 2021-2*. En: <<https://www.iucnredlist.org>>, última consulta: 19 de septiembre de 2021.
- Weigmann, S. 2016. Annotated checklist of the living sharks, batoids and chimaeras (Chondrichthyes) of the world, with a focus on biogeographical diversity. *Journal of Fish Biology* 88(3):837-1037.
- Wourms, J.P. 1977. Reproduction and Development in Chondrichthyan Fishes. *American Zoologist* 17(2):379-410.



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Soldado panámico (*Myripristis leiognathos*) Santa María Huatulco. Foto: Virgilio Antonio Pérez/Banco de imágenes CONABIO.

Peces teleósteos marinos y costeros

Ana María Torres Huerta, Pedro Luis Díaz Carballido, Alicia Cruz Martínez,
Genoveva Cerdenares Ladrón de Guevara y Virgilio Antonio Pérez

Descripción

Los peces teleósteos se caracterizan por presentar un esqueleto constituido por tejido óseo, denominado hueso. La mayoría posee un cuerpo cubierto por escamas que le brindan protección y una vejiga natatoria para regular la flotabilidad en la columna de agua. Obtienen el oxígeno disuelto del agua a través de las branquias o agallas, las cuales están protegidas por una estructura osificada llamada opérculo. Presentan cinco tipos de aletas: pectorales y pélvicas;¹ anal² y dorsal³ que proporcionan estabilización durante el nado; y la aleta caudal⁴ (Lagler *et al.* 1990).

La forma del cuerpo puede ser fusiforme (sardina), alargada (morenas), oblonga verticalmente (caballitos de mar), aplanada dorso-ventralmente (pez sapo) y aplanada lateralmente (pez ángel, lenguados; figura 1). Asimismo, pueden estar cubiertos de espinas (pez erizo), placas duras (pez diablo) o escamas. Presentan un órgano sensorial, llamado línea lateral, que les permite detectar vibraciones provocadas por obstáculos o depredadores (Helffman *et al.* 1997).

Los peces teleósteos presentan una baja concentración de urea en la sangre, ya que su principal manera de eliminar desechos del metabolismo es en forma de amoníaco a través de las branquias. Del mismo modo, regulan su presión osmótica (diferencia de presión en su membrana celular) bebiendo agua de mar y secretando sales a través de sus branquias (Helffman *et al.* 1997).

Las estrategias reproductivas varían mucho en este grupo, ya que pueden presentar hermafroditismo (un individuo con los dos sexos), partenogénesis (el óvulo se desarrolla sin necesidad de ser fecundado), sexos separados (gonocórico) o una combinación de los anteriores (Lowerre-Barbieri *et al.* 2011). Algunas especies se reúnen en grupos denominados cardúmenes para protegerse de los depredadores, para reproducirse o para buscar zonas de alimentación.

Las especies ancestrales de los peces teleósteos aparecieron hace más de 200 millones de años (Helffman *et al.* 1997). A través de cuatro radiaciones adaptativas (proceso por el cual un linaje se diversifica rápidamente), el grupo logró una asombrosa diversificación en 45 órdenes, 492 familias y 4 278 géneros (Helffman *et al.* 1997, Eschmeyer y Fong 2017). Sin embargo, a pesar de este éxito evolutivo, al menos 32 teleósteos se han extinguido a nivel local, regional o global debido a la explotación, la pérdida y la degradación del hábitat (Dulvy *et al.* 2003).

Diversidad

Los peces constituyen el grupo de vertebrados más diverso del planeta con 34 464 especies conocidas (Eschmeyer y Fong 2017). En México se han registrado 2 763 especies de teleósteos, lo que representa cerca de 9.8% del total conocido en el mundo (Espinosa-Pérez 2014). El golfo de México es la región con mayor diversidad de pe-

¹ Las aletas pectorales y pélvicas están situadas a los costados y por detrás del opérculo, proporcionan equilibrio al cuerpo.

² La aleta anal se sitúa ventralmente y posterior al ano.

³ La aleta dorsal se encuentra en la zona media del dorso.

⁴ La aleta caudal se ubica en la parte posterior y proporciona el impulso para el movimiento.



Figura 1. a) Ojoton (*Selar crumenophthalmus*); b) morena estrellada (*Echidna nebulosa*); c) caballito de mar (*Hippocampus ingens*); d) pez sapo (*Chaunax* sp.); e) lenguado leopardo (*Bothus leopardinus*). Fotos: Virgilio Antonio (a, b, c, e), NOAA 2016 Deepwater Exploration of the Marianas (d).

ces en el país con 1 541 especies documentadas (Felder y Camp 2009), seguida por el golfo de California con 891 (Brusca et al. 2005).

En el litoral oaxaqueño se tienen registradas 516 especies marinas y costeras (apéndice 36), lo que corresponde a 18.7% de los peces teleósteos de México. Esta diversidad se ha clasificado en 41 órdenes, 98 familias y 299 géneros (cuadro 1). El orden Perciformes es el grupo mejor representado con 14 familias (14.1%) y 102 especies (19.8%). De este grupo, las familias con mayor número de especies son: Serranidae (23) y Haemulidae (22). La diversidad de peces teleósteos conocidos en Oaxaca podría incrementarse sustancialmente, debido a que la mayor parte de la superficie marina del estado permanece aún sin explorar (López-Pérez et al. 2012, Bastida-Zavala et al. 2013).

Cabe mencionar que 2.9% de las especies de teleósteos registradas en la costa oaxaqueña son endémicas de aguas del Pacífico mexicano, siendo éstas *Porichthys ephippiatus* (sapo ensillado), *Acanthemblemaria macrospilus* (tubicola mexicano, figura 2), *Arcos erythroptus* (chupapiedra de cantil), *Axoclinus storeyae* (pez tres aletas), *Barbulifer mexicanus* (gobio alambión), *Cynoscion xanthurus* (corvina boquinaranja), *Dactyloscopus elongatus* (miraestrellas esbelta), *Labrisomus xanti* (trambollo bocón), *Micropogonias ectenes* (chano mexicano), *Pareques fuscovittatus* (payasito lindo,

figura 3), *Starksia grammilaga* (trambollito estilógrafo), *S. spinipennis* (trambollito macho), *Tomicodon eos rhadinus* (chupapiedra rosada), *T. zebra* (chupapiedra cebra, figura 4) y *Poeciliopsis fasciata* (guatopote de San Jerónimo, figura 5). Esta última se restringe a las costas de Guerrero, Oaxaca y Chiapas (Robertson y Allen 2015, Froese y Pauly 2017).

Cuadro 1. Comparación de la composición taxonómica de los peces teleósteos.

Categoría taxonómica	Mundo	México	Oaxaca
Especies	34 464	2 763	516
Géneros	5 212	967	299
Familias	853	265	98
Órdenes	63	54	41

Fuente: Castro-Aguirre 1982, Allen et al. 1995, Tapia-García 1997, 1998, Tapia-García et al. 1998, Tapia-García y Mendoza-Rodríguez 2005, Alejo-Plata et al. 2006, 2016, Ramírez-Gutiérrez et al. 2007, López-Pérez et al. 2008, 2010, 2014, Mendoza et al. 2009, Bautista-Romero et al. 2012, Bastida-Zavala et al. 2013, Juárez-Hernández et al. 2013, Núñez-Orozco et al. 2013, Zepeta-Vilchis et al. 2013, Cerdaneres-Ladrón de Guevara et al. 2014, Del Moral-Flores et al. 2014, 2016, Espinosa-Pérez 2014, Robertson y Allen 2015, Martínez-Muñoz et al. 2016, Ruiz-Pérez et al. 2016, Eschmeyer y Fong 2017, Froese y Pauly 2017, Juárez-Hernández y Tapia-García 2017, 2018, Hernández-Roque et al. 2018, Romero-Berny et al. 2018, Fricke et al. 2021, CONABIO 2021, UICN 2021.



Figura 2. Tubícola mexicano (*Acanthemblemaria macrospilus*). Foto: Cristian Moisés Galván Villa/Banco de imágenes CONABIO.



Figura 3. Payasito lindo (*Pareques fuscovittatus*). Foto: Cristian Moisés Galván Villa/Banco de imágenes CONABIO.



Figura 4. Chupapiedra cebra (*Tomicodon zebra*). Foto: Cristian Moisés Galván Villa/Banco de imágenes CONABIO.



Figura 5. Guatopote de San Jerónimo (*Poeciliopsis fasciata*). Foto: Adán E. Gómez González/Banco de imágenes CONABIO.

Distribución

La distribución de los teleósteos es amplia, se encuentran prácticamente en cualquier ecosistema acuático, desde ambientes dulceacuícolas o marinos, con un amplio gradiente térmico (-18°C hasta 80°C), con altas salinidades (>80 ups) e incluso ambientes anóxicos (carente de oxígeno; Nelson 2006).

En el estado, 70.4% de los teleósteos reportados en este capítulo viven en ambientes marinos; 20.5% habita tanto ambientes marinos como salobres; 6.2% corresponde a especies que pueden encontrarse en ambientes marinos, salobres y dulceacuícolas; y sólo 2.9% habitan ambientes salobres y de agua dulce, siendo éstas *Amphilophus trimaculatus* (mojarra prieta), *Anchoa starksi* (anchoa de Stark), *Astatheros macracanthus* (mojarra de Guamuchal), *Awaous transandeanus* (gobio de río), *Cathorops taylori* (bagre baboso), *Eleotris picta* (guavina manchada, figura 6), *Gobiomorus maculatus* (dormilón manchado), *Poecilia butleri* (topote del Pacífico), *P. nelsoni* (topote mexicano), *P. sphenops* (molly dálmata, figura 7), *Poeciliopsis fasciata* (guatopote de San Jerónimo), *P. pleurospilus* (guatopote manchote), *P. turrubarensis* (guatopote del Pacífico), *Pseudophallus starksii* (pez pipa del río) y *Sciades dowii* (bagre moreno). Asimismo, 229 especies (44.3%) tienen hábitos demersales (viven en o cerca del fondo) y se encuentran sobre la plataforma continental, a 141 (27.3%) se les encuentra en o cerca de arrecifes de coral y 147 (28.4%) son pelágicas (habitan en la columna de agua; Robertson y Allen 2015, Froese y Pauly 2017, CONABIO 2021).



Figura 6. Guavina manchada (*Eleotris picta*). Foto: Eduardo Soto Galea/Banco de imágenes CONABIO.

Importancia

Ecológica

La función de los peces teleósteos se centra en los flujos de energía en los ecosistemas, que por ser organismos con movimiento propio en la columna de agua son responsables del almacenamiento, exportación e importación de energía dentro y entre los ecosistemas que habitan (Helfman *et al.* 1997). En este sentido, los peces se reconocen como los principales reguladores poblacionales de los ambientes acuáticos, al encontrarse en los niveles tróficos más altos, como los grandes peces que habitan en la costa oaxaqueña (marlines y atunes).

También son responsables de la transformación de la energía potencial del *detritus*⁵ en energía asimilable por niveles tróficos superiores, como los peces detritívoros (p.e. lisas y tilapias, Mugílidos y Cíclidos, respectivamente). Como conductores de la energía a través de la red trófica, se reconocen a especies como forrajeras, entre las que se encuentran pequeños túnidos como el salmonete (*Auxis thazard*, figura 8), abundante en la entidad.

Económica

De acuerdo con la zonificación de la Comisión Nacional de Pesca, Oaxaca se ubica dentro de la región II junto con los estados de Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero y Chiapas. La producción pesquera del estado registró en 2018 una captura de alrededor de 17 673 t, representando apenas 0.8% de la producción total del país



Figura 7. Molly dálmata (*Poecilia sphenops*). Foto: Isái Domínguez Guerrero/Banco de imágenes CONABIO.

⁵ Residuo procedente de la descomposición de materia orgánica.



Figura 8. Salmonete o melva (*Auxis thazard*). Foto: Carlos González Gándara/Banco de imágenes CONABIO.

(CONAPESCA 2018). Esta situación es el reflejo del deficiente sistema de aprovechamiento, debido a que a pesar de que el golfo de Tehuantepec es una de las regiones más productivas del Pacífico mexicano en términos biológicos, el rendimiento pesquero es bajo (Tapia-García y Gutiérrez-Díaz 1998, Lara-Lara y Bazán-Guzmán 2005). Lo anterior se debe principalmente a la escasa infraestructura portuaria y la falta de implementación de tecnología pesquera (Tapia-García y Gutiérrez-Díaz 1998).

En el ámbito de la pesca marina, en las costas oaxaqueñas se han identificado al menos 194 especies de peces, de las cuales el huachinango (*Lutjanus peru*), el pargo amarillo (*L. argentiventris*, figura 9), el pargo colorado (*L. colorado*), el jurel (*Caranx caninus*, figura 10) y el atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*, figura 11) sobresalen por su valor económico. Cabe mencionar que las capturas de barrilete negro (*Euthynnus lineatus*, figura 12), obtenidas por la flota artesanal y registradas en el estado, son las más importantes a nivel nacional.

Turismo

En el estado se practica la pesca deportivo-recreativa donde se aprovechan especies como el pez vela (*Istiophorus platypterus*), el marlin rayado (*Kajikia*

audax) y el dorado (*Coryphaena hippurus*). Esta actividad se practica durante los torneos de pesca, pero se está convirtiendo en un atractivo común para el turismo que tiene como destino Huatulco y Puerto Escondido (Cerdenares-Ladrón de Guevara *et al.* 2014).

Por otra parte, la ictiofauna presente en las formaciones coralinas o en sus alrededores está representada por los peces mariposa (Chaetodontidae, figura 13), peces ángel (Pomacanthidae, figura 14), peces damisela (Pomacentridae), lábridos (Labridae), peces cirujano (Acanthuridae) y peces cofre (Ostraciidae; López-Pérez *et al.* 2010). Éstos, además de tener importancia biológica y ecológica, resultan atractivos por su coloración o formas llamativas para los turistas que nadan en las playas del estado.

Cultural

Como parte de las tradiciones culturales en San Mateo del Mar se realizan rituales de petición de lluvia por parte de la gente *ikoots* (pueblo indígena que habita en el Istmo de Tehuantepec), en los cuales se pronuncian oraciones para pedir la entrada del mar en la laguna Superior e Inferior y con ello favorecer la presencia de recursos pesqueros que sirvan para su alimentación (Filgueiras Nodar 2014).



Figura 9. Pargo amarillo (*Lutjanus argentiventris*). Foto: Carlos Javier Navarro Serment/Banco de imágenes CONABIO.



Figura 10. Jurel (*Caranx caninus*). Foto: Harrison Stubbs.



Figura 11. Atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*). Foto: Terry Maas.



Figura 12. Barrilete negro (*Euthynnus lineatus*). Foto: Ron Lucas.



Figura 13. Mariposa barbero (*Johnrandallia nigrirostris*). Foto: Ron Lucas.



Figura 14. Ángel real (*Holacanthus passer*). Foto: Ron Lucas.

Situación y estado de conservación

Los peces teleósteos son el recurso más aprovechado por la actividad pesquera en el planeta. La sobreexplotación,⁶ la captura incidental y el tiempo que tarda una especie en alcanzar la madurez son los factores que determinan la vulnerabilidad en estos organismos. El impacto de las actividades humanas (sobrepesca, descarga de nutrientes, derrames de petróleo, destrucción del hábitat, bioinvasiones, florecimientos algales nocivos y cambios globales) en las zonas marinas y costeras tiene como consecuencia la pérdida de hábitat, la disminución de la biodiversidad, la reducción de las poblaciones y la extinción de las especies marinas (Dulvy *et al.* 2003, Mancera-Pineda *et al.* 2013).

En México se desconoce el estado de conservación de la mayoría de los peces marinos (Torres-Orozco y Pérez-Hernández 2011). La Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentable (SEMARNAT 2017) y la Carta Nacional Pesquera (SAGARPA 2012) son instrumentos legales que sirven para la regulación, la conservación, la preserva-

ción, la explotación y el manejo de especies acuáticas, entre ellas los peces teleósteos, con el sustento de la NOM-059 (SEMARNAT 2010).

En Oaxaca, del total de peces teleósteos marinos registrados (516), sólo cinco especies (1%) se incluyen dentro de la NOM-059 (SEMARNAT 2010) en la categoría sujeta a protección especial (Pr): topote del Pacífico (*Poecilia butleri*), bocón azul (*Opistognathus rosenblatti*), pez ángel rey (*Holacanthus passer*), pez ángel de Cortés (*Pomacanthus zonipectus*) y caballito de mar del Pacífico (*Hippocampus ingens*, figura 15). Se estima que más especies podrían estar en alguna categoría de riesgo. Para los teleósteos incluidos en la norma se estipula que se debe propiciar su recuperación y conservación, junto con las poblaciones de especies asociadas.

La NOM-017 (SAGARPA 1995) regula la cantidad y el tamaño de las especies que se capturan en la pesca deportiva, como marlin rayado (*Kajikia audax*), pez vela (*Istiophorus platypterus*) y marlin negro (*Istiompax indica*). A nivel mundial, la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre (CITES) incluye a las especies que son

⁶ La sobreexplotación pesquera es el principal factor de pérdida de la diversidad en peces teleósteos marinos (Jackson *et al.* 2001, Mancera-Pineda *et al.* 2013).



Figura 15. Caballito de mar (*Hippocampus ingens*). Foto: Virgilio Antonio.

objeto de comercio en dos apéndices y garantiza su conservación (CITES 2015). Para el estado, esta convención incluye únicamente a *H. ingens* dentro del Apéndice II, que recomienda controlar su comercio para asegurar su supervivencia.

Por su parte, la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) es la autoridad mundial en materia de conservación de la naturaleza y los recursos naturales, y cuenta con un inventario (Lista Roja) de especies agrupadas en seis categorías de conservación (UICN 2011). De las 516 especies de peces teleósteos marinos presentes en el litoral oaxaqueño se reporta los siguiente (UICN 2021):

- Datos Insuficientes (DD). En esta categoría se encuentran 27 especies (5.2%).
- Preocupación menor (LC). Se reportan 446 especies (86.4%).
- Casi amenazada (NT). Se encuentran dos especies (0.4%): *T. albacares* y *K. audax*.
- No evaluado. Se incluyen 36 especies (7%) de peces óseos marinos registrados en el estado.

- Vulnerable (VU). En esta categoría se citan 5 especies (1%), siendo estas: *Makaira nigricans* (marlin azul), *Thunnus obesus* (atún ojo grande), *Hyporthodus acanthistius* (baqueta), *H. ingens* (caballito de mar) y *Mola mola* (pez luna), las cuales son especies que enfrentan un alto riesgo de extinción en estado silvestre a mediano plazo.

Amenazas

La principal amenaza para los teleósteos son las redes de arrastre de fondo utilizadas en la pesca de camarón. Estas artes de pesca capturan de forma incidental organismos de al menos 178 especies de peces óseos nativos de la entidad, de las cuales 16% son muy abundantes, 24% son abundantes y 60% son escasos (Tapia-García 1998, Tapia-García y García-Abad 1998). La proporción de pesca de peces y camarón es de 16:1 con estas redes, por lo que la sobreexplotación de camarón afecta directamente la diversidad y abundancia de peces (Tapia-García y García-Abad 1998).

Asimismo, la ictiofauna costera oaxaqueña presenta amenazas para su conservación debido a que en el estado se localizan cuencas hidrológicas contaminadas tanto por materia orgánica (eutrofización, microorganismos patógenos) como inorgánica (sólidos, líquidos y gases), proveniente de los asentamientos humanos cercanos a los cuerpos de agua y las actividades productivas como la industria, agroindustria y agricultura. El alto contenido de materia orgánica en suspensión genera condiciones de bajas concentraciones de oxígeno disuelto en el agua que son perjudiciales o letales para los peces (Martínez-Ramírez *et al.* 2004).

Acciones de conservación

Las medidas que deben considerarse para la conservación de los teleósteos oaxaqueños son diversas. Desde el punto de vista biológico, es necesario tener un inventario actualizado, en el cual se evalúe la vulnerabilidad de cada una de las especies, además del conocimiento de su biología, con el fin de propiciar un mejor uso y aprovechamiento. Desde el punto de vista legal, es importante incluir en la NOM-059-SEMARNAT-2010 a *M. nigricans*, *H. acanthistius*, *M. mola* y *T. obesus* detectados por la UICN como especies vulnerables.

En el litoral de oaxaqueño existen dos áreas de protección para la diversidad marina y costera, el Parque Nacional Huatulco y el Parque Nacional Lagunas de Chachahua. A pesar de que ambos cuentan con un plan de manejo, enfrentan riesgos para la protección de la ictiofauna por el poblamiento acelerado, la actividad turística, la contaminación por desechos sólidos, la sobreexplotación de recursos pesqueros y la introducción de especies exóticas (Rivera-Rivera 2011, García-Grajales y Buenrostro-Silva 2013). Asimismo, el calentamiento global afecta las áreas coralinas presentes en el estado, las cuales son utilizadas por la ictiofauna como áreas de

protección o crianza. Toda esta situación se agrava si se considera que no hay un cumplimiento estricto de la legislación existente.

Conclusión y recomendaciones

Las aguas marinas y costeras de Oaxaca sirven de hábitat para al menos 516 especies de teleósteos, lo que corresponde a 18.7% de los peces óseos presentes en México. Estas cifras podrían incrementarse sustancialmente, debido a que la mayor parte de la superficie marina del estado permanece aún sin explorar. Los teleósteos representan uno de los recursos pesqueros más importantes en el estado, generando importantes empleos e ingresos económicos para la población. Al mismo tiempo, se captura un importante volumen de peces óseos como fauna de acompañamiento en la pesca del camarón, los cuales son desechados al mar sin darles un uso. Por ello, es indispensable mejorar el conocimiento sobre la ictiofauna oaxaqueña.

Las futuras investigaciones en la región deben enfocarse en terminar de explorar las aguas marinas y costeras del estado para completar el listado de especies, además de aumentar el conocimiento de su biología y ecología. En cuanto a la problemática de la fauna de acompañamiento, es necesario realizar estudios para incrementar la selectividad de las redes de arrastre y con esto disminuir el gran volumen de peces capturados incidentalmente en la pesquería de camarón. Es necesario evaluar el estado de los recursos para establecer los rendimientos máximos sostenibles, diversificar el aprovechamiento de las especies, y sobre esta base determinar estrategias y reglamentos para una mejor administración y manejo de los recursos. Estas iniciativas promoverán la conservación y uso sustentable a mediano y largo plazo en las comunidades costeras del estado.

Referencias

Alejo-Plata, M.C., G. Cerdaners Ladrón de Guevara y G. González-Medina. 2006. La pesca artesanal de tiburón en la Costa Chica de Oaxaca, México, 2000-2003. En: *Memorias de la Primera Conferencia de Pesquerías Costeras en América Latina y el Caribe. Evaluando, manejando y balanceando acciones.* Yucatán.

Alejo-Plata, M.C., M.Á. Ahumada-Sempoal, J.L. Gómez-Márquez y A. González-Acosta. 2016. Estructura poblacional y aspectos reproductivos del tiburón piloto *Carcharhinus falciformis* (Müller & Henle, 1839) (Carcharhiniformes: Carcharhinidae) en la costa de Oaxaca, México. *Latin American Journal of Aquatic Research* 44:513-524.

- Allen, G.R., M.L. Bauchot, D.R. Bellwood *et al.* 1995. Peces óseos. En: *Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico centro-oriental*. Vol. II y III. W. Fischer, F. Krupp, W. Schneider *et al.* (eds.). ONU/FAO, Roma, pp. 799-1652.
- Bastida-Zavala, J.R., M.S. García-Madrigal, E.F. Rosas-Alquicira *et al.* 2013. Marine and coastal biodiversity of Oaxaca, Mexico. *Check List* 9(2):329-390.
- Bautista-Romero, J.J., S.S. González-Peláez, L. Campos-Dávila y D. Lluch-Cota. 2012. Length-weight relationships of wild fish captured at the mouth of Río Verde, Oaxaca, Mexico and connected lagoons (Miniyua, El Espejo, Chacahua and Pastoria). *Journal of Applied Ichthyology* 28:269-271.
- Brusca, R.C., L.T. Findley, P.A. Hastings *et al.* 2005. Macrofaunal diversity in the Gulf of California. En: *Biodiversity, ecosystems, and conservation in northern Mexico*. G.C. Jean-Luc, E. Cartron y R.S. Felger (eds.). Oxford University Press, Estados Unidos, pp. 179-203.
- Castro-Aguirre, J.L. 1982. Los peces de las lagunas Oriental y Occidental, Oaxaca, México, y sus relaciones con la temperatura y salinidad. II Análisis multifactorial. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas* 26:85-100.
- Cerdenares-Ladrón de Guevara, G., E. Ramírez-Antonio, S. Ramos-Carrillo *et al.* 2014. Impacto de la actividad pesquera sobre la diversidad biológica. Revisión para el Pacífico sur de México. *Revista Iberoamericana de Ciencias* 1(1):95-114.
- CITES. Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre. 2015. ¿Qué es la CITES? En: <<http://www.cites.org/esp/disc/what.php>>, última consulta: septiembre 2021.
- CONABIO. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2021. *Enciclovida*. En: <<https://enciclovida.mx>>, última consulta: 16 de noviembre de 2021.
- CONAPESCA. Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca. 2018. *Anuario Estadístico de Acuacultura y Pesca*. CONAPESCA-SAGARPA, México.
- Del Moral-Flores, L.F., V. Anislado-Tolentino y G. González-Medina. 2014. Presencia de *Scytalichthys miurus* (Jordan y Gilbert 1882) en el litoral del estado de Oaxaca, México. *Revista de Zoología* 25:22-25.
- Del Moral-Flores, L.F., V. Anislado-Tolentino, E. Martínez-Ramírez *et al.* 2016. Ictiofauna marina de Oaxaca, México: listado sistemático y afinidades zoogeográficas. *Acta Universitaria* 27:3-25.
- Dulvy, N.K., Y. Sadovy y J.D. Reynolds. 2003. Extinction vulnerability in marine populations. *Fish and Fisheries* 4(1):25-64.
- Eschmeyer, W.N. y J.D. Fong. 2017. *Species by family/subfamily*. En: <<http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/SpeciesByFamily.asp>>, última consulta: septiembre 2018.
- Espinosa-Pérez, H. 2014. Biodiversidad de peces en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85:5450-5459.
- Felder, D.L. y D.K. Camp. 2009. *Gulf of Mexico: origin, waters, and biota*. Texas A&M University Press, Estados Unidos.
- Filgueiras Nodar, J.M. 2014. Lo que podemos aprender. Reflexiones sobre un proyecto de investigación en San Mateo del Mar (Oaxaca, México). *Revista de Antropología Experimental* 14(1):1-10.
- Fricke, R., W.N. Eschmeyer y R. Van der Laan (eds.). 2021. *Eschmeyer's catalog of fishes: genera, species, references*. En: <<http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>>, última consulta: 9 de noviembre de 2021.
- Froese, R. y D. Pauly (eds.). 2017. *FishBase. World wide web electronic publication, version (08/2021)*. En: <www.fishbase.org>, última consulta: septiembre de 2021.
- García-Grajales, J. y A. Buenrostro-Silva. 2013. El Parque Nacional Lagunas de Chacahua, Oaxaca: perspectivas a sus 75 años. *Ciencia ergo-sum* 21(2):149-153.
- Helffman, G.S., B.B. Collette y D.E. Facey. 1997. *The diversity of fishes*. Blackwell, Malden, Massachusetts.
- Hernández-Roque, J.A., E.I. Romero-Berny y J.M. López-Vila. 2018. Ictiofauna de descarte en la pesca artesanal de camarones (*Litopenaeus vannamei* y *L. stylirostris*) en la laguna costera Mar Muerto, Golfo de Tehuantepec, México. *Revista de Ciencias Marinas y Costeras* 10:51-76.
- Jackson, J.B.C., M.X. Kirby, W.H. Berger *et al.* 2001. Historical overfishing and the recent collapse of coastal ecosystems. *Science* 293(5530):629-638.
- Juárez-Hernández, L.G. y M. Tapia-García. 2017. Variación espacial en número de especies, abundancia y diversidad de peces en las Bahías de Huatulco, Oaxaca, México. *Revista de Biología Tropical* 65:1407-1418.
- . 2018. Listado ictiofaunístico de las bahías del Parque Nacional Huatulco, Oaxaca, México. *Arxius de Miscel·lània Zoològica* 1:96-111.
- Juárez-Hernández, L.G., M. Tapia-García y B. Luna-Monsivais. 2013. Estructura de las comunidades de peces de las bahías Maguey y Cacaluta, Huatulco, Oaxaca. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 84:1243-1257.
- Lagler, K.F., J.E. Bardach, R.R. Miller *et al.* 1990. *Ictiología*. AGT Editor S.A., México.
- Lara-Lara, J.R. y C. Bazán-Guzmán. 2005. Distribución de la clorofila y producción primaria por clases de tamaño en la costa del Pacífico mexicano. *Ciencias Marinas* 31(1A):11-21.
- López-Pérez, R.A., F. Benítez-Villalobos, A.M. López-Ortiz *et al.* 2008. La comunidad arrecifal en Isla Cacaluta, Oaxaca. En: *Diagnóstico de los recursos naturales de la Bahía y Micro-Cuenca de Cacaluta, Municipio de Santa María Huatulco, Oaxaca*. J.M. Domínguez-Licona (ed.). Universidad del Mar, Oaxaca, pp. 243-255.

- López-Pérez, R.A., R. Bastida-Zavala, M.S. García-Madrigal *et al.* 2012. ¿Cuánto sabemos de la diversidad de la fauna marina y costera de Oaxaca? En: *Recursos acuáticos costeros del sureste: tendencias actuales en investigación y estado del arte*. Vol. 1. A.J. Sánchez, X. Chiappa-Carrara y R.B. Pérez (eds.). Fondo Mixto de Fomento a la Investigación Científica y Tecnológica CONACYT/Gobierno del Estado de Yucatán, Mérida, pp. 435-449.
- López-Pérez, R.A., I. López Pérez-Maldonado, A.M. López-Ortiz *et al.* 2010. Reef fishes of the Mazunte-bahías de Huatulco reef track, Oaxaca, Mexican Pacific. *Zootaxa* 2422:53-62.
- López-Pérez, R.A., R. Granja-Fernández, C. Aparicio-Cid *et al.* 2014. Corales pétreos, equinodermos y peces asociados a comunidades y arrecifes coralinos del Parque Nacional Huatulco, Pacífico sur mexicano. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85:1145-1159.
- Lowerre-Barbieri, S.K., K. Ganas, F. Saborido-Rey *et al.* 2011. Reproductive timing in marine fishes: Variability, temporal scales, and methods. *Marine and Coastal Fisheries: Dynamics, Management, and Ecosystem Science* 3:71-91.
- Mancera-Pineda, J.E., B. Gavio y J. Lasso-Zapata. 2013. Principales amenazas a la biodiversidad marina. *Actualidades Biológicas* 35(99):111-133.
- Martínez-Muñoz, M.A., D. Lloris, A. Gracia *et al.* 2016. Biogeographical affinities of fish associated to the shrimp trawl fishery in the Gulf of Tehuantepec, Mexico. *Revista de Biología Tropical* 64:683-700.
- Martínez-Ramírez, E., I. Doadrio-Villarejo y A. Sostoa-Fernández. 2004. Peces continentales. En: *Biodiversidad de Oaxaca*. A.J. García-Mendoza, M.J. Ordoñez y M. Briones-Salas (eds.). Instituto de Biología-UNAM/Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza/WWF, México, pp. 357-373.
- Mendoza, E., M. Castillo-Rivera, R. Zárate-Hernández y S. Ortiz-Burgos. 2009. Seasonal variations in the diversity, abundance, and composition of species in an estuarine fish community in the Tropical Eastern Pacific, Mexico. *Ichthyological Research* 56:330-339.
- Nelson, J.S. 2006. *Fishes of the world*. John Wiley and Sons, Nueva Jersey.
- Núñez-Orozco, A.L., A. Labastida-Che y J.A. Oviedo-Piamonte. 2013. Composición y abundancia de la ictiofauna en la franja sublitoral del Golfo de Tehuantepec, Oaxaca/Chiapas, México. *Ciencia Pesquera* 21:29-40.
- Ramírez-Gutiérrez, M., M. Tapia-García, E. Ramos-Santiago y R. Ulloa. 2007. Fish community structure in San Agustín Bay, Huatulco, Mexico. *Revista Chilena de Historia Natural* 80:419-430.
- Rivera-Rivera, E. 2011. *Diagnóstico ecológico, social y cultural del Parque Nacional Huatulco*. En: <www.conanp.gob.mx/rendicion_cuentas/pdf/pdf_rendicion_cuentas/Diagnostico_Huatulco.pdf>, última consulta: 10 de febrero de 2016.
- Robertson, D.R. y G.R. Allen. 2015. *Peces costeros del Pacífico oriental tropical: sistema de información en línea. Versión 2.0*. En: <<http://biogeodb.stri.si.edu/sfstep/es/pages>>, última consulta: 9 de noviembre de 2021.
- Romero-Berny, E.I., E. Velázquez-Velázquez, M.J. Anzueto-Calvo *et al.* 2018. The fish fauna of three lagoon-estuarine systems in the northeastern Gulf of Tehuantepec, Mexican south Pacific. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 89:87-100.
- Ruiz-Pérez, N.E., G. Cerdaneres-Ladrón de Guevara, D.L. López-Herrera e I.R. Altamirano-Ramírez. 2016. Relaciones tróficas entre cinco especies de peces pelágicos que cohabitan en las costas de Oaxaca, México. *Hidrobiológica* 26:77-85.
- SAGARPA. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 1995. *Norma Oficial Mexicana NOM-017-PESC-1994*. Publicada el 9 de mayo de 1995 en el Diario Oficial de la Federación, Texto vigente.
- . 2012. *Carta Nacional Pesquera*. Publicada el 24 de agosto de 2010 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.
- 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. Última reforma publicada el 14 de noviembre de 2019.
- . 2017. *Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentables*. Publicada el 19 de junio de 2017 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.
- Tapia-García, M. 1997. *Diversidad dinámica y patrones reproductivos en la comunidad de peces demersales del Golfo de Tehuantepec*. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. B094. Unidad Iztapalapa-UAM, México.
- . 1998. Evaluación ecológica de la ictiofauna demersal. En: *El golfo de Tehuantepec: el ecosistema y sus recursos*. M. Tapia-García (ed.). Unidad Iztapalapa-UAM, México, pp. 129-148.
- Tapia-García, M. y M.C. García-Abad. 1998. Los peces acompañantes del camarón y su potencial como recurso en las costas de Oaxaca y Chiapas. En: *El golfo de Tehuantepec: el ecosistema y sus recursos*. M. Tapia-García (ed.). Unidad Iztapalapa-UAM, México, pp. 179-196.
- Tapia-García, M. y B. Gutiérrez-Díaz. 1998. Recursos pesqueros de los estados de Oaxaca y Chiapas. En: *El golfo de Tehuantepec: el ecosistema y sus recursos*. M. Tapia-García (ed.). Unidad Iztapalapa-UAM, México, pp. 149-162.
- Tapia-García, M., C.S. Núñez, G. Cerdaneres-Ladrón de Guevara *et al.* 1998. Composición y distribución de la ictiofauna en la Laguna del Mar Muerto, Pacífico mexicano. *Revista de Biología Tropical* 46:277-284.

- Tapia-García, M. y R. Mendoza-Rodríguez. 2005. Composición y abundancia de la ictiofauna de las lagunas Superior e Inferor, Oaxaca, México. *Actualidades Biológicas* 27:57-65.
- Torres-Orozco, R.E. y M.A. Pérez-Hernández. 2011. Los peces de México: una riqueza amenazada. *Revista Digital Universitaria* 12(1):3-15.
- UICN. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. 2011. *Sobre la UICN*. En: <<http://www.iucn.org/es/sobre>>, última consulta: 6 de diciembre de 2015.
- . 2021. *The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2021-2*. En: <<https://www.iucnredlist.org>>, última consulta: 9 de noviembre de 2021.
- Zepeta-Vilchis, R.C., A. Ayala-Bocos, O. Valencia-Méndez y R.A. López-Pérez. 2013. First record and range extension of the jawfish, *Opistognathus panamaensis* (Perciformes: Opistognathidae) from western Mexico. *Marine Biological Association of the United Kingdom* 6:e132.



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Peces de agua dulce de los géneros *Astynax* y *Poecilia*. Foto: Humberto Bahena Basave/Banco de imágenes CONABIO.

Peces de agua dulce en las cuencas hidrológicas

Emilio Martínez Ramírez, Eufemia Cruz Arenas, Gabriel Isaías Cruz Ruiz y Rosa María Gómez Ugalde

Introducción

El territorio oaxaqueño, particularmente en la vertiente golfo de México y Pacífico incluye ocho regiones hidrológicas, 14 cuencas y 68 subcuencas que cubren una superficie mayor a 93 319 km² (cuadro 1), lo que da origen a una variedad de ambientes acuáticos para la distribución de peces de agua dulce.

Para la elaboración del presente estudio se incluyeron trabajos de la fauna ictiológica continental de Mé-

xico que reportan especies que habitan en las cuencas hidrológicas, los cuales tratan sobre la descripción taxonómica y diagnosis de éstas, claves y listas taxonómicas (Meek 1904, Álvarez 1970, Miller 1986, Espinosa-Pérez *et al.* 1993, Espinosa *et al.* 1998, Castro-Aguirre *et al.* 1999, Miller-Rush *et al.* 2005); así como estudios ictiológicos dulceacuícolas (principalmente Barón *et al.* 1991, Rodiles *et al.* 1995, Martínez-Ramírez 2000, Martínez-Ramírez *et al.* 2004, Martínez-Ramírez y Gómez 2006, Cruz-Ruiz 2009, 2012); contribuciones a la biología de especies

Cuadro 1. Regiones y cuencas hidrológicas en Oaxaca.

Vertiente	Región		Cuenca		Superficie estatal (%)
	Clave	Nombre	Clave	Nombre	
Pacífico	RH 18	Balsas	1	Río Atoyac o Mixteco ^b	8.25
			2	Río Tlapaneco ^b	1.14
	RH 20	Costa Chica-Río Verde	3	Río Atoyac ^a	19.80
			4	Río La Arena y otros ^a	2.47
			5	Río Ometepec ^b	2.74
	RH 21	Costa de Oaxaca	6	Río Astata y otros ^a	3.15
			7	Río Copalita y otros ^a	3.95
			8	Río Colotepec y otros ^a	3.93
	RH 22	Tehuantepec	9	Lagunas Superior e Inferior ^a	6.18
			10	Río Tehuantepec ^a	11.18
	RH 23	Costa de Chiapas	11	Mar Muerto ^b	1.10
Golfo de México	RH 28	Papaloapan	12	Río Papaloapan ^b	24.49
	RH 29	Coatzacoalcos	13	Río Coatzacoalcos ^b	10.25
	RH 30	Grijalva-Usumacinta	14	Río Grijalva-Tuxtla Gutiérrez ^b	1.37

^aCuencas dentro del territorio oaxaqueño. ^bCuencas que inician en Oaxaca y terminan en otros estados. Fuente: elaboración propia con datos de INEGI 1995.

Martínez-Ramírez, E., E. Cruz-Arenas, G.I. Cruz-Ruiz y R.M. Gómez-Ugalde. 2022. Peces de agua dulce en las cuencas hidrológicas. En: *La biodiversidad en Oaxaca. Estudio de Estado*. Vol. III. CONABIO, México, pp. 195-202.

autóctonas o nativas (Cruz-Chávez 2004, Reyes-Velasco 2004, Rodríguez-Cázares 2008, Cruz-Arenas 2009, Ortiz-Cruz 2011); biología molecular de varias poblaciones de especies nativas (Doadrio *et al.* 1999, Schönhuth *et al.* 2001); y descripción de dos especies nuevas (Kallman *et al.* 2004).

Diversidad

En las 14 cuencas hidrológicas de Oaxaca (figura 1) habitan 139 especies, 78 géneros, 36 familias y 19 órdenes. De éstas, 124 son nativas o autóctonas y 18 son introducidas (cuadro 2, apéndice 37). Las que son autóctonas se agrupan en 68 géneros, 34 familias y 18 órdenes; de las cuales cinco son especies nuevas, dos son peces espada (*Xiphophorus mixei* y *X. monticolus*), pero tres aún no han sido descritas taxonómicamente: dos escamudos del género *Profundulus* y una carpa (*Notropis* sp.; Kallman *et al.* 2004).

Endemismo

La ictiofauna dulceacuícola oaxaqueña contiene 41 especies endémicas, 30 exclusivas de México (73%) y 11 al estado (27%). Por vertiente, en el golfo de México se distribuyen las endémicas al país; mientras que en el Pacífico se encuentran las exclusivas a Oaxaca (cuadro 3; Martínez-Ramírez y Gómez 2006). Esta distribución se debe a la historia geológica de las cuencas oaxaqueñas, lo que ha determinado el tamaño y la fisiografía de éstas, así como el aislamiento de poblaciones de peces a grandes altitudes.

De acuerdo con Martínez-Ramírez y Gómez (2006), las tres cuencas de la vertiente golfo de México (Papaloapan, Coatzacoalcos y Grijalva-Tuxtla Gutiérrez) ocupan una superficie mucho mayor y tienen menor variación

altitudinal que las 11 cuencas de la vertiente del Pacífico. Por lo tanto, en algunas de las 14 cuencas se han aislado varias poblaciones de peces a grandes altitudes, originando especies diferentes, es decir, se ha dado una especiación alopátrica que se ha llevado a cabo de modo geográfico por aislamiento extrínseco, lo que ha dado como resultado la separación y divergencia evolutiva de dichas poblaciones en otras especies.

Importancia

En Oaxaca los peces dulceacuícolas proporcionan los siguientes servicios ambientales:

- Al ser humano: alimento (autoconsumo); fuente de trabajo (pesca artesanal y cultivos de tilapia y trucha); material de trueque (comercio local en comunidades rurales y urbanas); uso ornamental (peces para acuarios); educación e investigación; indicadores de la calidad del agua; y forman parte de la diversidad biológica del estado.
- A la fauna silvestre: son presas de anfibios, aves y mamíferos, y depredadores (peces carnívoros) de algunos anfibios en la red trófica. Con la diversidad biológica de los ecosistemas terrestres y acuáticos tienen diferentes relaciones de competencia e interacciones.

Por lo anterior, es que se debe de conservar y manejar sustentablemente este patrimonio biológico de los oaxaqueños, para que sigan proporcionando dichos servicios ambientales.

Amenazas

Actualmente, la relación interdependiente ser humano-ambiente ha provocado una crisis ambiental compleja,

Cuadro 2. Número de especies de agua dulce nativas e introducidas (trasplantadas y exóticas) en las cuencas hidrológicas.

Categoría taxonómica	Dulceacuícolas	Nativas	Introducidas	
			Trasplantadas*	Exóticas
Especies	139	124 (89.2)	4 (2.9)	14 (10.1)
Géneros	78	68 (87.2)		
Familias	36	34 (94.4)		
Órdenes	19	15 (94.7)		

Entre paréntesis se incluyen los porcentajes respecto a los valores para dulceacuícolas. *Es la especie de fauna silvestre que habita en zonas que no están incluidas en su área de distribución geográfica histórica (ver apéndice 37). Fuente: elaboración propia.

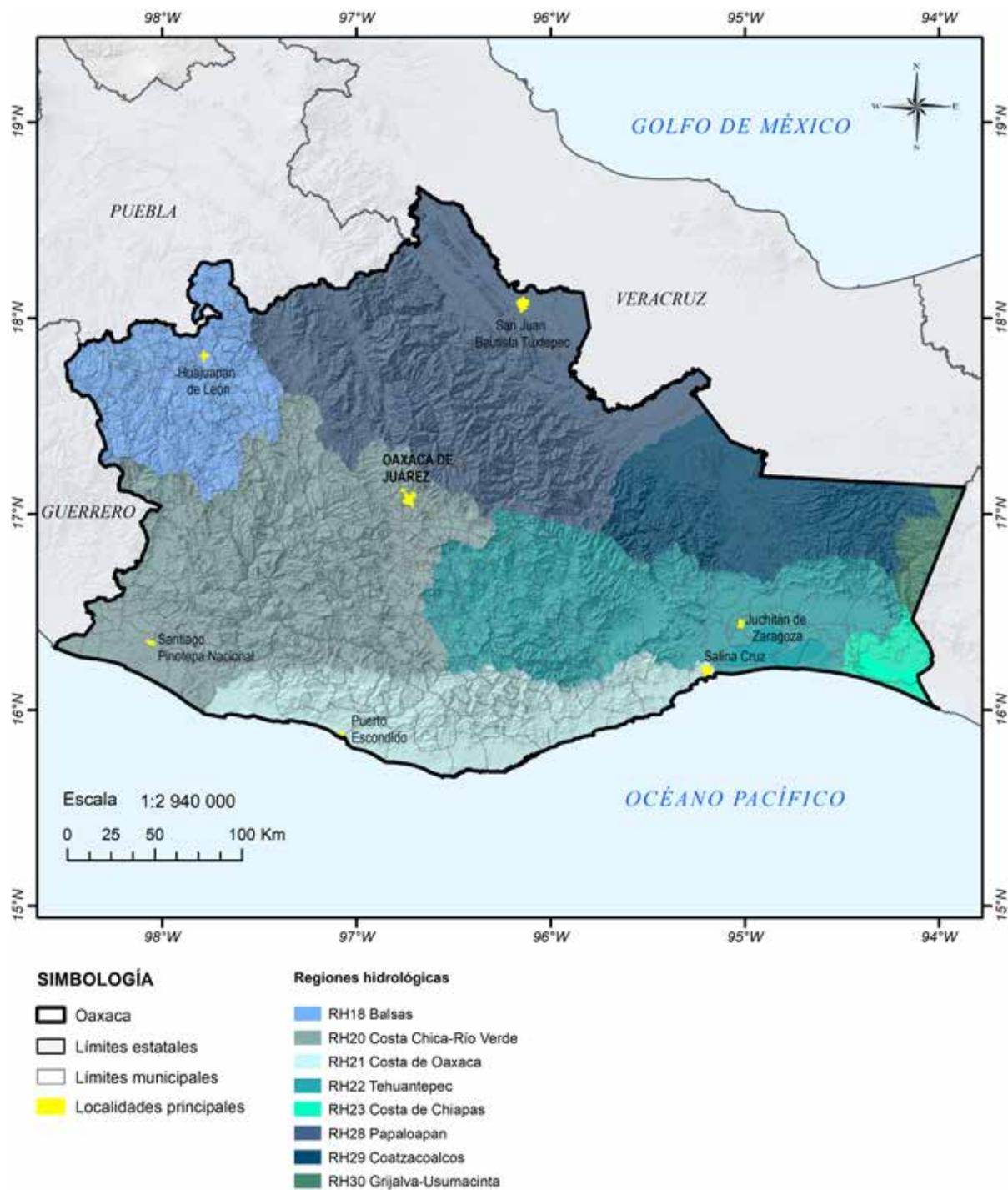


Figura 1. Regiones hidrológicas en la entidad. Fuente: elaboración propia.

Cuadro 3. Distribución de especies endémicas por vertiente en México y Oaxaca.

Vertiente	México	Oaxaca*
Golfo de México	18 (60.0)	4 (36.4)
Pacífico	7 (23.3)	5 (45.5)
Ambas vertientes	5 (16.7)	2 (18.2)

Entre paréntesis se incluyen los porcentajes en relación con el total de endemismos para México (30) y Oaxaca (11). Fuente: elaboración propia con datos de *Martínez-Ramírez y Gómez 2006.

por la poca valoración de los servicios ambientales que dan los ecosistemas. Algunos de los efectos de esta crisis son la contaminación, el cambio climático, y la pérdida acelerada y continua de la biodiversidad. Esta disminución del patrimonio natural es particularmente notoria en los ecosistemas acuáticos, y sobre todo en los principales ríos, debido a que son los primeros en recibir los impactos de las actividades humanas, siendo contradictoriamente los menos estudiados (Martínez-Ramírez 2000).

En México, los biomas lóticos y lénticos presentan un serio impacto ambiental de origen antropogénico, difícil de resolver por el tipo, el número, la magnitud y la interrelación de las variables que intervienen; tal es el caso de las cuencas hidrológicas oaxaqueñas. La problemática de los peces nativos de agua dulce en la entidad es compleja y diversa. Los principales factores que amenazan a estos organismos son (Martínez-Ramírez 2000, Martínez-Ramírez *et al.* 2004, Martínez-Ramírez y Gómez 2006):

- Contaminación. Las 14 cuencas del estado presentan diferentes tipos y grados de contaminación orgánica e inorgánica, con presencia de contaminantes abióticos (sólidos, líquidos y gases), bióticos (organismos patógenos del ser humano y fauna acuática introducida) y de materia orgánica que causa la eutrofización¹ en ecosistemas acuáticos. Estos contaminantes se producen en asentamientos humanos y por actividades productivas (industria, agroindustria, agricultura, ganadería, minería). En 1992, el río Atoyac, que atraviesa la capital del estado, fue catalogado como una de las corrientes más contaminadas con bacte-

rias fecales en el mundo (Banco Mundial 1992). Los ingenios azucareros desechan una gran cantidad de aguas residuales, con un alto contenido de materia orgánica en suspensión y dilución, poniendo el agua de los ríos de color negro por varias horas e incluso días, lo cual provoca condiciones de bajo contenido de oxígeno disuelto en el agua, generándose ambientes anóxicos (sin oxígeno disuelto en el agua) que son perjudiciales y letales para los peces.

- Barreras físicas. Las presas (principalmente las hidráulicas y derivadoras), actúan como barreras para las especies migratorias, debido a que impiden su movimiento desde la cuenca alta hacia la baja o viceversa. Esto evita que las poblaciones se desplacen a sus zonas de reproducción, alimentación, crecimiento y protección, provocando la disminución de algunas de estas poblaciones.
- Pesca artesanal. Con este tipo de actividad se han sobreexplotado algunas especies nativas de importancia pesquera, como es el caso de la truchita de Tierra Caliente (*Dajaus monticola*, figura 2a) y el bobo (*Joturus pichardi*). Algunos pescadores utilizan prácticas dañinas para los ecosistemas dulceacuícolas (emplean cartuchos de pólvora y cohetes con dinamita, cal viva, extractos vegetales, venenos y hasta insecticidas), lo cual provoca la muerte de una gran variedad y cantidad de organismos acuáticos que no se aprovechan, como: peces que no son de interés alimenticio y económico, o que se encuentran en estadios de huevo, larvario y juvenil, así como otros grupos de animales y plantas en diferentes etapas de desarrollo. Dichas prácticas, además constituyen un peligro evidente para la gente que consume el producto pesquero contaminado.
- Especies exóticas. Por medio de la acuicultura se han introducido (p.e. carpas chinas e israelitas, lobina, tilapias africanas y trucha arcoíris), que al escapar de un medio controlado a los ecosistemas acuáticos, interactúan con las nativas, provocando competencia y en algunos casos la exclusión de estas últimas. La acuariofilia² está introduciendo varias especies exóticas, el ejemplo más grave en México es la intro-

¹ Enriquecimiento de las aguas con nutrientes producido naturalmente o por el ser humano, que no son totalmente mineralizados, y la descomposición de materia orgánica produce disminución de oxígeno en el agua y causa mortalidad de peces y otros organismos acuáticos aerobios.

² Afición al cuidado, mantenimiento y reproducción de organismos acuáticos en acuarios en condiciones controladas.



Figura 2. Diversidad de peces de agua dulce. a) Truchita de Tierra Caliente (*Dajaus monticola*); b) doradilla (*Astyanax fasciatus*); c) gobio (*Awaous transandeanus*); d) cucharita mexicana (*Gobiesox mexicanus*); e) carpa Tepelmeme (*Notropis moralesi*); f) escamudo oaxaqueño (*Profundulus oaxaca*); g) juile (*Rhamdia guatemalensis*). Fotos: Emilio Martínez Ramírez.

ducción de los bagres acorazados, que incluye varias especies de la familia Loricariidae, los cuales están originando la extirpación de varias especies de peces autóctonos y problemas a las pesquerías artesanales de agua dulce. En algunos ríos del distrito Juchitán en la cuenca alta del río Coatzacoalcos se han pescado estos bagres, por lo que su presencia es evidente; sin embargo, se desconoce cuál será su impacto en la fauna de peces nativos y la pesca artesanal.

- Carencia de normas y regulación. En los informes oficiales de los gobiernos federal y estatal para el sector de pesca y acuicultura, sólo reportan especies de aguas marinas, salobres y dos exóticas de agua dulce (tilapia y trucha; Gobierno del Estado 2018). En estos documentos no se mencionan las especies nativas dulceacuícolas, por lo que parecieran no tener importancia en las estadísticas de los informes o bien los datos son insuficientes.

Pérdida de la biodiversidad

Debido a las amenazas antes descritas, en varias subcuencas se han extirpado (eliminación de poblaciones de una especie en una zona determinada, pero siguen existiendo poblaciones de ella en otras áreas) varias especies de peces continentales, como los ejemplos que se presentan a continuación:

- En las subcuencas de los ríos Quiotepec o San Antonio y Salado, de la cuenca del río Papaloapan en la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán, se extirparon a la truchita de Tierra Caliente (*Dajaus monticola*, figura 2a) y al bobo (*Joturus pichardi*), ambos de importancia pesquera (Martínez-Ramírez 2007).
- En la subcuenca río Atoyac-Oaxaca de Juárez, de la cuenca río Atoyac o Verde, se extirpó al escamudo oaxaqueño (*Profundulus oaxacae*, figura 2f), cuya localidad tipo es el río Verde. Aunque esta especie no se encuentra en la NOM-059 (SEMARNAT 2010), está casi extinta, ya que actualmente sólo existen poblaciones de estos peces en algunos ríos y manantiales de dicha subcuenca: en dos ríos en los municipios Tlacolula de Matamoros y San Lorenzo Cacaotepec en la región Valles Centrales, y manantiales y un río en el municipio San Miguel Sola de Vega en la región Sierra Sur.

Conservación

Se incluyen más de 200 especies de peces en la NOM-059 (SEMARNAT 2010), de las cuales 14 se registran en Oaxaca (5 amenazadas, 1 en peligro de extinción, 1 probablemente extinta en el medio silvestre y 7 sujetas a protección especial); además, en este capítulo se proponen 13 más para su inclusión (2 en la categoría en peligro de extinción, 3 amenazadas y 8 sujetas a protección especial; cuadro 4).

Hasta el momento el gobierno estatal no ha planteado alternativas de conservación y de uso racional para esta riqueza biológica; sin embargo, ha quedado de manifiesto su voluntad política en la protección y conservación de los recursos naturales, a través de la firma del convenio de colaboración entre la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) y el gobierno del estado sobre la Estrategia para la Conservación y el Uso Sustentable de la Biodiversidad del Estado de Oaxaca (ECUSBEO), y la publicación del convenio de coordinación entre la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y el gobierno del estado para instrumentar el Programa de Ordenamiento Ecológico Regional del Territorio del Estado de Oaxaca (POERTEO; Gobierno del Estado 2018). Sin embargo, es necesario que se implemente una política centrada en la sustentabilidad y los ecosistemas, que incluya acciones de conservación y manejo sustentable de las comunidades biológicas dulceacuícolas, con la finalidad de mantener los servicios ambientales para la población de la entidad.

Conclusiones y recomendaciones

Hay un gran vacío en el conocimiento de los peces de agua dulce en la entidad, por lo que son necesarios estudios:

- Sistemáticos y taxonómicos, para la revisión de algunos *taxa*, el descubrimiento y descripción de nuevas especies, en donde los trabajos de sistemática molecular están acelerando el desarrollo de esta área del conocimiento.
- Biológicos, con el fin de conocer la historia de vida de las especies, como la alimentación, la reproducción, el ciclo de vida y los requerimientos ambientales, entre

Cuadro 4. Ictiofauna dulceacuícola bajo alguna categoría de riesgo y especies propuestas para ser incluidas en la NOM-059.

Familia	Especie	Categoría
Gobiesocidae	<i>Gobiesox mexicanus</i> *	Pr ^a
Ictaluridae	<i>Ictalurus australis</i> *	A ^a
	<i>I. balsanus</i> *	Pr ^b , A ^c
Catostomidae	<i>Ictiobus bubalus</i> *	A ^a
	<i>I. meridionalis</i>	Pr ^b
Aplocheilidae	<i>Millerichthys robustus</i> *	Pr ^a
Cyprinidae	<i>Notropis</i> sp.*	P ^b
	<i>N. boucardi</i> *	A ^a
	<i>N. moralesi</i> *	Pr ^a
	<i>N. imeldae</i> *	A ^b
Poeciliidae	<i>Poecilia butleri</i>	Pr ^a
	<i>Priapella bonita</i> *	E ^a
	<i>P. intermedia</i>	Pr ^a
	<i>Xiphophorus mixei</i> *	Pr ^b
	<i>X. monticolus</i> *	Pr ^b
Heptapteridae	<i>Rhamdia guatemalensis</i> *	Pr ^a
	<i>R. reddelli</i> *	A ^a
Lepisosteidae	<i>Atractosteus tropicus</i>	Pr ^b
Cichlidae	<i>Amphilophus istlanus</i> *	Pr ^b , A ^c
	<i>Chuco intermedium</i>	Pr ^a
Mugilidae	<i>Joturus pichardi</i>	P ^b
Profundulidae	<i>Profundulus</i> sp.1*	Pr ^b
	<i>Profundulus</i> sp. 2*	A ^b
	<i>P. balsanus</i> *	Pr ^b
	<i>P. oaxacae</i> *	A ^b
Salmonidae	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Pr ^a

*Endémica. Pr: sujeta a protección especial; A: amenazada; P: en peligro de extinción; E: probablemente extinta en el medio silvestre. ^aEspecie incluida en la NOM-059; ^bespecie propuesta con la evaluación del MER; ^cespecie propuesta por Espinosa y colaboradores (1993). Fuente: elaboración propia con datos de Espinosa-Pérez *et al.* 1993, SEMARNAT 2010.

Referencias

Álvarez, J. 1970. *Peces mexicanos (claves)*. Instituto Nacional de Investigaciones Pesqueras/Secretaría de Industria y Comercio, México.

Barón, B., D.E. Rodríguez, E.I. Piña *et al.* 1991. *Ictiofauna continental y cultivo experimental de especies nativas del estado de Oaxaca*. Informe técnico. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional-IPN (inédito).

- otros aspectos biológicos (crecimiento, anatomía, fisiología, toxicología), incluyendo estudios de genética.
- Ecológicos, para conocer la estructura y función de las comunidades de peces y la dinámica de las poblaciones de las especies.
- Biogeográficos, para determinar los patrones (efectos) y procesos (causas).
- En acuicultura, con el objetivo de producción-conservación, definiendo las especies potenciales, hacer bioensayos en laboratorio (alimentación, crecimiento, reproducción, requerimientos fisicoquímicos, entre otros).

La generación y actualización de estos conocimientos enriquecerán significativamente la actual base científica de la conservación y manejo sustentable de este recurso biológico, que beneficiará en el corto y largo plazo a las comunidades rurales. Para ello, es necesario la intervención de diferentes actores, instituciones, comunidades rurales y fuentes de financiamiento.

Las recomendaciones para mitigar los principales factores que han provocado la desaparición de poblaciones y especies de peces nativos dulceacuícolas (contaminación, barreras físicas, pesca artesanal, introducción de especies y carencia de normas y regulación) son: a) hacer piscicultura de producción-conservación de estas especies, con el fin de dar alternativas de producción a los oaxaqueños y repoblar cuerpos de agua donde ya no existen naturalmente; y b) implementar un programa de educación ambiental sobre los recursos biológicos de agua dulce, dirigido a niños, adolescentes y adultos de comunidades rurales y urbanas.

Banco Mundial. 1992. *World Development Report 1992*. Oxford Press, Londres.

Castro-Aguirre, J.L., H.S. Espinosa-Pérez y J.J. Schmitter-Soto. 1999. *Ictiofauna estuarino-lagunar y vicaria de México*. Limusa/IPN serie biotecnología, México.

- Cruz-Arenas, E. 2009. *Contribución a la biología y cultivo experimental de algunos peces oaxaqueños de la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán*. Tesis de licenciatura. Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, Oaxaca.
- Cruz-Chávez, E. 2004. *Contribución a la biología de *Profundulus oaxacae* (Meek, 1902) del Porvenir, Santo Domingo Nuxaá, Nochixtlán, Oaxaca*. Tesis de licenciatura en biología. Instituto Tecnológico Agropecuario de Oaxaca No. 23, Oaxaca.
- Cruz-Ruiz, G.I. 2009. *Estudio de la comunidad de peces de la subcuenca río Quiotepec en la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán, Oaxaca, México*. Tesis de licenciatura. Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, Oaxaca.
- . 2012. *Estudio ecológico de la comunidad de peces en la subcuenca río Atoyac-Paso de la Reina, Oaxaca, México*. Tesis de maestría. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional-IPN, Oaxaca.
- Doadrio, I., J.A. Carmona, E. Martínez y A. De Sostoa. 1999. Genetic variation and taxonomic analysis of the subgenus *Profundulus*. *Journal of Fish Biology* 55:751-766.
- Espinosa, H., P. Fuentes, M.T. Gaspar y V. Arenas. 1998. Notas acerca de la ictiofauna mexicana. En: *Diversidad biológica de México: orígenes y distribución*. T.P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa (comps.). Instituto de Biología-UNAM, México, pp. 227-249.
- Espinosa-Pérez, H., M.T. Gaspar-Dillanes y P. Fuentes-Mata. 1993. *Listados faunísticos de México III. Los peces dulceacuícolas mexicanos*. Instituto de Biología-UNAM, México.
- Gobierno del Estado. 2018. *2° Informe de Gobierno del Estado de Oaxaca 2017-2018*. Oaxaca, México.
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 1995. *Anuario estadístico del estado de Oaxaca*. INEGI, México.
- Kallman, K.D., R.B. Walter, D.C. Morizot y S. Kazianis. 2004. Two new species of *Xiphophorus* (Poeciliidae) from the Isthmus of Tehuantepec, Oaxaca, Mexico, with a discussion of the distribution of the *X. clemenciae* Clade. *American Museum of Natural History of New York. American Museum Novitates* 3441:1-34.
- Martínez-Ramírez, E. 2000. *Taxonomía y zoogeografía de la ictiofauna dulceacuícola del estado de Oaxaca, México (microforma)*. Tesis de doctorado en biología, Universidad de Barcelona, España.
- . 2007. *Los peces del área oaxaqueña de la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán*. En: <<http://www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/InfDT002.pdf>>, última consulta: 8 de junio del 2020.
- Martínez-Ramírez, E., I. Doadrio Villarejo y A. de Sostoa Fernández. 2004. Peces continentales. En: *Biodiversidad de Oaxaca*. A.J. García-Mendoza, M.J. Ordoñez y M. Briones-Salas (eds.). Instituto de Biología-UNAM/Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza/wwf, México, pp. 357-373.
- Martínez-Ramírez, E. y U.R.M. Gómez. 2006. Los peces de las cuencas hidrológicas de Oaxaca, México. *Revista Cubana de Investigaciones Pesqueras* 24(1):46-50.
- Meek, E. 1904. *The fresh-water fishes of Mexico north of the Isthmus of Tehuantepec*. Ser. 5 (93). Field Columbia Museum Zoology, Carolina del Sur.
- Miller, R. 1986. Composition and derivation of the freshwater fish fauna of Mexico. *Anales Escuela Nacional de Ciencias Biológicas* 30(1-4):121-153.
- Miller-Rush, R., W. Lee-Minckley y S. Mark-Norris. 2005. *Freshwater fishes of Mexico*. University of Chicago, Chicago.
- Ortiz-Cruz, V.M. 2011. *Análisis del crecimiento y madurez sexual de *Cichlasoma trimaculatum* (Günther, 1867) de la subcuenca río Atoyac-Paso de la reina de la cuenca río Atoyac, Oaxaca*. Tesis de maestría. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional-IPN Unidad Oaxaca, Oaxaca.
- Reyes-Velasco, M. 2004. *Contribución a la biología de la carpa *Tepelme* (*Notropis moralesi*) de la Mixteca alta, Oaxaca*. Tesis de licenciatura en biología. Instituto Tecnológico agropecuario de Oaxaca No. 23, Oaxaca.
- Rodiles, R., E.P. Díaz y A. Safa. 1995. *Estudio sobre la actividad pesquera en la cuenca del río de Usila, Oaxaca. Situación actual y perspectivas*. Programa de Aprovechamiento Integral de Recursos Naturales-UNAM, Oaxaca.
- Rodríguez-Cázares, D.G. 2008. *Hábitos alimentarios de *Poeciliopsis fasciata* (Meek, 1904) y *Poeciliopsis gracilis* (Heckel, 1948) en la porción oaxaqueña de la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán*. Tesis de maestría en ciencias. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional-IPN, Oaxaca.
- Schönhuth, S., A. De Sostoa, E. Martínez y I. Doadrio. 2001. Southern Mexican minnows of the genus *Notropis* (Actinopterygii, Cyprinidae): genetic variation, phylogenetic relationships and biogeographical implications. *Biochemical Systematics and Ecology* 29(4):359-377.
- 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. Última reforma publicada el 14 de noviembre de 2019.



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Tlaconete bigotudo de la Sierra Mixe (*Pseudoeurycea mystax*), anfibio amenazado.
Foto: Roberto Flores Diego/CONABIO/Mosaico Natura.

Anfibios

Carlos Omar Becerra Soria, Sean Michael Rovito y Gabriela Parra Olea

Introducción

El término anfibio proviene de las palabras griegas *amphis* (ambos) y *bio* (vida), debido a que estos animales presentan dos etapas de vida, una acuática y una terrestre. En su etapa dependiente del agua (etapa de larva o de renacuajo), estos animales poseen branquias para respirar bajo el agua; mientras que en su etapa terrestre (etapa adulta) desarrollan pulmones, a través de un proceso denominado metamorfosis, para respirar en el aire. Sin embargo, existen muchas especies de anfibios que presentan variaciones en este ciclo de vida, como el caso de las salamandras sin pulmones (Bolitoglosinas) y las ranitas de hojarasca (Terranranas) que tienen un desarrollo directo, es decir, su etapa larvaria transcurre dentro del huevo, y de éste nacen individuos con la forma del adulto en miniatura.

Los anfibios son vertebrados, es decir, animales con columna vertebral y un sistema esquelético. Se reconocen por presentar una piel lisa sin ningún tipo de cubierta de protección (como escamas, plumas o pelos) en donde tienen órganos, denominados glándulas, que producen mucosas que humectan su piel y en algunos casos también secretan ciertas toxinas, que pueden llegar a ser peligrosas para el ser humano. Los anfibios se dividen en tres grupos: 1) los anuros, que comprenden a las ranas y sapos, y se caracterizan por la pérdida de la cola en su etapa adulta; 2) los urodelos, que incluye a las salamandras y ajolotes que, a diferencia de los anuros, nunca pierden la cola; y 3) las cecilias o gymnophionas, que carecen de extremidades y que se encuentran principalmente enterrados en el suelo.

Los anfibios son organismos que se encuentran prácticamente en todos los ecosistemas terrestres y dulceacuícolas, con excepción de los círculos polares, pero son notablemente más abundantes en las regiones tropicales y subtropicales del planeta (Duellman y Trueb 1986). Gracias a las adaptaciones en sus ciclos de vida, no solamente se encuentran en zonas de alta humedad (como ríos, lagunas, estanques o marismas), sino también en zonas desérticas y de alta montaña.

Diversidad y distribución

A nivel mundial se estima que existen cerca de 8 176 especies de anfibios. Brasil es el país con la mayor riqueza, con 1 111 especies (AmphibiaWeb 2020); mientras que en México habitan alrededor de 406, ocupando el quinto lugar a nivel mundial en diversidad de anfibios. En el país, las ranas y los sapos son los más diversos (246 especies), seguidos de las salamandras y ajolotes (157) y por último están las cecilias (3; AmphibiaWeb 2020). Un aspecto muy importante sobre la diversidad de los anfibios de México radica en la elevada proporción de especies que habitan exclusivamente el país, las cuales se denominan especies endémicas. De las 406 especies de anfibios que se reportan a nivel nacional, 283 son endémicas (AmphibiaWeb 2020), lo que significa que 70% de éstas no se encuentran en ninguna otra parte del mundo.

En Oaxaca se reportan 157 especies (156 identificadas) de anfibios (cuadro 1) y su riqueza se clasifica en 3 órdenes, 13 familias y 38 géneros, siendo *Sarcohyla*

(ranitas de árbol) y *Pseudoeurycea* (salamandras terrestres o tlaconetes) los géneros más diversos, con 17 especies cada uno (cuadro 1).

Del total de especies presentes en el territorio oaxaqueño, 65 (41%) se consideran endémicas para el estado (apéndice 38). Este número, lo convierte en la entidad con mayor diversidad de anfibios y con la mayor proporción de endemismos; le sigue Chiapas con 107 especies, de las cuales 11 (10%) son endémicas para el estado (Johnson *et al.* 2015); y finalmente Veracruz con 103 especies, de las que 37 (36%) son endémicas (Guzmán-Guzmán *et al.* 2011, CONABIO y SEDEMA 2013).

La diversidad de especies de anfibios en el territorio oaxaqueño se distribuye de manera peculiar (cuadro 2), concentrándose en la Sierra Madre de Oaxaca (89 especies) y en la Sierra Madre del Sur (51); mientras que el resto de las regiones cuentan con menos de 44 especies, siendo la Depresión del Balsas la que tiene menos diversidad (8 especies). En la Sierra Madre de Oaxaca, además, se distribuye el mayor número de especies microendémicas¹ (45), y le sigue la Sierra Madre del Sur (17).

En el estado existe un relieve variable y accidentado, con pendientes acentuadas, planicies y depresiones, que en combinación con su diversidad de tipos de climas genera una gran variedad de ambientes que van desde desiertos, selvas bajas caducifolias y bosques de matorral, hasta los bosques mesófilos de montaña, bosques de pino y selvas perennifolias. Estas características han llamado la atención de los herpetólogos del mundo desde las primeras expediciones; así es como la primera especie de anfibio descrita para la entidad fue *Craugastor rugulosus* (Cope 1869-1870). Oaxaca fue un sitio de estudio atractivo para la mayoría de los herpetólogos reconocidos del siglo xx, tal como lo reflejan los trabajos de Smith y Laufe (1945), Smith y Langebartel (1949), Taylor (1949), Gehlbach (1957), Tanner (1957), Duellman (1960), y Lynch y Smith (1965, 1966), entre muchos otros quienes estudiaron la herpetofauna del estado (McCoy y Van Horn 1962, Holman 1964, Liner y Dundee 1969, Hanken y Wake 1994, Mendelson y Toal 1995, 1996, Parra-Olea *et al.* 1999, Campbell y Duellman 2000).

El primer listado de anfibios a nivel estatal fue realizado por Casas-Andreu y colaboradores (1996), y a partir de entonces se han actualizado y publicado varios listados tanto del estado completo (Casas-Andreu *et al.* 2004,

Cuadro 1. Riqueza de anfibios registrados para Oaxaca.

Familia	Género	Especies
Anura		
Bufonidae	<i>Incilius</i>	11
	<i>Rhinella</i>	1
Centrolenidae	<i>Hyalinobatrachium</i>	1
Craugastoridae	<i>Craugastor</i>	14
Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus</i>	4
Hylidae	<i>Bromeliohyala</i>	1
	<i>Charadrahyla</i>	7
	<i>Dendropsophus</i>	4
	<i>Dryophytes</i>	2
	<i>Duellmanohyla</i>	2
	<i>Ecnomiohyla</i>	1
	<i>Exerodonta</i>	5
	<i>Megastomatohyla</i>	2
	<i>Plectrohyla</i>	2
	<i>Ptychohyla</i>	3
	<i>Quiltichohyla</i>	2
	<i>Rheohyla</i>	1
	<i>Sarcohyla</i>	17
	<i>Scinax</i>	1
	<i>Smilisca</i>	2
	<i>Tlalocohyla</i>	3
<i>Trachycephalus</i>	1	
<i>Triprión</i>	2	
Leptodactylidae	<i>Engystomops</i>	1
	<i>Leptodactylus</i>	2
Microhylidae	<i>Gastrophryne</i>	1
	<i>Hypopachus</i>	2
Phyllomedusidae	<i>Agalychnis</i>	3
Ranidae	<i>Lithobates</i>	8
Rhinophrynidae	<i>Rhinophrynus</i>	1
Scaphiopodidae	<i>Spea</i>	1
Caudata		
Plethodontidae	<i>Bolitoglossa</i>	10
	<i>Chiropterotriton</i>	2
	<i>Isthmura</i>	2
	<i>Ixalotriton</i>	1
	<i>Pseudoeurycea</i>	17
<i>Thorius</i>	15	
Gymnophiona		
Dermophiidae	<i>Dermophis</i>	2

Fuente: elaboración propia con datos de Parra-Olea *et al.* 2014, Mata-Silva *et al.* 2015, AmphibiaWeb 2021, Frost 2021.

¹ Son especies que han sido registradas únicamente en regiones muy pequeñas dentro del estado y que no se encuentran en ninguna otra parte del país ni del mundo.

Cuadro 2. Distribución de anfibios por regiones.

Familia	Especie	DB	MVO	FT	SMO	PCG	VCO	MVC	DIT	SMC	SMS	PCP	PCT	Total
Anura														
Bufonidae	<i>Incilius canaliferus</i>				•					•	•	•	•	5
	<i>I. coccifer</i>				•			•	•	•	•	•	•	7
	<i>I. cycladen</i>										•			1
	<i>I. gemmifer</i>											•		1
	<i>I. macrocristatus</i>									•				1
	<i>I. marmoreus</i>				•		•	•		•	•	•	•	7
	<i>I. occidentalis</i>	•	•	•	•		•	•			•			7
	<i>I. perplexus</i>		•											1
	<i>I. spiculatus</i>				•									1
	<i>I. tutelarius</i>										•			1
	<i>I. valliceps</i>			•	•	•			•	•				5
	<i>Rhinella horribilis</i>				•	•	•			•	•	•	•	7
Centrolenidae	<i>Hyalinobatrachium fleischmanni</i>					•			•	•	•	•	5	
Craugastoridae	<i>Craugastor alfredi</i>					•								1
	<i>C. augusti</i>			•	•		•	•	•		•			6
	<i>C. berkenbuschii</i>					•								1
	<i>C. decoratus</i>				•									1
	<i>C. lineatus</i>				•					•				2
	<i>C. loki</i>				•	•			•	•			•	5
	<i>C. mexicanus</i>		•	•	•		•				•			5
	<i>C. polymniae</i>				•									1
	<i>C. pygmaeus</i>				•					•	•			3
	<i>C. rhodopsis</i>									•				1
	<i>C. rugulosus</i>	•								•	•	•	•	5
	<i>C. silvicola</i>												•	1
	<i>C. spatulatus</i>				•									1
	<i>C. uno</i>										•			1
Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus leprus</i>				•	•							•	3
	<i>E. nitidus</i>		•	•	•						•			4
	<i>E. pipilans</i>										•	•	•	3
	<i>E. syristes</i>		•								•			2
Hylidae	<i>Bromeliohyala dendroscarta</i>				•								1	

Cuadro 2. Continuación.

Familia	Especie	DB	MVO	FT	SMO	PCG	VCO	MVC	DIT	SMC	SMS	PCP	PCT	Total	
Hylidae	<i>Charadrahyla altipotens</i>		•								•			2	
	<i>C. chaneque</i>									•				1	
	<i>C. esperancensis</i>				•									1	
	<i>C. juanita</i>										•			1	
	<i>C. nephila</i>				•									1	
	<i>C. pinorum</i>										•			1	
	<i>C. sakbah</i>		•											1	
	<i>Dendropsophus ebraccatus</i>					•	•							2	
	<i>D. microcephalus</i>					•	•			•	•			4	
	<i>D. robertmertensi</i>												•	1	
	<i>D. sartori</i>										•	•		2	
	<i>Dryophytes arenicolor</i>	•	•	•	•										4
	<i>D. euphorbiacea</i>		•			•		•							3
	<i>Duellmanohyla ignicolor</i>					•									1
	<i>D. schmidtorum</i>										•			•	2
	<i>Ecnomiohyla echinata</i>					•									1
	<i>Exerodonta abdivita</i>					•	•								2
	<i>E. chimalapa</i>										•				1
	<i>E. melanomma</i>											•			1
	<i>E. sumichrasti</i>	•	•			•		•	•		•	•		•	8
	<i>E. xera</i>		•	•	•										3
	<i>Megastomatohyla mixe</i>					•									1
	<i>M. pellita</i>											•			1
	<i>Plectrohyla hartwegi</i>										•				1
	<i>P. matudai</i>										•				1
	<i>Ptychohyla euthysanota</i>						•				•				2
	<i>P. leonhardschultzei</i>											•			1
	<i>P. zophodes</i>					•									1
	<i>Quilticohyla acrochorda</i>					•									1
	<i>Q. zoque</i>						•								1
	<i>Rheohyla miotypanum</i>		•			•		•							3

Cuadro 2. Continuación.

Familia	Especie	DB	MVO	FT	SMO	PCG	VCO	MVC	DIT	SMC	SMS	PCP	PCT	Total	
Hylidae	<i>Sarcohyala ameibothalame</i>		•											1	
	<i>S. bistrincta</i>	•	•	•	•		•	•						6	
	<i>S. calvicollina</i>				•									1	
	<i>S. celata</i>				•									1	
	<i>S. cembra</i>		•								•			2	
	<i>S. crassa</i>				•			•	•					3	
	<i>S. cyanomma</i>				•									1	
	<i>S. cyclada</i>				•									1	
	<i>S. hazelae</i>				•						•			2	
	<i>S. labeculata</i>				•									1	
	<i>S. labedactyla</i>		•											1	
	<i>S. miahuatlanensis</i>										•			1	
	<i>S. pentheter</i>		•		•						•			3	
	<i>S. psarosema</i>				•									1	
	<i>S. sabrina</i>				•									1	
	<i>S. siopela</i>				•									1	
	<i>S. thorectes</i>										•			1	
	<i>Scinax staufferi</i>				•	•				•	•	•	•	•	7
	<i>Smilisca baudinii</i>		•	•	•	•			•	•	•	•	•	•	10
	<i>S. cyanosticta</i>				•						•				2
<i>Tlalocohyla loquax</i>				•	•				•	•				4	
<i>T. picta</i>						•								1	
<i>T. smithii</i>	•	•					•	•			•	•		6	
<i>Trachycephalus typhonius</i>						•				•			•	3	
<i>Tripriion spatulatus</i>					•			•	•	•	•	•	•	7	
<i>T. spinosus</i>					•	•								2	
Leptodactylidae	<i>Engystomops pustulosus</i>											•	•	2	
	<i>Leptodactylus fragilis</i>				•	•		•	•	•	•	•	•	8	
	<i>L. melanonotus</i>				•	•			•	•	•	•	•	7	
Microhylidae	<i>Gastrophryne elegans</i>					•								1	
	<i>Hypopachus ustus</i>		•		•	•	•	•	•	•	•	•	•	10	
	<i>H. variolosus</i>		•		•	•		•	•	•	•	•	•	9	

Cuadro 2. Continuación.

Familia	Especie	DB	MVO	FT	SMO	PCG	VCO	MVC	DIT	SMC	SMS	PCP	PCT	Total	
Phyllomedusidae	<i>Agalychnis callidryas</i>					•			•	•				3	
	<i>A. dacnicolor</i>										•	•	•	3	
	<i>A. moreletii</i>				•						•			2	
Ranidae	<i>Lithobates berlandieri</i>		•	•	•	•	•	•	•	•	•		•	10	
	<i>L. brownorum</i>					•								1	
	<i>L. forreri</i>				•				•	•	•	•	•	6	
	<i>L. maculatus</i>									•			•	2	
	<i>L. sierramadrensis</i>										•			1	
	<i>L. spectabilis</i>		•	•	•		•	•						5	
	<i>L. vaillanti</i>									•			•	2	
	<i>L. zweifeli</i>		•	•	•									3	
Rhinophrynidae	<i>Rhinophrynus dorsalis</i>				•			•		•	•	•	•	6	
Scaphiopodidae	<i>Spea multiplicata</i>	•	•	•	•									4	
Plethodontidae	<i>Bolitoglossa alberchi</i>									•				1	
	<i>B. chinanteca</i>				•									1	
	<i>B. macrinii</i>										•			1	
	<i>B. oaxacensis</i>		•								•			2	
	<i>B. occidentalis</i>									•				1	
	<i>B. platydactyla</i>					•			•	•				3	
	<i>B. riletti</i>		•											1	
	<i>B. rufescens</i>					•				•				2	
	<i>B. veracruzis</i>					•			•	•				3	
	<i>B. zapoteca</i>										•			1	
	<i>Chiropterotriton chiropterus</i>				•									1	
	<i>C. sp. k</i>								•					1	
	<i>Isthmura boneti</i>		•		•			•						3	
	<i>I. maxima</i>		•											1	
	<i>Ixalotriton parvus</i>										•			1	
	<i>Pseudoeurycea amuzga</i>	•													1
	<i>P. anitae</i>											•			1
<i>P. aquatica</i>					•									1	
<i>P. aurantia</i>					•									1	
<i>P. cochranae</i>		•		•										2	
<i>P. conanti</i>		•									•			2	

Cuadro 2. Continuación.

Familia	Especie	DB	MVO	FT	SMO	PCG	VCO	MVC	DIT	SMC	SMS	PCP	PCT	Total
Plethodontidae	<i>P. juarezi</i>				•									1
	<i>P. mixteca</i>		•											1
	<i>P. mystax</i>				•									1
	<i>P. obesa</i>				•									1
	<i>P. orchileucos</i>				•									1
	<i>P. papenfussi</i>				•									1
	<i>P. ruficauda</i>				•									1
	<i>P. saltator</i>				•									1
	<i>P. smithi</i>				•									1
	<i>P. unguidentis</i>				•									1
	<i>P. werleri</i>				•									1
	<i>Thorius adelos</i>				•									1
	<i>T. arboreus</i>				•									1
	<i>T. aureus</i>				•									1
	<i>T. boreas</i>				•									1
	<i>T. insperatus</i>				•									1
	<i>T. longicaudus</i>		•											1
	<i>T. macdougalli</i>					•								1
	<i>T. maxillabrochus</i>					•								1
	<i>T. minutissimus</i>											•		1
	<i>T. narisovalis</i>		•			•								2
	<i>T. papaloeae</i>					•								1
	<i>T. pinicola</i>											•		1
	<i>T. pulmonaris</i>					•								1
	<i>T. smithi</i>					•								1
	<i>T. tlaxiacus</i>											•		1
Dermophiidae	<i>Dermophis mexicanus</i>									•			•	2
	<i>D. oaxacae</i>										•			1
Total		8	34	14	89	29	13	17	21	44	51	21	27	

DB: Depresión del Balsas; MVO: Montañas y Valles del Occidente; FT: Fosa de Tehuacán; SMO: Sierra Madre de Oaxaca; PCG: Planicie Costera del Golfo; VCO: Valles Centrales de Oaxaca; MVC: Montañas y Valles del Centro; DIT: Depresión Ístmica de Tehuantepec; SMC: Sierra Madre de Chiapas; SMS: Sierra Madre del Sur; PCP: Planicie Costera del Pacífico; PCT: Planicie Costera de Tehuantepec. Fuente: elaboración propia con datos de Parra-Olea *et al.* 2014, Mata-Silva *et al.* 2015, AmphibiaWeb 2020.

Mata-Silva *et al.* 2015, CONABIO y SEMADESO 2018) como de zonas específicas (Rendon *et al.* 1998, Peterson *et al.* 2004, Juárez *et al.* 2006, Martín-Regalado *et al.* 2011, Ramírez *et al.* 2014, García-Grajales *et al.* 2016, 2019, Calzada-Arciniega *et al.* 2017, DeSantis *et al.* 2018). Estos trabajos representan el arduo esfuerzo invertido en conocer la herpetofauna oaxaqueña; sin embargo, a pesar de que la entidad ha sido ampliamente estudiada, aún existen zonas remotas poco exploradas debido a su inaccesibilidad y que posiblemente albergan especies desconocidas para la ciencia, como por ejemplo la región Los Chimalapas.

Importancia

Los anfibios tienen una gran importancia ecológica debido a que son excelentes bioindicadores de la calidad de un ecosistema, es decir, su presencia y salud de sus poblaciones son indicio de una buena calidad del ambiente y ausencia de contaminación (Blaustein y Wake 1990, Young *et al.* 2004). Lo anterior se debe a que la piel de estos organismos es permeable y absorbe fácilmente sustancias del entorno, por lo cual son muy sensibles a los contaminantes presentes en el ambiente, tanto en el agua como en la tierra. Otra característica que los hace buenos bioindicadores es que, en su mayoría, requieren de condiciones de temperatura y humedad muy específicas para sobrevivir y desarrollarse, por lo que son susceptibles incluso a cambios ambientales mínimos (Wake 1991, Lips *et al.* 2003). De esta manera, las poblaciones de anfibios son a menudo monitoreadas en cuanto a sus abundancias, desarrollo y enfermedades para conocer el estado ambiental de los hábitats e inferir su calidad para sostener otras formas de vida.

Por otra parte, los anfibios constituyen una parte esencial de la biomasa de vertebrados en los ecosistemas, constituyendo una parte importante de la dieta de organismos como aves, mamíferos, reptiles y artrópodos. Son elementos clave en las redes tróficas ya que son de los principales depredadores de una gran variedad de invertebrados como artrópodos (insectos y arácnidos principalmente), anélidos (lombrices) y moluscos (babosas) y en algunos casos pueden llegarse a alimentar de pequeños mamíferos (Wake 1991).

Debido a que los organismos de este grupo son depredadores muy voraces y generalistas, pueden consumir una gran cantidad de insectos en una noche y esto

tiene una relevancia directa para el ser humano ya que funcionan como perfectos controladores de plagas en los cultivos. Asimismo, poseen una importancia médica, pues reducen la abundancia de especies de insectos consideradas vectores de enfermedades humanas, como se ha observado en especies del género *Osteopilus* que se alimentan principalmente de larvas de moscas y de libélulas asociadas a materia orgánica y aguas estancadas, que de otra manera transmitirían enfermedades desde estos entornos hacia el ser humano (Peltzer y Lajmanovich 2002, Attademo *et al.* 2007).

En Oaxaca, las enfermedades transmitidas por insectos y parasitoidismos son comunes y afectan preocupantemente a las poblaciones humanas, como el caso del dengue, el Zika, la chikungunya, el mal de Chagas y los colmoyotes, y posiblemente la reducción en las poblaciones de anfibios y destrucción de su hábitat tienen una relación con el incremento en la prevalencia de este tipo de padecimientos.

La problemática de la reducción de las poblaciones de anfibios incluso afecta la adquisición de sustento en algunos lugares de Oaxaca, donde estos animales solían constituir una fuente de proteína para los pobladores. Ejemplo de ello se tiene en la Sierra Juárez, donde era común el consumo de algunas especies de ranas, y se le adjudicaba un uso cultural importante. Sin embargo, los lugareños comentan que desde hace aproximadamente 10 años las ranas dejaron de ser abundantes por lo que ya no es viable su cacería. Posiblemente, la abundancia de las ranas se vio mermada desde la introducción de trucha en los cuerpos de agua del lugar (Aguirre 2014). Sin embargo, pese a que no hay estudios científicos que respalden esta hipótesis, el manejo inadecuado de los hábitats naturales por parte de sistemas políticos desinteresados en el tema ambiental es una práctica habitual en el país que a menudo ha llevado a poblaciones de anfibios al borde de la extinción.

Amenazas y estado de conservación

De acuerdo con la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN 2020) se considera que, de las 157 especies de anfibios registradas en la entidad, 63 están amenazadas o críticamente amenazadas, lo cual equivale a 40% de su diversidad total. Asimismo, 14 especies (9%) se clasifican como vulnerables, 12 (8%)

se encuentran como casi amenazadas y para 68 (43%) se carece de información para evaluarlas o se consideran como en preocupación menor (apéndice 38; UICN 2020).

Para el marco legal mexicano, de los anfibios que se encuentran en el estado, 62 especies se encuentran dentro de la NOM-059 (SEMARNAT 2010); de las cuales, 46 están en la categoría sujetas a protección especial y 16 amenazadas, lo que significa que apenas 39% está bajo protección (SEMARNAT 2010). Este porcentaje se considera bajo tomando en cuenta que de las 157 especies presentes en la entidad, 109 (69%) son endémicas para el país, de las cuales 65 (41%) se encuentran únicamente en territorio oaxaqueño, demostrando la gran importancia que tiene el estado para la diversidad de anfibios a nivel nacional y mundial (Mata-Silva *et al.* 2015, AmphibiaWeb 2020).

En la actualidad se considera que los anfibios están sufriendo la peor crisis de conservación entre los vertebrados, con la tasa de extinción más elevada, superando a reptiles, mamíferos, aves y peces (Collins y Storer 2003, Young *et al.* 2004, Wake y Vredenburg 2008). Las principales amenazas identificadas como la causa de disminución de los anfibios son de dos tipos: 1) de origen humano como la destrucción del hábitat, el comercio ilegal de especies y la introducción de especies invasoras; y 2) de origen natural, como las enfermedades infecciosas emergentes. Sin embargo, de acuerdo con la UICN se determinó que el factor más importante para la disminución de las poblaciones de anfibios mexicanos es la deforestación y la transformación del hábitat, el cual se ha acelerado en las últimas décadas. Esto último, aunado a varios estudios realizados en el sureste mexicano (Young *et al.* 2001, Lips *et al.* 2004, Baena *et al.* 2008, Rovito *et al.* 2009, Frías-Alvarez *et al.* 2010), ha provocado que 28 especies (principalmente microendémicas a los bosques de niebla de Oaxaca) suban de categoría de riesgo dentro de la UICN (2020), siendo las salamandras el grupo más afectado.

A escala global, los cambios ambientales (Blaustein y Wake 1995), la aparición de enfermedades (Lips *et al.* 2003, 2006, 2008) y el incremento en la radiación ultravioleta (Blaustein y Wake 1995) han sido las causas de la reducción del tamaño de varias poblaciones de anfibios. Entre estas amenazas, las que han tomado mayor importancia en los últimos años debido a la gran cantidad de especies que han afectado, han sido las enfermedades infecciosas emergentes como la quitridiomycosis, que es causada por

dos especies de hongos (*Batrachochytrium dendrobatidis* y *B. salamandrivorans*). Hasta la fecha, en México sólo se ha registrado a *B. dendrobatidis* en 15 de los 32 estados del país (Lips *et al.* 2004, Frías-Alvarez *et al.* 2008, Muñoz-Alonso 2010, Cheng *et al.* 2011, Luja *et al.* 2012, Olson y Ronnenberg 2008). Estos registros corresponden a 74 especies de anfibios distribuidas desde el desierto costero hasta el bosque de alta montaña; desde el nivel del mar hasta una altitud de 2 336 msnm (Lips *et al.* 2004, Frías-Alvarez *et al.* 2008, Muñoz-Alonso 2010, Luja *et al.* 2012). En Oaxaca se ha detectado la quitridiomycosis en cinco especies: *Craugastor* sp. (Muñoz-Alonso 2010), *Hyla euphorbiaceae*, *Incilius occidentalis*, *Rana spectabilis* (Frías-Alvarez *et al.* 2008) y *Pseudoeurycea smithi* (Cheng *et al.* 2011). Cabe mencionar que todas estas especies son endémicas de México, y específicamente la salamandra *P. smithi* se considera críticamente amenazada.

Conclusiones y recomendaciones

De los 93 793.33 km² que comprende el territorio oaxaqueño, 3 302.37 km² se encuentran protegidos en ocho áreas naturales protegidas federales: Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán, los parques nacionales de Huatulco, Benito Juárez y Lagunas de Chacahua, el Monumento Natural de Yagul, Área de Protección de Flora y Fauna Boquerón de Tonalá, y los santuarios de tortugas marinas Playa de Escobilla y Playa de Chacahua (CONABIO y SEMADESO 2018). Esta extensión apenas representa 3.52% del total de la superficie estatal, dejando sin protección puntos importantes por su gran diversidad, como son la Sierra Madre de Oaxaca y la Mixteca Alta (Ochoa-Ochoa y Flores Villela 2006).

Es de vital importancia la implementación y mejoría de las medidas de conservación para los anfibios en el estado, basándose en estudios bien informados, locales y estatales, y el tiempo es apremiante, antes de que sea una situación irreversible de pérdida de especies y funciones ambientales. Además, considerando la elevada proporción de especies endémicas y microendémicas de anfibios en Oaxaca, su extinción representa una pérdida irrecuperable del acervo de especies a nivel mundial, junto con sus características únicas y posibles usos en investigación farmacológica, entre otros. Para evitar esto, es necesario que se promueva la formación de nuevas áreas naturales protegidas tomando en consideración los sitios de mayor riqueza y endemismo,

no sólo para los anfibios, sino para la flora y fauna en general, y a su vez cerciorarse de que los planes de manejo sean implementados adecuadamente y maximicen la función de estas áreas de protección. Estos esfuerzos deben ser ejecutados de manera coordinada entre el sector gubernamental, las instituciones y la población en general, facilitando la toma de medidas integrales para atender las necesidades de todas las partes involucradas.

Finalmente, es de suma importancia realizar estudios o monitoreos sistemáticos tanto de la permanencia

de las especies, como de la presencia de enfermedades infecciosas para contar con información actualizada del estado de conservación de éstas. Lo anterior, en atención a la amenaza de la dispersión de agentes patógenos como *Batrachochytrium salamandrivorans*, así como para rastrear otras posibles causas de los declives poblacionales en anfibios y así poder involucrarse de manera informada y efectiva en la mitigación del problema.

Referencias

- Aguirre, V. 2014. Profesor Investigador de tiempo completo de la Universidad de la Sierra Juárez. Comunicación personal, agosto.
- AmphibiaWeb. 2020. *Database*. En: <<https://amphibiaweb.org>>, última consulta: junio de 2020.
- Attademo, A.M., P.M. Peltzer y R.C. Lajmanovich. 2007. Feeding habits of *Physalaemus biligonigerus* (Anura, Leptodactylidae) from soybean field of Córdoba province, Argentina. *Russian Journal of Herpetology* 14:1-6.
- Baena, M.L., G. Halftter, A. Lira-Noriega y J. Soberón. 2008. Extinción de especies. En: *Capital natural de México, vol. 1: Conocimiento actual de la biodiversidad*. CONABIO, México, pp. 263-282.
- Blaustein, A.R. y D.B. Wake. 1990. Declining amphibian populations: a global phenomenon? *Trends in Ecology and Evolution* 5:203.
- . 1995. The puzzle of declining amphibian populations. *Scientific American* 272:52-57.
- Calzada-Arciniega, R.A., E. Recuero, M.G. García-Castillo y G. Parr-Olea. 2017. New records and an updated list of herpetofauna from Cerro Piedra Larga, an isolated mountain massif in Oaxaca, Mexico. *Herpetology Notes* 10:651-658.
- Campbell, J.A. y W.E. Duellman. 2000. New species of stream-breeding hylid frogs from the northern versant of the highlands of Oaxaca, Mexico. *Scientific Papers Natural History Museum, The University of Kansas* 16:1-28.
- Casas-Andreu, G. 1996. Notas para la historia de los estudios herpetofaunísticos en el estado de Oaxaca, México. *Boletín de la Sociedad Herpetológica de México* 7:21-26.
- Casas-Andreu, G., F. Méndez de la Cruz y X. Aguilar-Miguel. 2004. Anfibios y reptiles. En: *Biodiversidad de Oaxaca*. A.J. García-Mendoza, M.J. Ordoñez y M. Briones-Salas (eds.). Instituto de Biología-UNAM/Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza/WWF, México, pp. 375-390.
- Cheng, T., S. Rovito, D. Wake y V. Vredenburg. 2011. Coincident mass extirpation of neotropical amphibians with the emergence of the infectious fungal pathogen *Batrachochytrium dendrobatidis*. The rain forests of Australia and Central America. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 108:9502-9507.
- Collins, J. y A. Storfer. 2003. Global amphibian declines: sorting the hypotheses. *Diversity and Distributions* 9:89-98.
- CONABIO y SEDEMA. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, y Secretaría de Desarrollo y Medio Ambiente del Gobierno del Estado de Veracruz. 2013. *Estrategia para la Conservación y el Uso Sustentable de la Biodiversidad del estado de Veracruz (COVEBIO)*. CONABIO, México.
- CONABIO y SEMADESO. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, y Secretaría del Medio Ambiente, Energías y Desarrollo Sustentable de Oaxaca. 2018. *Estrategia para la Conservación y el Uso Sustentable de la Biodiversidad del estado de Oaxaca (ECUSBEO)*. CONABIO, México.
- Cope, E.D. 1869-1870. Seventh contribution to the herpetology of tropical America. *Proceedings of the American Philosophical Society* 11:147-169.
- DeSantis, D.L., E. García-Padilla, L.D. Wilson y V. Mata-Silva. 2018. Conservation of herpetofauna in disturbed habitats: perspectives from short-term surveys in the Sierra Madre del Sur, Oaxaca, Mexico. En: *Ecología y conservación de fauna en ambientes antropizados*. A. Ramírez-Bautista y R. Pineda-López (eds.). REFAMA/CONACYT/Universidad Autónoma de Querétaro, México, pp. 5-32.
- Duellman, W.E. 1960. A distributional study of the amphibians of the isthmus of Tehuantepec, Mexico. *University of Kansas Publish Museum Natural History* 1312:19-72.
- Duellman, W.E. y L. Trueb. 1986. *Biology of amphibians*. McGraw-Hill, Estados Unidos.
- Frías-Alvarez, P., V.T. Vredenburg, J. Familiar-López et al. 2008. Chytridiomycosis survey in wild and captive Mexican amphibians. *EcoHealth* 5:18-26.

- Frías-Alvarez, P., J.J. Zúñiga-Vega y O. Flores-Villela. 2010. A general assessment of the conservation status and decline trends of Mexican amphibians. *Biodiversity Conservation* 19:3699-3742.
- Frost, D.R. 2021. *Amphibian species of the world: an online reference. Database*. En: <<https://amphibiansoftheworld.amnh.org/index.php>>, última consulta: septiembre de 2021.
- García-Grajales, J., A. Buenrostro-Silva y V. Mata-Silva. 2016. Diversidad herpetofaunística del Parque Nacional Lagunas de Chacahua y la Tuza de Monroy, Oaxaca, México. *Acta Zoológica Mexicana* 32:90-100.
- García-Grajales, J., Y. López-López y A. Buenrostro-Silva. 2019. Herpetofaunal diversity in a tropical dry forest on the central coast of Oaxaca, Mexico. *Acta Universitaria Multidisciplinaria Scientific Journal* 29:1-11.
- Gehlbach, F.R. y B.B. Collette. 1957. A contribution to the herpetofauna of the highlands of Oaxaca and Puebla, Mexico. *Herpetologica* 13:227-231.
- Guzmán-Guzmán, S., J.E. Morales-Mávil y E.O. Pineda-Arredondo. 2011. Anfibios. En: *La biodiversidad en Veracruz: Estudio de Estado*. Vol. II. CONABIO/Gobierno del Estado de Veracruz/UV/Instituto de Ecología A.C., México, pp. 517-529.
- Hanken, J. y D.B. Wake. 1994. Five new species of minute salamanders, genus *Thorius* (Caudata: Plethodontidae), from northern Oaxaca, México. *Copeia* 1994:573-590.
- Holman, J.A. 1964. New and interesting amphibians and reptiles from Guerrero and Oaxaca, Mexico. *Herpetologica* 20:48-54.
- Johnson, J.D., V. Mata-Silva, E. García-Padilla, y L.D. Wilson. 2015. The herpetofauna of Chiapas, Mexico: composition, distribution, and conservation. *Mesoamerican Herpetology* 2:271-329.
- Juárez, J.C., A.J. González, M.L. Cabrera, J.M. Garza. 2006. Anfibios y reptiles de una zona perturbada en el municipio de Tuxtepec, Oaxaca, México. En: *Inventarios herpetofaunísticos de México: avances en el conocimiento de su biodiversidad*. AL. Ramírez-Bautista, L. Canseco-Márquez y F. Mendoza-Quijano (eds.). Publicaciones de la Sociedad Herpetológica Mexicana, México, pp. 283-292.
- Liner, E.A. y H.A. Dundee. 1969. Notes on reptiles and amphibians from southern Guerrero and Oaxaca, Mexico. *The Southwestern Naturalist* 14:129-134.
- Lips, K.R., J.D. Reeve y L.R. Witters. 2003. Ecological traits predicting amphibian population declines in Central America. *Conservation Biology* 17:1078-1088.
- Lips, K.R., J.R. Mendelson III, A. Muñoz-Alonso et al. 2004. Amphibian population declines in montane southern México: resurveys of historical localities. *Biological Conservation* 119:555-564.
- Lips, K.R., F. Brem, R. Brenes et al. 2006. Emerging infectious disease and the loss of biodiversity in a Neotropical amphibian community. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 103:3165-3170.
- Lips, K.R., J. Diffendorfer, J.R. Mendelson y M.W. Sears. 2008. Riding the wave: reconciling the roles of disease and climate change in amphibian declines. *PLoS Biology* 6:441-454.
- Luja, V., H.R. Rodríguez-Estrella, K. Ratzlaff y G. Parra-Olea. 2012. The chytrid fungus *Batrachochytrium dendrobatidis* in isolated populations of the Baja California treefrog *Pseudacris hypochondriaca curta* in Baja California Sur, México. *Southwestern Naturalist* 57:323-327.
- Lynch, J.D. y H.M. Smith. 1965. New or unusual amphibians and reptiles from Oaxaca, Mexico. *Herpetologica* 21:168-177.
- . 1966. New or unusual amphibians and reptiles from Oaxaca, México 2. *Transactions of the Kansas Academy of Science* 69:58-75.
- Martín-Regalado, C., R. González-Ugalde y E. Cisneros-Palacios. 2011. Herpetofauna del cerro Guiengola, Istmo de Tehuantepec, Oaxaca. *Acta Zoológica Mexicana* 27:359-376.
- Mata-Silva, V., J.D. Johnson, L.D. Wilson y E. García-Padilla. 2015. The herpetofauna of Oaxaca: composition, physiographic distribution, and conservation status. *Mesoamerican Herpetology* 2:6-62.
- McCoy, C.Jr. y D.H. Van Horn. 1962. Herpetozoa from Oaxaca and Chiapas. *Herpetologica* 18:180-186.
- Mendelson III, J.R. y K.R. Toal. 1995. A new species of *Hyla* (Anura: Hylidae) from cloud forest in Oaxaca, Mexico, with comments on the status of the *Hyla bistincta* group. *Occasional Papers of the Museum of Natural History, The University of Kansas* 174:1-20.
- . 1996. A new species of *Hyla* (Anura: Hylidae) from the Sierra Madre del Sur of Oaxaca, Mexico, with comments on *Hyla chryses* and *Hyla mykter*. *Journal of Herpetology* 30:326-333.
- Muñoz-Alonso, L.A. 2010. *Riqueza, diversidad y estatus de los anfibios amenazados en el sureste de México; una evaluación para determinar las posibles causas de la declinación de las poblaciones*. ECOSUR, México.
- Ochoa-Ochoa, L.M. y O. Flores-Villela. 2006. *Áreas de diversidad y endemismo de la herpetofauna mexicana*. UNAM/CONABIO, México.
- Olson, D.H. y K.L. Ronnenberg. 2008. *Global Bd mapping project*. En: <<http://www.parcplace.org/bdmap2008update.html>>, última consulta: junio del 2020.
- Parra-Olea, G., O. Flores-Villela y C. Mendoza-Almeralla. 2014. Biodiversidad de anfibios de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85:469-466.
- Parra-Olea, G., M. García-París y D.B. Wake. 1999. Status of some populations of Mexican salamanders (Amphibia: Plethodontidae). *Revista de Biología Tropical* 47:217-223.

- Peterson, A.T., L. Canseco-Márquez y J.L. Contreras Jiménez. 2004. A preliminary biological survey of Cerro Piedra Larga, Oaxaca, Mexico: birds, mammals, reptiles, amphibians, and plants. *Anales del Instituto de Biología-UNAM* 75:439-466.
- Peltzer, P.M. y R.C. Lajmanovich. 2002. Foods habits of the green frog *Lysapsus limellus* (Anura, Pseudidae) in lentic environments of Parana River, Argentina. *Bulletin de la Société Herpétologique de France* 101:53-58.
- Ramírez, C.G., A.E. Lara y T.J. Mijangos. 2014. New distributional records of amphibians and reptiles from northern Oaxaca, México. *Check List* 10:679-681.
- Rendon, A.R., T. Álvarez, y O. Flores-Villela. 1998. Herpetofauna de Santiago Jalahui, Oaxaca, México. *Acta Zoológica Mexicana* 75:17-45.
- Rovito, S.M., G. Parra-Olea, C.R. Vásquez-Almazán et al. 2009. Dramatic declines in Neotropical salamander populations are an important part of the global amphibians crisis. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 106:231-236.
- 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. Última reforma publicada el 14 de noviembre de 2019.
- Smith, H.M. y L.E. Laufe. 1945. Notes on o herpetological collection from Oaxaca. *Herpetologica* 3:1-13.
- Smith, H.M. y D.A. Langebartel. 1949. Notes on a collection of reptiles and amphibians from the Isthmus of Tehuantepec, Oaxaca. *Journal of the Washington Academy of Sciences* 39:409-416.
- Tanner, W.W. 1957. Notes on a collection of amphibians and reptiles from southern Mexico, with a description of a new *Hyla*. *The Great-Basin Naturalist* 17:52-56.
- Taylor, E.H. 1949. New or unusual Mexican amphibians. *American Museum Novitates* 1437:1-21.
- UICN. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. 2020. *The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2020-1*. En: <<https://www.iucnredlist.org>>, última consulta: junio del 2020.
- Wake, D.B. 1991. Declining amphibian populations. *Science* 253:860.
- Wake, D.B. y V. Vredenburg. 2008. Are we in midst of the sixth mass extinction? A view from the world of amphibians. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105:11466-11473.
- Young, B.E., K.R. Lips, J.K. Reaser et al. 2001. Population declines and priorities for amphibian conservation in Latin America. *Conservation Biology* 15:1213-1223.
- Young, B., S. Stuart, J.S. Chanson et al. 2004. *Joyas que están desapareciendo: el estado de los anfibios en el Nuevo Mundo*. Nature Serve, Virginia.



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Ranita verrugosa de montaña (*Quilticohyala acrochorda*). Foto: Cynthia Grisell Ramírez González/CONABIO/Mosaico Natura.

Diversidad de anfibios en zonas de conservación

Cynthia Grisell Ramírez González y Luis Canseco Márquez

Introducción

Oaxaca se caracteriza por su diversidad cultural y biológica, en donde destaca por albergar la mayor diversidad de anfibios y reptiles (Mata-Silva *et al.* 2015, Ramírez-González 2016). Actualmente, los anfibios presentes en el estado comprenden 157 especies (156 identificadas), agrupadas en 13 familias y 38 géneros; cerca de 110 especies son endémicas al país y de éstas, más de 60 lo son a la entidad (Mata-Silva *et al.* 2021, véase *Anfibios*, en esta obra).

Dentro de la gama de ecosistemas presentes, los bosques mesófilos de montaña de los distritos Ixtlán de Juárez y Mixe, en la Sierra Madre de Oaxaca (SMO), concentran la mayor riqueza de especies y endemismos. Sin embargo, estas áreas carecen de zonas de conservación. De acuerdo con la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), Oaxaca posee ocho áreas naturales protegidas (ANP) de carácter federal que cubren 330 237.00 ha de la superficie estatal¹ y 148 áreas destinadas voluntariamente a la conservación (ADVC) que

¹ Para el presente análisis de diversidad de anfibios, no se consideró el Área de Protección de Flora y Fauna Boquerón de Tonalá.

Ramírez-González, C.G. y L. Canseco-Márquez. 2022. Diversidad de anfibios en zonas de conservación. En: *La biodiversidad en Oaxaca. Estudio de Estado*. Vol. III. CONABIO, México, pp. 218-223.

comprenden 139 180.37 ha.² En conjunto protegen aproximadamente 5% del territorio (cuadro 1). Sin embargo, 87 especies de anfibios (56% del total) no se encuentran representadas dentro de alguna de estas zonas.

En este capítulo se aborda información de la riqueza de especies, diversidad taxonómica y endemismos de anfibios presentes en las regiones fisiográfico-florísticas del territorio oaxaqueño, propuestas por García-Mendoza y Torres-Colín (1999). Asimismo, se analizó la presencia/ausencia de anfibios en ANP y ADVC en dichas regiones, como un instrumento para reforzar los planes y políticas de manejo de estas áreas, y con ello favorecer la preservación de este grupo de organismos en la entidad.

Diversidad y distribución

Con base en la distribución conocida de anfibios, la SMO alberga la mayor riqueza de especies (78), seguida de la Planicie Costera del Golfo (PCG, 62) y la Sierra Madre del Sur (SMS, 57; Ramírez-González 2016). En cambio, la menor riqueza se registra en Depresión del Balsas (DB, 14), seguida por Valle de Tehuacán-Cuicatlán (VTC, 16) y Mixteca Alta (MA, 21; cuadro 2).

A nivel de familia, en las regiones Planicie Costera del Pacífico (PCP) y PCG albergan 12 de un total de 13; mientras que DB alberga el menor número (5). A nivel de género, PCG presenta el mayor número para esta categoría taxonómica (31), seguida por SMO (28); mientras que MA y DB albergan el menor número (13 y 9 géneros, respectivamente). El mayor número de endemismos para la entidad se presentan en SMO (38), seguido por las regiones SMS (18) y PCG (13).

Con base en la mayor riqueza de especies, endemismos y anfibios dentro de categorías de la NOM-059 (SEMARNAT 2010) y la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), los distritos Ixtlán y Mixe (SMO) son sitios relevantes para la conservación de anfibios. Sin embargo, esta región junto con PCG, SMS, Istmo de Tehuantepec (IST) y Sierra Atravesada (SA) no cuentan con un ANP; mientras que MA y VTC no presentan ADVC.

Anfibios presentes en ANP y ADVC

Las ANP y ADVC protegen de manera conjunta 68 especies (43.3% del total estatal), agrupadas en tres órdenes,

Cuadro 1. Superficie estatal de áreas protegidas decretadas.

Categoría	Nombre	Superficie (ha)	Superficie estatal (%)
Reserva de la biosfera	Tehuacán-Cuicatlán	490 186.87 (296 272.00 en el estado)	3.1588
Parque nacional	Benito Juárez	2 737.00	0.0292
Parque nacional	Huatulco	11 891.00 (6 374.98 de superficie terrestre)	0.1268
Parque nacional	Lagunas de Chacahua	14 187.00 (2 527.00 de superficie lagunar)	0.1513
Monumento natural	Yagul	1 076.00	0.0115
Santuario de tortugas marinas	Playa de Escobilla	75.00 (29.00 de superficie terrestre)	0.0008
Santuario de tortugas marinas	Playa de Chacahua	87.00 (6.50 de superficie terrestre)	0.0009
Área de protección de flora y fauna	Boquerón de Tonalá*	3 912.00	0.0417
Subtotal		330 237.00	3.5209
Áreas destinadas voluntariamente a la conservación		139 180.37	1.4839
Total estatal		469 417.37	4.8634

*No se consideró dentro del presente análisis de diversidad de anfibios. Fuente: elaboración propia con datos de CONANP 2014.

² Número de ADVC establecidas para 2012. Para 2019, Oaxaca contaba con 135 ADVC con una superficie total de 125 920 ha (véase *Manejo y conservación de la biodiversidad*, en esta obra; CONANP 2020).

Cuadro 2. Diversidad y número de especies endémicas por regiones fisiográfico-florísticas.

Región*	Familias	Géneros	Especies	Especies endémicas	
				A Oaxaca	A México
Sierra Madre de Oaxaca	11	28	78	38	61
Planicie Costera del Golfo	12	31	62	13	36
Sierra Madre del Sur	11	25	57	18	43
Istmo de Tehuantepec	11	24	52	6	26
Sierra Atravesada	9	21	42	3	21
Planicie Costera del Pacífico	12	21	33	1	17
Valle Centrales	7	14	24	10	21
Mixteca Alta	7	13	21	4	16
Valle de Tehuacan-Cuicatlán	7	14	16	4	12
Depresión del Balsas	5	9	14	2	11

*Regiones fisiográfico-florísticas propuestas por García-Mendoza y Torres-Colín 1999. Fuente: modificado de Ramírez-González 2016.

12 familias y 27 géneros (100, 92 y 71% del total estatal, respectivamente; apéndice 39). De éstas, 16 anfibios son endémicos restringidos a los límites políticos del estado, 24 se encuentran dentro de la NOM-059 (SEMARNAT 2010) y 66 en alguna de las categorías de la Lista Roja de la UICN (2018).

Entre las especies endémicas a la entidad dentro de alguna ANP se encuentran la rana *Sarcohyla cyclada*, así como las salamandras *Isthmura boneti* y *Pseudoeurycea cochranae*, éstas dos últimas se consideran vulnerables por la UICN (2018). Cabe destacar que en las ADVC se encuentran ranas como *Sarcohyla crassa*, *S. hazelae*, *S. labeculata*, y salamandras como *Pseudoeurycea juarezi*, *P. smithi* y *P. unguidentis* (figura 1), las cuales también son endémicas al estado y además se encuentran en peligro o en peligro crítico dentro de la Lista Roja de la UICN (2018).

Con base en la distribución conocida de los anfibios y registros publicados (Canseco-Márquez y Gutiérrez-Mayén 2010, SEMARNAT 2013, García-Grajales *et al.* 2016, Ramírez-González 2016, Lavariaga *et al.* 2017), las ANP del territorio oaxaqueño resguardan 32 especies (20% del total), en donde la Reserva de la Biosfera Valle de Tehuacán-Cuicatlán protege 18 anfibios, seguido de los parques nacionales Benito Juárez (10), Huatulco (8), Lagunas de Chacahua (9) y el Monumento Natural de Yagul (4).

Por su parte, las ADVC protegen 56 especies (36% del total), por lo que aún cuando poseen superficies más pequeñas respecto a las ANP, estas zonas representan

una herramienta muy importante en la conservación de anfibios en la entidad. Cabe señalar que esta misma tendencia fue observada por Ochoa-Ochoa y colaboradores (2009) quienes mencionaron que 73% de las especies endémicas al país, estaban representadas en ADVC, por lo que consideraron que la conservación a nivel local tiene que ser reconocida como un componente esencial en la preservación de la biodiversidad.

Asimismo, algunos anfibios se distribuyen exclusivamente en alguna región de la entidad (apéndice 40). La SMO alberga el mayor número de especies únicas, las cuales en su mayoría pertenecen a salamandras de los géneros *Pseudoeurycea* y *Thorius*, incluyendo además la presencia de especies de ranas críticamente amenazadas como *Megastomatohyla mixe* y *Sarcohyla cyanomma*. Sin embargo, más del 80% de las especies que se distribuyen en esta región se encuentra fuera de alguna ANP o ADVC, debido que sólo la parte norte del distrito Etlá en la SMO alberga una porción con ANP; por lo tanto, estas especies se encuentran desprotegidas, además de encontrarse dentro de las categorías de riesgo más altas de la NOM-059 (SEMARNAT 2010) y la UICN.

Aunado a ello, a partir del 2014 se han dado de baja 700.51 ha de ADVC en diferentes regiones del territorio oaxaqueño (la mayoría con una perpetuidad entre 10 y 15 años; CONANP 2020): Istmo de Tehuantepec, Planicie Costera del Pacífico, Sierra Atravesada y Depresión del Balsas; en donde esta última alberga 11 endemismos al país.



Figura 1. Ejemplos de anfibios endémicos al estado presentes en áreas de conservación. a) *Sarcophyla cyclada*; b) *Sarcophyla crassa* (en peligro crítico*); c) *S. hazelae* (en peligro crítico*); d) *Isthmura boneti* (vulnerable*); e) *Pseudoeurycea cochranae* (vulnerable*); f) *P. juarezi* (en peligro crítico*). *Categoría de uicn 2018. Fotos: Luis Canseco-Márquez.

Conclusiones

Es evidente que a pesar de las ANP o ADVC existentes en Oaxaca, la diversidad de anfibios no se encuentra totalmente representada dentro de ellas. En muchos casos, las ANP han sido decretadas considerando sólo la belleza estética y el potencial recreativo, en donde los anfibios (junto con los reptiles) fueron ignorados en las políticas de conservación (Prendergast *et al.* 1999, Martínez-Sánchez *et al.* 2009), aun cuando estos organismos pueden ser empleados como bioindicadores en la calidad del hábitat, debido a la sensibilidad que presentan ante los cambios en el ambiente.

Es por ello que, debido a su vulnerabilidad, riqueza, alta endemicidad y distribución en los diferentes ecosistemas oaxaqueños, los anfibios pueden ser un grupo potencial para la delimitación de nuevas áreas de conservación. Cabe indicar que, en algunas regiones de la entidad, se desconoce aún la riqueza de especies para este grupo de organismos.

En este contexto, de acuerdo con Ramírez-González (2016), en la SMO el distrito Villa Alta y la parte este del distrito Mixe albergan bosques mesófilos que aún no han sido explorados y que posiblemente posean una mayor riqueza de endemismos. Del mismo modo, existe un vacío de colectas entre los distritos Putla, Sola de Vega y las zonas montañosas de Miahuatlán en la SMS, que de explorarse seguramente incrementaría el número de especies registradas hasta el momento.

Otros distritos poco muestreados para este grupo taxonómico son: Juxtlahuaca, Huajuapam, Silacayoapam, Nochixtlán, Tlaxiaco (parte sur), Coixtlahuaca (porción norte), Teposcolula, Tlacolula, Ocotlán, Ejutla, Zimatlán, parte norte de Miahuatlán, porción norte de Juquila y Pochutla; así como la parte noreste del distrito Choapam y Mixe (Ramírez-González 2016).

Respecto a la riqueza de especies que se conoce dentro de las ANP y las ADVC establecidas en Oaxaca, es necesario que se realice como punto de partida la actualización de sus inventarios faunísticos, ya que son escasas las publicaciones de ANP que proporcionan la lista de especies protegidas (Canseco-Márquez y Gutiérrez-Mayén 2010, SEMARNAT 2013, García-Grajales *et al.* 2016, Lavariaga *et al.* 2017) y los estudios sobre el establecimiento de ADVC tampoco son publicados. Por ello, es importante indicar que el número de especies presentes en estas zonas de conservación puede estar subestimado.

Del mismo modo, se sugiere que se deben implementar acciones de monitoreo de anfibios, pues son buenos indicadores de la calidad del hábitat (Wells 2007). Estas acciones permitirían conocer el ensamble de especies, su distribución espacial y temporal dentro de dichas áreas, así como el comportamiento de sus poblaciones a través del tiempo, con relación a las actividades de manejo que llevan a cabo en las ANP y ADVC o bien a la presencia de eventos estocásticos.

Dentro de esta actividad, se sugiere implementar además monitoreos con un enfoque de funcionalidad de las especies, ya que éstas no son iguales en sus efectos sobre el funcionamiento del ecosistema (Mouchet *et al.* 2010). Incluir el aspecto funcional en la diversidad biológica puede contribuir en la comprensión del ensamble de especies, los procesos ecosistémicos en los que se encuentran implícitos y los servicios que éstos ofrecen (Salgado-Negret y Paz 2015). Aunque Cortés-Gómez y colaboradores (2015) afirman que los estudios sobre diversidad funcional se han ido incrementando, los anfibios y reptiles son los grupos menos estudiados (Gómez-Ortiz y Moreno 2017).

Otra acción importante es investigar sobre la presencia de enfermedades emergentes como la quitridiomycosis, la cuál ha sido causa en el declive de anfibios en el mundo (Voyles *et al.* 2009). En la entidad, este patógeno fue reportado por Lips y colaboradores (2004) en Sierra Juárez y Sierra Sur; sin embargo, esta enfermedad no ha sido evaluada en otras regiones y poblaciones de anfibios.

Finalmente, las estrategias de conservación deben abordar de la manera más adecuada e integral, las necesidades y condiciones sociales del lugar en que han de desarrollarse, pues el éxito o fracaso de éstas dependen en gran medida de la participación conjunta entre las instancias correspondientes, las comunidades y los ejidatarios dueños de los recursos naturales. Es por ello que la transmisión y explicación de los resultados obtenidos en las investigaciones hacia la sociedad -y sobre todo hacia las localidades en donde se desarrollan- es de suma importancia para proponer acuerdos y ejecutar actividades a favor de la conservación.

Asimismo, se sugiere que los planes de manejo de las áreas protegidas aborden la difusión del conocimiento biológico y ecológico de las especies a través de la educación ambiental u otras actividades, que permitan reconocer la percepción que se tiene sobre el entorno y

las especies que lo habitan, así como sensibilizar a la sociedad sobre la responsabilidad en la conservación de la biodiversidad. Sólo de esta manera las posibilida-

des de conservar la riqueza de la entidad podrían verse favorecidas.

Referencias

- Canseco-Márquez, L. y G.M. Gutiérrez-Mayén. 2010. *Anfibios y reptiles del valle de Tehuacán-Cuicatlán*. CONABIO/Fundación para la Reserva de la Biosfera Cuicatlán A.C., México.
- CONANP. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 2014. *Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas*. En: <http://www.conanp.gob.mx/que_hacemos/sinap.php>, última consulta: 28 de abril de 2015.
- . 2020. *Áreas destinadas voluntariamente a la conservación - Junio 2020*. En: <<http://sig.conanp.gob.mx/website/interactivo/advc/>>, última consulta: 3 de septiembre de 2020.
- Cortés-Gómez, A.M., M.P. Ramírez-Pinilla y N. Urbina-Cardona. 2015. Protocolo para la medición de rasgos funcionales en anfibios. En: *La ecología funcional como aproximación al estudio, manejo y conservación de la biodiversidad: protocolos y aplicaciones*. B. Salgado-Negret (ed.). Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, pp.127-179.
- García-Grajales, J., A. Buenrostro-Silva y V. Mata-Silva. 2016. Diversidad herpetofaunística del Parque Nacional Lagunas de Chachagua y La Tuza de Monroy, Oaxaca, México. *Acta Zoológica Mexicana* 32(1):90-100.
- García-Mendoza, A. y C.R. Torres-Colín. 1999. Estado actual del conocimiento sobre la flora de Oaxaca. En: *Flora y vegetación*. M.A. Vásquez-Dávila (ed.). Instituto Tecnológico Agropecuario de Oaxaca, Oaxaca, pp. 49-86.
- Gómez-Ortiz, Y. y C.E. Moreno. 2017. La diversidad funcional en comunidades animales: una revisión que hace énfasis en los vertebrados. *Animal Biodiversity and Conservation* 40(2):165-174.
- Lavariega, M.C., N. Martín-Regalado, A.G. Monroy-Gamboa y M. Briones-Salas. 2017. Estado de conservación de los vertebrados terrestres de Oaxaca, México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 4(10):135-146.
- Lips, K.R., J.R. Mendelson III, A. Muñoz-Alonso *et al.* 2004. Amphibian population declines in montane southern Mexico: resurveys of historical localities. *Biological Conservation* 119(4):555-564.
- Martínez-Sánchez, N., V. Pérez-Crespo y S. Vázquez-Mendoza. 2009. La problemática de las áreas naturales protegidas en Oaxaca. *Ciencias* 96:24-27.
- Mata-Silva, V., J.D. Johnson, L.D. Wilson *et al.* 2015. The herpetofauna of Oaxaca, Mexico: composition, physiographic distribution and conservation status. *Mesoamerican Herpetology* 2(1):6-62.
- Mata-Silva, V., E. García-Padilla, A. Rocha *et al.* 2021. A reexamination of the herpetofauna of Oaxaca, Mexico: Composition update, physiographic distribution, and conservation commentary. *Zootaxa* 4996(2):201-252.
- Mouchet, M.A., S. Villéger, N.W. Mason y D. Mouillot. 2010. Functional diversity measures: an overview of their redundancy and their ability to discriminate community assembly rules. *Functional Ecology* 24(4):867-876.
- Ochoa-Ochoa, L., J.N. Urbina-Cardona, L.B. Vázquez *et al.* 2009. The effects of governmental protected areas and social initiatives for land protection on the conservation of mexican amphibians. *PLoS ONE* 4(9):e6878.
- Prendergast, J.R., R.M. Quinn y J.H. Lawton. 1999. The gaps between theory and practice in selecting nature reserves. *Conservation Biology* 13:484-492.
- Ramírez-González, C.G. 2016. *Anfibios de Oaxaca: riqueza y distribución*. Tesis de maestría. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional-IPN, Oaxaca.
- Salgado-Negret, B. y H. Paz. 2015. Escalando de los rasgos funcionales a procesos poblacionales, comunitarios y ecosistémicos En: *La ecología funcional como aproximación al estudio, manejo y conservación de la biodiversidad: protocolos y aplicaciones*. B. Salgado-Negret (ed.). Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, pp. 12-35.
- 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. Última reforma publicada el 14 de noviembre de 2019.
- . 2013. *Programa de Manejo del Parque Nacional Benito Juárez*. Publicado el 7 de diciembre del 2013 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.
- UICN. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. 2018. *The IUCN Red List of threatened species. Versión 2018-1*. En: <<http://www.iucnredlist.org>>, última consulta: noviembre de 2018.
- Voyles, J., S. Young, L. Berger *et al.* 2009. Pathogenesis of chytridiomycosis, a cause of catastrophic amphibian declines. *Science* 326(5952):582-585.
- Wells, K.D. 2007. *The ecology and behavior of amphibians*. The University of Chicago Press, Estados Unidos.



Anolis tehuano (*Anolis Boulengerianus*) registrado en San Juan Guegoyachi, municipio Totolapan. Foto: Luis Canseco.

Reptiles: actualización taxonómica, endemismos y conservación

Luis Canseco Márquez y Cynthia Grisell Ramírez González

Introducción

La herpetofauna de México es una de las más ricas en el mundo; hasta 2014, se conocían 1 240 especies (376 anfibios y 864 reptiles; Flores-Villela y García-Vázquez 2014, Parra-Olea *et al.* 2014). Sin embargo, en los últimos años se han realizado numerosos cambios taxonómicos y descripción de nuevas especies, por lo que la riqueza de especies se ha modificado. En México se registran 1 387 especies (421 anfibios y 966 reptiles), que representan 6.9% de las 11 690 especies de reptiles y 8 403 de anfibios conocidas en el mundo (Frost 2021, Uetz *et al.* 2021).

Los reptiles se caracterizan por poseer un cuerpo cubierto por escamas o placas epidérmicas y requieren de la temperatura externa para regular su metabolismo (ectotermos). Representan una de las radiaciones evolutivas más exitosas, existiendo grupos acuáticos, terrestres y arborícolas, que se encuentran en casi cualquier parte del mundo (McDiarmid 2012). Ocupan una amplia variedad de ecosistemas y además explotan una infinidad de microhábitats. Están representados por las tortugas quienes se caracterizan por tener el cuerpo protegido por un caparazón óseo (concha); lagartijas, las cuales en su mayoría poseen cuatro extremidades, aunque en algunas familias éstas se encuentran reducidas o incluso ausentes; serpientes, su cuerpo es alargado, cilíndrico y carecen de extremidades; y cocodrilos, organismos de cuerpo robusto y de gran tamaño.¹

¹ Para más información consultar a Canseco-Márquez y Gutiérrez-Mayén 2010.
² Especies identificadas: 323.

Composición taxonómica y diversidad de reptiles

Los reptiles en México se encuentran representados por 966 especies, ocupando el segundo lugar de riqueza a nivel mundial. Oaxaca alberga una amplia variedad de ecosistemas y microclimas, lo que permite la existencia de una gran diversidad de estos organismos, por lo que es el primer lugar nacional con 330 especies² (34.1% de la riqueza de México), seguido por Veracruz y Chiapas (cuadro 1).

El primer estudio que consideró de manera general la presencia y distribución de los reptiles en el territorio oaxaqueño (en cada una de sus regiones fisiográficas), fue elaborado por Casas-Andreu y colaboradores (2004). Esta lista fue actualizada 11 años más tarde por Mata-Silva y colaboradores (2015), en la cual se adicionaron

Cuadro 1. Comparación de la riqueza de reptiles a nivel nacional y estatal.

Grupo	México ^c	Chiapas ^a	Veracruz ^b	Oaxaca ^c
Lagartijas	481	90	87	139
Serpientes	430	114	130	169
Tortugas	52	17	19	19
Cocodrilos	3	3	1	3
Total	966	224	237	330

Fuente: elaboración propia con información de ^aJohnson *et al.* 2015, ^bTorres-Hernández *et al.* 2021, ^cdatos recopilados para este capítulo.

Canseco-Márquez, L. y C.G. Ramírez-González. 2022. Reptiles: actualización taxonómica, endemismos y conservación. En: *La biodiversidad en Oaxaca. Estudio de Estado*. Vol. III. CONABIO, México, pp. 225-239.

48 especies de reptiles con respecto a los 245 mencionados por Casas-Andreu y colaboradores (2004). Sin embargo, posterior a la publicación de 2015, nuevos taxones fueron descritos (Campbell 2015, Grünwald *et al.* 2015, Campbell *et al.* 2016, Gray *et al.* 2016, Wallach 2016, Pavón-Vázquez *et al.* 2017, Campbell *et al.* 2018, Canseco-Márquez *et al.* 2018, Hernández-Jiménez *et al.* 2019, Carbajal-Márquez *et al.* 2020, McCranie *et al.* 2020, García-Vázquez *et al.* 2021, Grünwald *et al.* 2021, Lara-Tufiño y Nieto-Montes de Oca 2021); la sistemática de algunos grupos se modificó (Linkem *et al.* 2011, Reynolds *et al.* 2014, Spinks *et al.* 2014, Grünwald *et al.* 2015, Meza-Lázaro y Nieto-Montes de Oca 2015, Card *et al.* 2016, Wallach 2016, Nieto-Montes de Oca *et al.* 2017, Blair *et al.* 2018, O'Connell y Smith 2018, Palacios-Aguilar y Flores-Villela 2020, Chambers y Hillis 2020, Jadin *et al.* 2020, Reyes-Velasco *et al.* 2020, Ramírez-Reyes *et al.* 2021, Schools y Hedges 2021, Palacios-Aguilar *et al.* 2021) y nuevos registros y ampliaciones de distribución se han publicado (Aguilar-López *et al.* 2014, García-Padilla y Mata-Silva 2014, Canseco-Márquez y Ramírez-González 2015, Castañeda-Hernández *et al.* 2015, Ramírez-González y Canseco-Márquez 2015, Scarpetta *et al.* 2015, Aldape-López y Santos-Moreno 2016, Clause *et al.* 2016, Grünwald *et al.* 2016, Ibarra-Contreras *et al.* 2016, Mata-Silva *et al.* 2016, Rocha *et al.* 2016, Vázquez-Vega *et al.* 2016, Wylie y Grünwald *et al.* 2016, De la Torre-Loranca *et al.* 2019, García-Grajales *et al.* 2020, Himes 2020, Sánchez-García *et al.* 2020), incrementando así la riqueza de especies en la entidad. Varias de estas modificaciones fueron consideradas en la nueva lista publicada para Oaxaca (Mata-Silva *et al.* 2021). No obstante, existen aún regiones que han sido poco estudiadas e incluso inexploradas, tal es el caso de la parte oeste de la Sierra Madre del Sur, sureste de la Sierra Norte o la región Mixteca en los límites con Guerrero. Reflejo de ello son siete especies (cinco lagartijas y dos serpientes) que se encuentran en proceso de descripción.

Actualmente, de las 330 especies de reptiles representadas en el estado (agrupadas en tres órdenes, 38 familias y 109 géneros), las serpientes son las mejor representadas (169 especies), le siguen las lagartijas (139), las tortugas (19) y los cocodrilos (3; cuadro 2).

En las lagartijas, la familia que alberga el mayor número de especies es Phrynosomatidae (32), seguida por Dactyloidae (29), Anguidae (15), Xenosauridae (11), Teiidae y Xantusiidae (10 cada una; figura 1); mientras que

Cuadro 2. Grupos de reptiles y su representatividad por categorías taxonómicas.

Grupo	Familias	Géneros	Especies
Lagartijas	18	27	139
Serpientes	11	69	169
Tortugas	7	11	19
Cocodrilos	2	2	3
Total	38	109	330

Fuente: elaboración propia.

en las serpientes, la familia Dipsadidae alberga la mayor riqueza (68), seguida por Colubridae (52) y Viperidae (20; figura 2). En las tortugas, Kinosternidae es la familia más diversa con ocho especies, seguida por Cheloniidae y Geoemydidae con tres cada una (figura 3). Los cocodrilos son lo menos representados, constituidos por tres especies pertenecientes a las familias Alligatoridae y Crocodylidae. A nivel de género, el grupo de lacertilios es el más representativo con 29 especies de *Anolis* y 27 de *Sceloporus*; para las serpientes, el género *Geophis* es el más diverso con 15 especies; mientras que dentro de las tortugas destaca el género *Kinosternon* con cinco.

Actualización sistemática de los reptiles

Sobre los cambios que modificaron la taxonomía en los reptiles, se encuentran la transferencia de las especies del género *Sphenomorphus* a *Scincella*, cambiando de la misma manera a una nueva familia denominada Sphenomorphidae (Linkem *et al.* 2011). También las especies del género *Celestus* en México, pasaron ahora al género *Siderolomprus* (Schools y Hedges 2021). A nivel de especie se han realizado varios cambios al elevar subespecies al nivel específico:

- Subespecies de *Xenosaurus grandis*, de las cuales cuatro se encuentran en Oaxaca: *X. arboreus*, *X. agrenon*, *X. grandis* y *X. rackhami* (Nieto-Montes de Oca *et al.* 2017).
- Subespecies de *Holcosus undulatus*: *H. amphigrammus*, *H. parvus* y *H. undulatus* (Meza-Lázaro y Nieto-Montes de Oca 2015).
- Subespecies de *Crotalus ravus*, dos de ellas localizadas en el estado (*C. ravus* y *C. brunneus*; Blair *et al.* 2018).

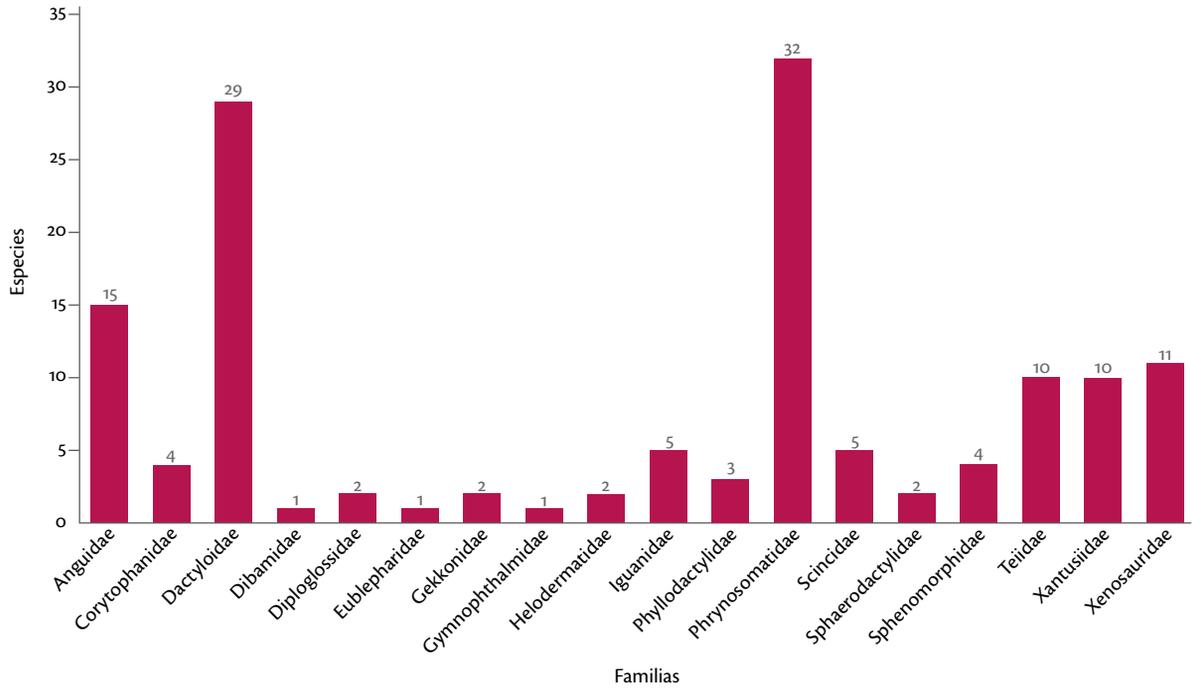


Figura 1. Riqueza de especies de lagartijas en la entidad. Fuente: elaboración propia.

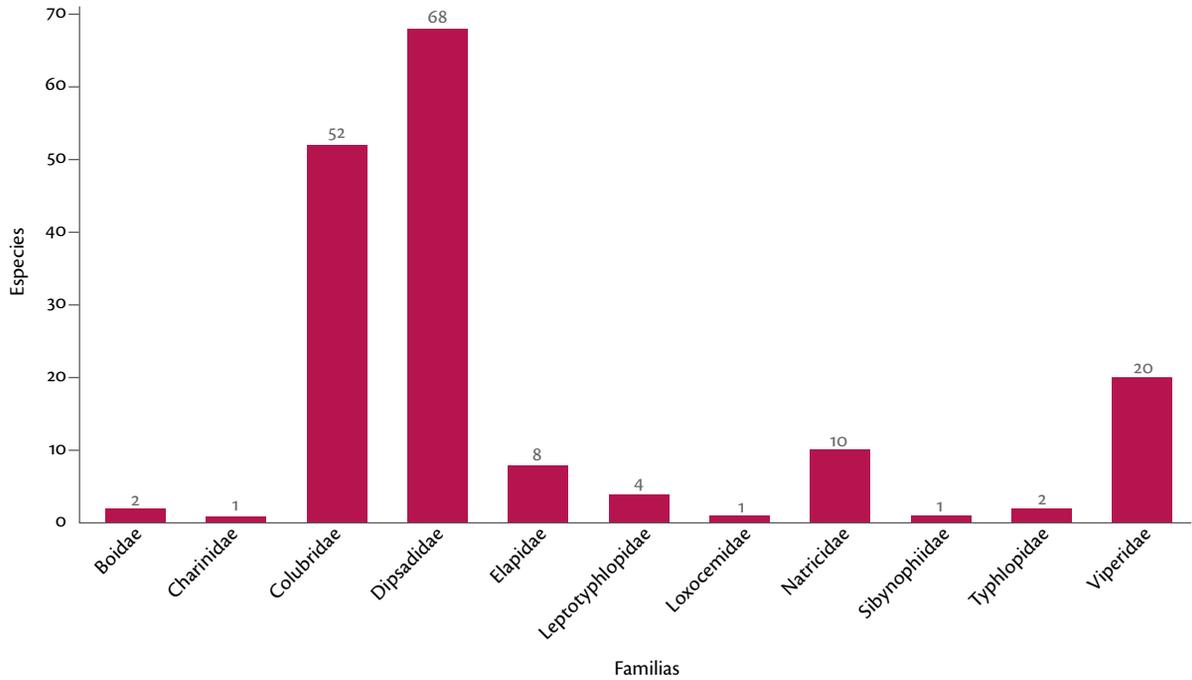


Figura 2. Riqueza de especies de serpientes en la entidad. Fuente: elaboración propia.

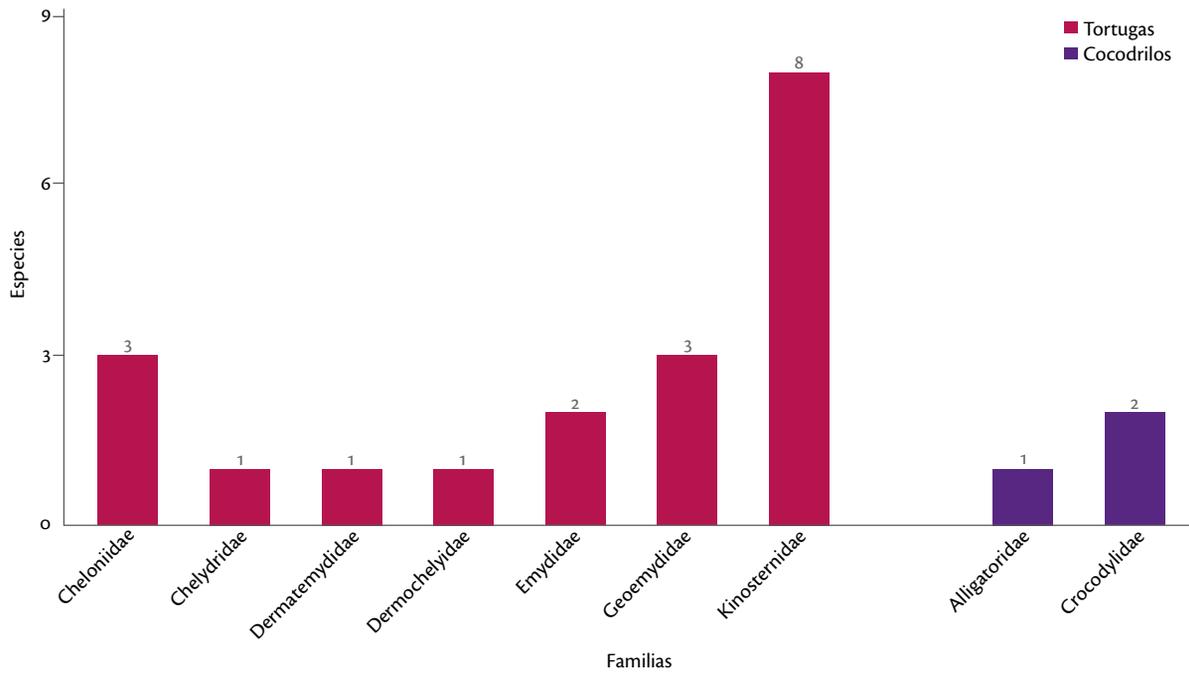


Figura 3. Riqueza de especies de tortugas y cocodrilos en la entidad. Fuente: elaboración propia.

Asimismo, las serpientes *Boa sigma* y *B. imperator* fueron elevadas al nivel de especie (Reynolds *et al.* 2014, Card *et al.* 2016), y en el estudio con víperidos del género *Ophryacus*, Grünwald y colaboradores (2015), resucitan de la sinonimia de *O. undulatus* a *O. sphenophrys*, especie microendémica a la Sierra Madre del Sur de Oaxaca.

Inclusión y exclusión de especies

Con base en la más reciente lista de especies de anfibios y reptiles publicada para Oaxaca (Mata-Silva *et al.* 2021), se realizaron las siguientes modificaciones:

- A nivel de género, las especies de *Celestus* (Diploglossidae) fueron transferidas al género *Siderolamprus* (Schools y Hedges 2021); mientras que *Tropidodipsas sartorii* es transferida al género *Geophis* (Grünwald *et al.* 2021).
- Inclusión de siete lagartijas: *Sceloporus carinatus* (Flores-Villela *et al.* 2010), cinco especies de *Xenosaurus* en proceso de descripción (Nieto-Montes

de Oca *et al.* 2017) y *Lepidophyma ramirezi* (Lara-Tufino y Nieto-Montes de Oca 2021); además de la inclusión de seis serpientes: *Leptodeira polysticta*, *Rhadinella schistosa*, *Micrurus browni*, *Crotalus ravus* (omitidas por Mata-Silva *et al.* 2021, pero que sí se encuentran en Oaxaca), *Tropidodipsas tricolor* y *T. guerreroensis* (Grünwald *et al.* 2021).

- Exclusión de ocho especies que no se encuentran en Oaxaca: dos lagartijas (*Sceloporus squamosus* y *Plestiodon ochoterenae*)³ y seis serpientes (*Conopsis nasus*, *Salvadora bairdi*, *Leptodeira septentrionalis*, *Thamnophis godmani*, *T. scalaris* y *Geophis russatus*).⁴

Asimismo, Mata-Silva y colaboradores (2019) describieron a *Rhadinaea eduardoi* para Oaxaca; sin embargo, esta especie corresponde a *Coniophanes fissidens*, por lo que no es considerada como especie válida (Palacios-Aguilar y García-Vázquez 2020). Finalmente, se excluye la familia Staurotypidae debido a que sus especies son parte de la familia Kinosternidae.

³ *Plestiodon ochoterenae* se distribuye sólo en Guerrero, de la cual el único ejemplar conocido y mencionado previamente para Oaxaca, corresponde a la nueva especie *P. longiartus* (García-Vázquez *et al.* 2021).

⁴ *Geophis russatus* se excluye de la herpetofauna oaxaqueña debido a que es sinónimo de *G. laticollaris* (Palacios-Aguilar *et al.* 2021).

Endemismos

De las 330 especies de reptiles registradas en el territorio oaxaqueño, 187 (56.6%) son endémicas a México (98 lagartijas, 86 serpientes y tres tortugas) y 71 (21.5%) son endémicas al estado, representadas sólo por lagartijas y serpientes (apéndice 41, figuras 4 a 10). El mayor número de endemismos a Oaxaca se presenta en el grupo de las lagartijas con 43 especies (equivalente a 31% del total de

lagartijas en la entidad), ubicadas en ocho familias, de las cuales Dactyloidae (12 especies), Anguidae (9), Phrynosomatidae (7), Xenosauridae (7) y Xantusiidae (5) presentan el mayor número de endemismos.

En el grupo de las serpientes, 28 especies (16.6% del total de serpientes en la entidad; apéndice 41) pertenecientes a seis familias, son endémicas; las familias Dip-sadidae (13) y Colubridae (9 especies), tienen el mayor número de endemismos.

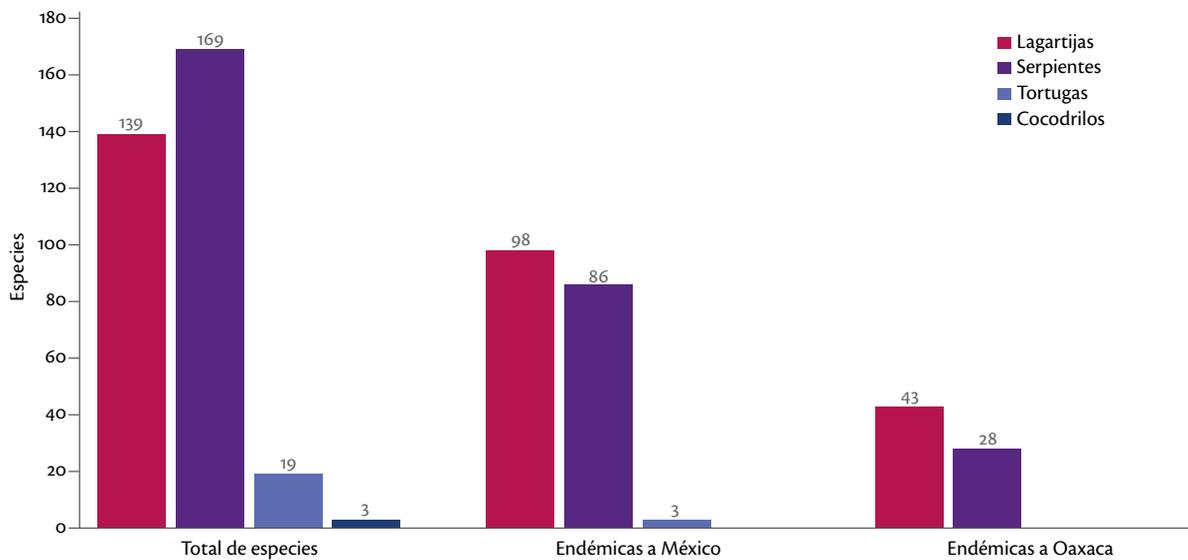


Figura 4. Especies de reptiles y endemismos para México y Oaxaca. Fuente: elaboración propia.

Conservación

Del total de especies registradas para la entidad, 147 se encuentran en alguna categoría de riesgo de acuerdo con la NOM-059 (SEMARNAT 2010), lo cual representa 44.5% del total. De éstas, 94 se consideran sujetas a protección especial, 45 se encuentran amenazadas y 8 están en peligro de extinción. De este total, 36 son endémicas al estado (cuadro 3, apéndice 41).

En el caso de la Lista Roja de especies amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (uicn 2021), 258 especies (78.2%) se clasifican en alguna categoría: 14 vulnerables, 3 en peligro crítico, 7 en peligro, 8 casi amenazadas, 187 en preocupación menor y 39 con datos insuficientes para poder ser evaluadas. Del total de especies ubicadas en alguna de las categorías

uicn, 45 son endémicas al estado (cuadro 3, apéndice 41). La diferencia del total para Oaxaca corresponde a especies que aun no han sido evaluadas.

Adicionalmente, algunas especies también se encuentran en los Apéndices I y II de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES 2015). Recientemente las especies de lagartijas del género *Abronia*, las cuales han sido intensamente comercializadas de manera ilegal, fueron incluidas dentro del Apéndice II de la CITES (Sánchez-Herrera *et al.* 2017).

En el Apéndice I se incluyen cuatro especies que corresponden a tortugas marinas: *Chelonia mydas*, *Dermochelys coriacea*, *Eretmochelys imbricata* y *Lepidochelys olivacea*. En el Apéndice II se ubican las especies de lagartijas del género *Abronia*, tres cocodrilos (*Caiman crocodilus*,



Figura 5. Especies de lagartijas de la familia Anguidae endémicas para Oaxaca. a) *Abronia cuetzpali*; b) *A. fuscolabialis* (amenazada*, en peligro**); c) *A. juarezi* (sujeta a protección especial*, en peligro**); d) *A. oaxacae* (amenazada*, vulnerable**); e) *A. viridiflava* (sujeta a protección especial*); f) *Barisia planifrons*. *NOM-059, **UICN 2021. Fotos: Luis Canseco (a, f), Israel Solano Zavaleta (b, c, e), Eric Centenero Alcalá (d).

Crododylus acutus y *C. moreletii*), cinco iguanas (*Ctenosaura acanthura*, *C. oaxacana*, *C. pectinata*, *C. similis* e *Iguana iguana*), los dos lagartos de chaquiras del género *Heloderma* (*H. alvarezii* y *H. horridum*), la tortuga *Dermatemys mawii*, tres boas (*Boa imperator*, *B. sigma*, *Exiliboa placata*) y la serpiente *Loxocemus bicolor*. En el Apéndice III se encuentran las coralillos *Micrurus diastema* y *M. nigrocinctus*.

Importancia ecológica, económica y cultural

Desde tiempos remotos, los reptiles han formado parte de la historia cultural de la humanidad. Las serpientes han sido organismos venerados o temidos: en el contexto religioso se han relacionado con el mal y en caso contrario, han reflejado la importancia simbólica y espiritual como Quetzalcóatl en la cultura maya. Es así como

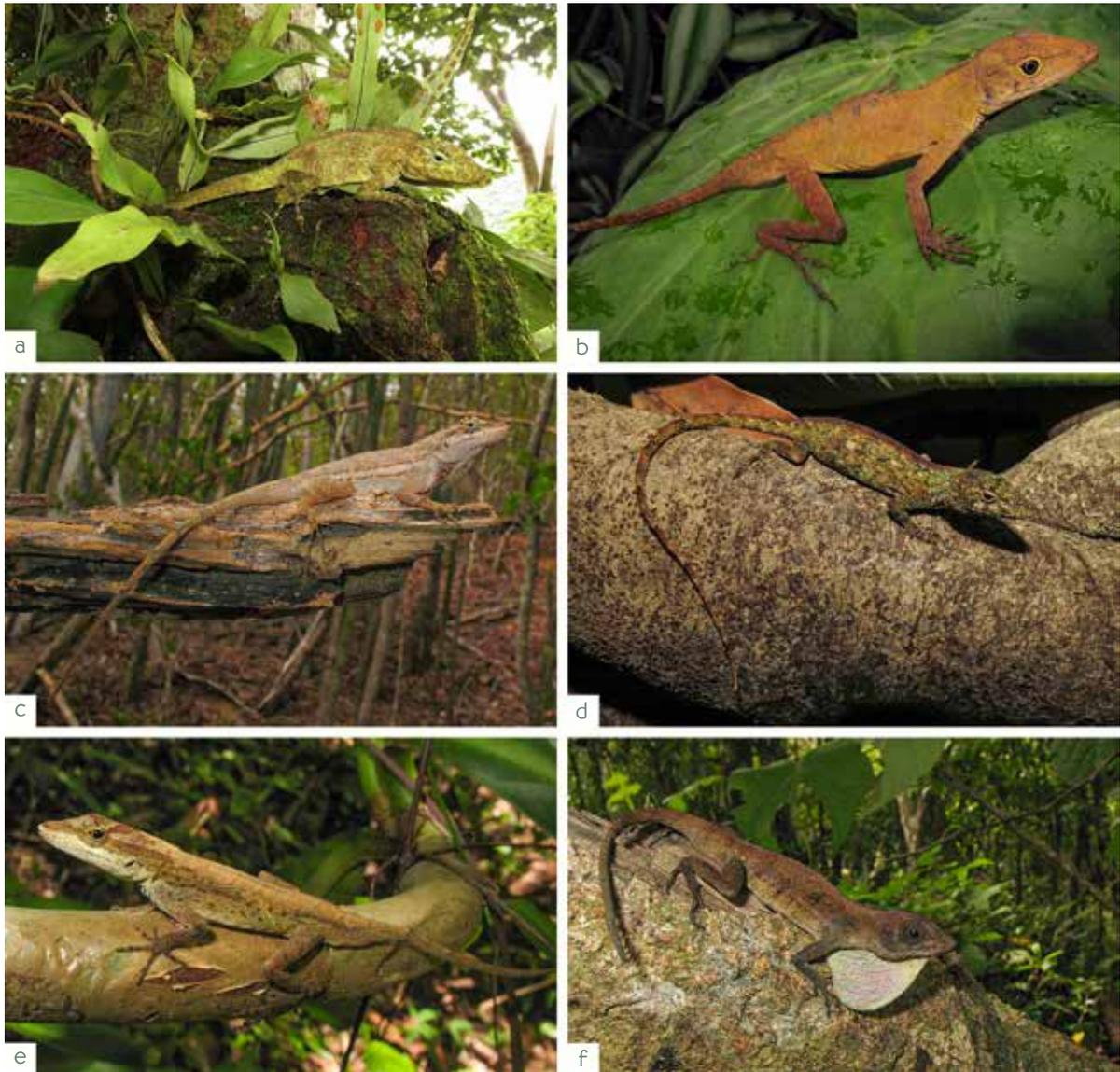


Figura 6. Especies de lagartijas de la familia Dactyloidae endémicas para Oaxaca. a) *Anolis macrinii* (sujeta a protección especial*); b) *A. milleri* (amenazada*, datos insuficientes**); c) *A. immaculogularis*; d) *A. peucephilus*; e) *A. stevepoei*; f) *A. zapotecorum*. *NOM-059, **UICN 2021. Fotos: Luis Canseco (a, b, c, e, f), Carlos Castañeda Hernández (d).

a través del tiempo, los seres humanos han interactuado con estos organismos y esta acción ha generado usos, saberes, percepciones, pensamientos y sentimientos hacia ellos, los cuales siempre han estado presentes en la cosmovisión de las diferentes culturas.

En la entidad, la herpetofauna forma parte de los usos y costumbres locales de tal forma que, como menciona De Ávila-Blomberg (2004), “existe una correlación notable entre riqueza biológica y complejidad cultu-

ral”. Por ejemplo, como parte de la tradición y cultura en la comunidad de San Pedro Huamelula (región Istmo), el presidente municipal se casa con un cocodrilo (*Cocodylus acutus*) con la finalidad de traer abundancia a la población que dirige. Antes de contraer matrimonio, el cocodrilo es vestido de blanco y desfila por la población.

Asimismo, las iguanas han estado presentes en la cultura Zapoteca desde la época prehispánica, siendo uno de los símbolos de la identidad étnica de los zapotecos del



Figura 7. Especies de lagartijas de las familias Phrynosomatidae e Iguanidae endémicas para Oaxaca. a) *Sceloporus cryptus* (sujeta a protección especial*); b) *S. macdougalli* (sujeta a protección especial*); c) *S. tanneri* (amenazada*, datos insuficientes**); d) *Ctenosaura oaxacana* (amenazada*, en peligro crítico**). *NOM-059, **UICN 2021. Fotos: Eric Centenero (a, b), Víctor H. Jiménez Arcos (c), Leonardo Badillo (d).

Cuadro 3. Reptiles incluidos dentro de alguna categoría de riesgo.

Grupo	SEMARNAT 2010				UICN 2021						
	A	P	Pr	Total	CR	EN	VU	NT	LC	DD	Total
Lagartijas	21	2	37	60	1	4	4		77	18	104
Serpientes	21		47	68		2	6	2	107	20	137
Tortugas	3	6	7	16	2	1	3	6	1	1	14
Cocodrilos			3	3			1		2		3
Total	45	8	94	147	3	7	14	8	187	39	258
Endémicas de Oaxaca	12	2	22	36	1	3	4	1	11	25	45

A: amenazada; P: en peligro de extinción; Pr: sujeta a protección especial; CR: en peligro crítico; EN: en peligro; VU: vulnerable; NT: casi amenazada; LC: preocupación menor; DD: datos insuficientes. Fuente: elaboración propia con información de SEMARNAT 2010, UICN 2021.

Istmo (Campbell y Green 1999): están inmersas en las artesanías, literatura, música y alfarería de esta etnia.

En este sentido, como parte de una de las tradiciones más arraigadas en el Istmo de Tehuantepec, las iguanas se utilizan como alimento, formando parte de la cocina tradicional y aunque originalmente sólo era consumida la

iguana negra (*Ctenosaura pectinata*), actualmente también la iguana verde (*Iguana iguana*) forma parte de su gastronomía. Ambas se aprovechan normalmente todo el tiempo en la región; sin embargo, su cacería se incrementa durante la celebración religiosa de Semana Santa, ya que muchas de ellas son sacrificadas para la elaboración

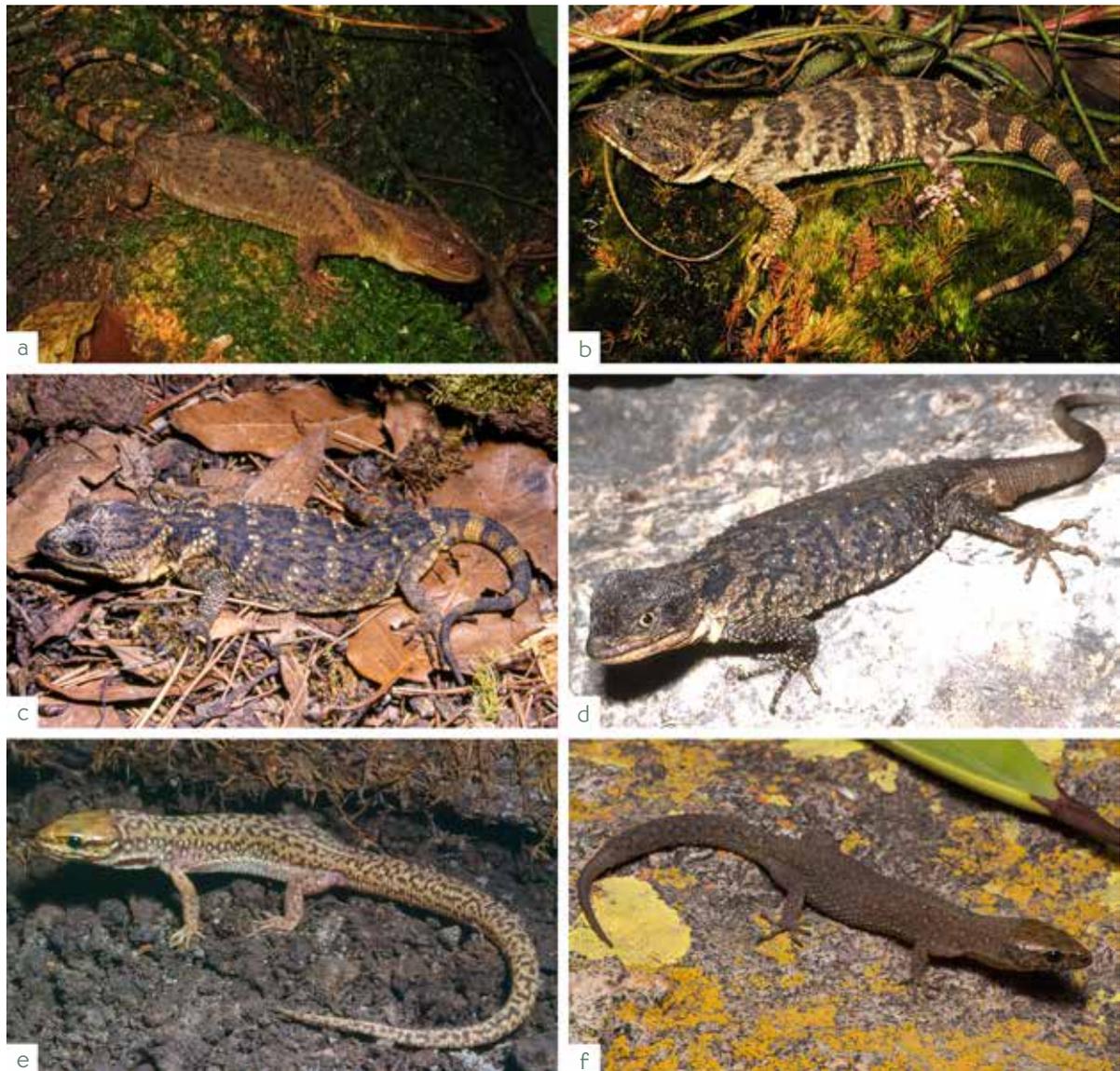


Figura 8. Especies de lagartijas de las familias Xenosauridae y Xantusiidae endémicas para Oaxaca. a) *Xenosaurus* sp.; b) *X. phalaroanthereon* (datos insuficientes**); c) *X. arboreus*; d) *X. agrenon*; e) *Lepidophyma cuicateca*; f) *L. radula* (amenazada*, datos insuficientes**). *NOM-059, **UICN 2021. Fotos: Luis Canseco (a, b, c, e), Eric Smith (d), Iván Ahumada Carrillo (f).

de tamales. En la actualidad, estas especies se encuentran protegidas, pero son traficadas de manera ilegal.

Históricamente, la carne y los huevos de tortugas marinas también han sido utilizadas como fuente de alimento, práctica que aún se realiza. La tribu indígena de los huaves en el Istmo de Tehuantepec, aprovechaba por ejemplo a *Chelonia mydas*. De la misma manera, los pueblos zapotecos aprovechaban las arribadas de *Lepidochelys olivacea* para obtener grandes cantidades

de huevos y venderlos en los mercados de Tehuantepec, Juchitán y Salina Cruz. Adicionalmente, otras especies marinas de importancia económica son: *Eretmochelys imbricata* y *Dermochelys coriacea* (Casas-Andreu et al. 2004). Respecto a las tortugas de agua dulce, especies como *Dermatemys mawii*, *Trachemys venusta*, *Kinosternon acutum*, *K. integrum*, *Claudius angustatus* y *Staurotypus triporcatus*, han sido consumidas históricamente en la Planicie Costera del Golfo (Casas-Andreu et al. 2004).



Figura 9. Especies de serpientes de las familias Colubridae y Dipsadidae endémicas para Oaxaca. a) *Tantilla flavilineata* (amenazada*, en peligro**); b) *T. striata* (sujeta a protección especial*, datos insuficientes**); c) *Cryophis hallbergi* (amenazada*, datos insuficientes**); d) *Geophis sallaei* (sujeta a protección especial*, datos insuficientes**); e) *G. laticollaris* (sujeta a protección especial*, datos insuficientes**); f) *Tantalophis discolor* (amenazada*, vulnerable**). *NOM-059, **UICN 2021. Fotos: Luis Canseco.

Otros usos que se le ha otorgado a los reptiles han sido en la industria peletera para la elaboración de bolsos, cinturones y calzado (entre otros) y su venta como mascotas, en donde es común observar crías de iguanas, lagartijas (*Sceloporus* sp., *Phrynosoma* sp., *Urosaurus* sp.), tortugas y serpientes (*Thamnophis* sp.) en mercados locales o tiendas departamentales.

Sin embargo, a pesar de formar parte de la cosmovisión en diferentes culturas y del uso que se tiene de

estos organismos, existen falsas creencias sobre su aspecto, biología o funcionamiento en el ambiente; lo cual ha derivado en una gran cantidad de mitos y creencias en torno a ellos. Por ejemplo, en la región Papaloapan, la lagartija *Coleonyx elegans* o perrito palanca es considerada -por la tonalidad de sus colores- como la mamá de las serpientes coralillo (*Micrurus* spp.), catalogándolo falsamente como un animal venenoso. Otra creencia popular errónea en dicha región es que los geckos del



Figura 10. Especies de serpientes de las familias Natricidae, Elapidae y Viperidae endémicas para Oaxaca. a) *Thamnophis bogerti*; b) *Crotalus brunneus*; c) *Ophryacus sphenophrys*. Fotos: Luis Canseco (a, b), Cynthia Ramírez González (c).

género *Hemidactylus* escupen veneno, o que la serpiente *Spilotes pullatus* (llamada localmente culebra flor) bebe la leche materna mientras la mujer duerme (esta creencia también ha sido atribuida para serpientes del género *Pituophis*). Estas percepciones y saberes locales han ocasionado que algunas especies de reptiles sean muy temidas y sacrificadas, en su mayoría por ser considerados equívocamente como animales venenosos.

En el aspecto ecológico, estos organismos juegan una función muy importante en los ecosistemas, ya que son participes en los procesos ecológicos que en ellos ocurren y además son proveedores de servicios ambientales. Los reptiles son un componente esencial en la red trófica y también son controladores de plagas. Por ejemplo, algunas serpientes se alimentan de roedores y otros pequeños mamíferos, que en ocasiones afectan en gran medida los cultivos locales; especies como las víboras de cascabel (*Crotalus* sp.), boas (*Boa imperator*, *B. sigma*) y colúbridos (p.e. *Pituophis* spp., *Masticophis* spp.) proporcionan este control biológico e incluso especies inofensi-

vas de talla grande como *Clelia scytalina* y *Drymarchon melanurus*, se alimentan de serpientes que son venenosas, como nauyacac (*Bothrops asper*) y cascabeles (*Crotalus* sp.). Un ejemplo más es el consumo de mosquitos (algunos transmisores de enfermedades) por lagartijas como *Hemidactylus frenatus*, siendo estos organismos controladores naturales.

Finalmente, los cocodrilos son considerados como indicadores del estado de conservación de los ecosistemas donde habitan (García-Grajales y Buenrostro-Silva 2017). Actualmente estos organismos están presentes en varias comunidades por toda la costa del Pacífico oaxaqueño.

Conclusión

El conocimiento sobre la riqueza de reptiles que habitan el territorio oaxaqueño se ha incrementado notablemente en los últimos 12 años, siendo el estado con mayor diversidad en el país. Actualmente, diversos investigadores

analizan la sistemática de algunos grupos, por lo que en un futuro el número de especies de reptiles continuará incrementándose. Aunado a ello, existen regiones que deben ser exploradas y que posiblemente alberguen nuevas especies y/o registros, como los bosques de montaña al oriente de la Sierra Madre de Oaxaca y la parte oeste de la Sierra Madre del Sur.

Desafortunadamente en el estado, el cambio de uso del suelo, la deforestación y los incendios forestales, entre otras amenazas, ponen en riesgo la diversidad de ecosistemas donde se distribuyen estos organismos tan vulnerables y aún desconocidos. De la misma manera, el saqueo de especies para el tráfico ilegal de las mismas pone en riesgo su existencia, como es el caso de ejemplares de lagartijas de las familias Anguidae y Xenosauridae, que son traficadas por su carisma. Entre los Anguidos, los organismos del género *Abronia* (que corresponde a lagartijas arborícolas muy llamativas por sus patrones de coloración) son frecuentemente extraídos de su me-

dio natural para su venta ilegal; al igual que especies de *Xenosaurus* (Xenosauridae), los cuales viven exclusivamente en grietas de rocas o de árboles. Desafortunadamente, la mayoría de estas especies son endémicas al estado y de distribución restringida, y su historia de vida en ocasiones es aún desconocida o bien, su reproducción en cautiverio no ha sido completamente exitosa. Además, habitan en bosques templados, los cuales se encuentran seriamente amenazados. Por tal motivo, estos reptiles se encuentran dentro de diferentes categorías de protección, al igual que otros como la iguana verde (*Iguana iguana*) y tortugas de los géneros *Chelonia*, *Eretmochelys* y *Lepidochelys*.

Aunque una gran cantidad de mitos y creencias forman parte de la cosmovisión de muchas culturas, algunas especies de reptiles son sacrificados por temor, sobre todo en el grupo de serpientes, por lo que es necesario fomentar y reforzar la educación ambiental, así como enfocar nuevas investigaciones en aquellas zonas inexploradas.

Referencias

- Aguilar-López, J.L., L. Canseco-Márquez, E. Pineda y R. Luría-Manzano. 2014. Aporte al conocimiento de la distribución de la culebra de cola corta de Linton, *Tantillita lintoni* en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85:1292-1294.
- Allope-López, C.T. y A. Santos-Moreno. 2016. Ampliación de la distribución geográfica de *Abronia oaxacae* (Squamata: Anguidae) y *Tantalophis discolor* (Squamata: Colubridae) en el estado de Oaxaca, México. *Acta Zoológica Mexicana nueva serie* 32:116-119.
- Blair, C., R.W. Bryson Jr., Ch.W. Linkem *et al.* 2018. Cryptic diversity in the Mexican highlands: Thousands of uce loci help illuminate phylogenetic relationships, species limits and divergence times of montane rattlesnakes (Viperidae: *Crotalus*). *Molecular Ecology Resources* 19(2):1-17.
- Campbell, J.A. 2015. A new species of *Rhadinella* (Serpentes: Colubridae) from the Pacific versant of Oaxaca, Mexico. *Zootaxa* 3918:397-405.
- Campbell, H. y S. Green. 1999. Historia de las presentaciones de la mujer zapoteca en el Istmo de Tehuantepec. *Estudios sobre las Culturas Contemporáneas* 5(2):89-112.
- Campbell, J.A., I. Solano-Zavaleta, O. Flores-Villela *et al.* 2016. A new species of *Abronia* (Squamata: Anguidae) from the Sierra Madre del Sur of Oaxaca, Mexico. *Journal of Herpetology* 50:149-156.
- Campbell, J.A., E.N. Smith y A.S. Hall. 2018. Caudals and calyces: the curious case of a consumed Chiapan colubroid. *Journal of Herpetology* 52:458-471.
- Canseco-Márquez, L. y G. Gutiérrez-Mayén. 2010. *Anfibios y reptiles del Valle de Tehuacán-Cuicatlán*. CONABIO/Fundación Cuicatlán A.C./BUAP, México.
- Canseco-Márquez, L. y C.G. Ramírez-González. 2015. New herpetofaunal records for the state of Oaxaca, Mexico. *Mesoamerican Herpetology* 2:363-367.
- Canseco-Márquez, L., C.G. Ramírez-González y J.A. Campbell. 2018. Taxonomic review of the rare Mexican snake genus *Chersodromus* (Serpentes: Dipsadidae), with the description of two new species. *Zootaxa* 4399(2):151-169.
- Carbajal-Márquez, R.A., J.R. Cedeño-Vázquez, A. Martínez-Arce *et al.* 2020. Accessing cryptic diversity in Neotropical rattlesnakes (Serpentes: Viperidae: *Crotalus*) with the description of two new species. *Zootaxa* 4729(4):451-481
- Card, D.C., D.R. Schield, R.H. Adams *et al.* 2016. Phylogeographic and population genetic analyses reveal multiple species of *Boa* and independent origins of insular dwarfism. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 102:104-116.

- Casas-Andreu, G., F.R. Méndez-De la Cruz y X. Aguilar-Miguel. 2004. Anfibios y reptiles. En: *Biodiversidad de Oaxaca*. A.J. García-Mendoza, M.J. Ordoñez y M. Briones-Salas (eds.). Instituto de Biología-UNAM/Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza/wwf, México, pp. 375-390.
- Castañeda-Hernández, C., L. Canseco-Márquez y M.E. Vargas-Orrego. 2015. Additional distributional records for the state of Oaxaca, Mexico. *Mesoamerican Herpetology* 2:368-370.
- Chambers, E.A. y D.M. Hillis. 2020. The multispecies coalescent over-splits species in the case of geographically widespread taxa. *Systematic Biology* 69:184-193.
- 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: mayo de 2021.
- Clause, A.G., C.J. Pavón-Vázquez, P.A. Scott *et al.* 2016. Identification uncertainty and proposed best-practices for documenting herpetofaunal geographic distributions, with applied examples from southern Mexico. *Mesoamerican Herpetology* 3:977-1000.
- De Ávila-Blomberg, A. 2004. La clasificación de la vida en las lenguas de Oaxaca. En: *Biodiversidad de Oaxaca*. A.J. García-Mendoza, M.J. Ordoñez y M. Briones-Salas (eds.). Instituto de Biología-UNAM/Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza/wwf, México, pp. 481-539.
- De La Torre-Loranca, M.A., C.I. Grünwald, A.E. Valdenegro-Brito *et al.* 2019. Nuevos registros de distribución para el vipérido raro *Cerrophidion petlalcalensis* (Squamata: Viperidae) de Veracruz y Oaxaca, México, con comentarios sobre su distribución e historia natural. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 2:71-77.
- Flores-Villela, O., H.M. Smith, E.A. Liner y D. Chizar. 2010. *Sceloporus carinatus*. *Catalogue of American Amphibians and Reptiles* 873:1-4.
- Flores-Villela, O. y U.O. García-Vázquez. 2014. Biodiversidad de reptiles en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85:467-475.
- Frost, D.R. 2021. *Amphibian species of the world: an online reference*. Version 6.1. En: <<https://amphibiansoftheworld.amnh.org/index.php>>, última consulta: 6 de diciembre de 2021.
- García-Grajales, J. y A. Buenrostro-Silva. 2017. Estimación poblacional del cocodrilo americano (*Crocodylus acutus*) en el Parque Nacional Lagunas de Chacahua, Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 88:936-943.
- García-Grajales, J., R. Arrazola Bohórquez, M.A. Penguilly Macías y A. Buenrostro Silva. 2020. New records of *Heloderma alvarezii* (Wiegmann, 1829) (Sauria: Helodermatidae) on the coast of Oaxaca and increases to its distribution in Mexico. *Journal of Threatened Taxa* 12:15495-15498.
- García-Padilla, E. y V. Mata-Silva. 2014. Noteworthy distributional records for the herpetofauna of Oaxaca, México. *Herpetological Review* 45:468-469.
- García-Vázquez, U.O., C.J. Pavón-Vázquez, M. Feria-Ortiz y A. Nieto-Montes de Oca. 2021. A new species of Blue-tailed skink (Scincidae: *Plestiodon*) from the Sierra Madre del Sur, Mexico. *Herpetologica* 77:85-93.
- Gray, L., R. Meza-Lázaro, S. Poe y A. Nieto-Montes de Oca. 2016. A new species of semiaquatic *Anolis* (Squamata: Dactyloidae) from Oaxaca and Veracruz, Mexico. *The Herpetological Journal* 26:253-262.
- Grünwald, C.I., J.M. Jones, H. Franz-Chávez y I.T. Ahumada-Carrillo. 2015. A new species of *Ophryacus* (Serpentes: Viperidae: Crotalinae) from eastern Mexico, with comments on the taxonomy of related pitvipers. *Mesoamerican Herpetology* 2:388-416.
- Grünwald, C.I., N. Pérez-Rivera, I.T. Ahumada-Carrillo *et al.* 2016. New distributional records for the herpetofauna of Mexico. *Herpetological Review* 47:85-90.
- Grünwald, C.I., S. Toribio-Jiménez, C. Montaña-Ruvalcaba *et al.* 2021. Two new species of snail-eating snakes of the genus *Tropidodipsas* (Serpentes, Dipsadidae) from southern Mexico, with notes on related species. *Herpetozoa* 34:233-257.
- Hernández-Jiménez, C.A., O. Flores-Villela y J.A. Campbell. 2019. A new species of patch-nosed snake (Colubridae: *Salvadora* Baird and Girard, 1853) from Oaxaca, Mexico. *Zootaxa* 4564:588-600.
- Himes, J.G. 2020. Geographic distribution. *Sceloporus scitulus* (striated emerald spiny lizard). *Herpetological Review* 51:778-779.
- Ibarra-Contreras, C.A., U.O. García-Vázquez, E. García-Padilla *et al.* 2016. *Phrynosoma orbiculare* (Linnaeus, 1758). *Mesoamerican Herpetology* 3:1046-1047.
- Jadin, R.C., C. Blair, S.A. Orlofske *et al.* 2020. Not withering on the evolutionary vine: systematic revision of the brown vine snake (Reptilia: Squamata: *Oxybelis*) from its northern distribution. *Organisms Diversity and Evolution* 20:723-746.
- Johnson, J.D., V. Mata-Silva, E. García-Padilla y L.D. Wilson. 2015. The herpetofauna of Chiapas, Mexico: composition, physiographic distribution, and conservation status. *Mesoamerican Herpetology* 2:272-329.
- Lara-Tufiño, J.D. y A. Nieto-Montes de Oca. 2021. A new species of night lizard of the genus *Lepidophyma* (Xantusiidae) from Southern Mexico. *Herpetologica* 77(4):320-334.
- Linkem, C.W., A.C. Diesmos y R.M. Brown. 2011. Molecular systematics of the Philippine forest skinks (Squamata: Scincidae: *Sphenomorphus*): testing morphological hypotheses of interspecific relationships. *Zoological Journal of the Linnean Society* 163:1217-1243.

- Mata-Silva, V., J.D. Johnson, L.D. Wilson y E. García-Padilla. 2015. The herpetofauna of Oaxaca, Mexico: composition, physiographic distribution, and conservation status. *Mesoamerican Herpetology* 2:6-62.
- Mata-Silva, V., E. García-Padilla, D.L. DeSantis y D.L. Wilson. 2016. *Hemidactylus turcicus* (Linnaeus, 1758). *Mesoamerican Herpetology* 3:508-509.
- Mata-Silva, V., A. Rocha, A. Ramírez-Bautista *et al.* 2019. A new species of forest snake of the genus *Rhadinaea* from tropical montane rainforest in the Sierra Madre del Sur of Oaxaca, Mexico (Squamata, Dipsadidae). *ZooKeys* 813:55-65.
- Mata-Silva, E., A. García-Padilla, D.L. Rocha *et al.* 2021. A reexamination of the herpetofauna of Oaxaca, Mexico: Composition update, physiographic distribution, and conservation commentary. *Zootaxa* 4996(2):201-252.
- McCranie, J.R., A.J. Matthews y B. Hedges. 2020. A morphological and molecular revision of lizards of the genus *Marisora* Hedges and Conn (Squamata: Mabuyidae) from Central America and Mexico, with descriptions of four new species. *Zootaxa* 4763(3):301-353.
- McDiarmid, R.W. 2012. Reptile diversity and natural history: An overview. En: *Reptile biodiversity: standard methods for inventory and monitoring*. R.W. McDiarmid, M.S. Foster, C. Guyer *et al.* (eds.). University of California Press, California, pp. 7-23.
- Meza-Lázaro, R.N. y A. Nieto-Montes de Oca. 2015. Long forsaken species diversity in the Middle American lizard *Holcosus undulatus* (Teiidae). *Zoological Journal of the Linnean Society* 175:189-210.
- Nieto-Montes de Oca, A., A.J. Barley, R.N. Meza-Lázaro *et al.* 2017. Phylogenomics and species delimitation in the knob-scaled lizards of the genus *Xenosaurus* (Squamata: Xenosauridae) using ddRAD-seq data reveal a substantial underestimation of diversity. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 106:241-253.
- O'Connell, K.A y E.N. Smith. 2018. The effect of missing data on coalescent species delimitation and a taxonomic revision of whipsnakes (Colubridae: *Masticophis*). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 127(2018):356-366.
- Palacios-Aguilar, R. y O.A. Flores-Villela. 2020. Taxonomic revision and comments on two groups of the genus *Coniophanes* (Squamata: Dipsadidae). *Vertebrate Zoology* 70:111-124.
- Palacios-Aguilar, R. y U.O. García-Vázquez. 2020. A partial molecular phylogeny of *Rhadinaea* and related genera (Squamata, Dipsadidae) with comments on the generic assignment of *Rhadinaea eduardoi*. *ZooKeys* 943:145-155.
- Palacios-Aguilar, R., V.H. Colín-Martínez, S. Hernández-Rubio *et al.* 2021. Another case of color pattern polymorphism in earth snakes of the genus *Geophis* (Dipsadidae) from southern Mexico. *Journal of Natural History* (en prensa).
- Parra-Olea, G., O. Flores-Villela y C. Mendoza-Almeralla. 2014. Biodiversidad de anfibios en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85:460-466.
- Pavón-Vázquez, C.J., A. Nieto-Montes de Oca, A.A. Mendoza-Hernández *et al.* 2017. A new species of *Plestiodon* (Squamata: Scincidae) from the Balsas Basin, Mexico *Zootaxa* 4365:149-172.
- Ramírez-González, C.G. y L. Canseco-Márquez. 2015. *Chelydra rossignoni*, confirmación de su presencia en el estado de Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 86:832-834.
- Ramírez-Reyes, T., O. Flores-Villela, D. Piñero *et al.* 2021. Genomic assessment of the *Phyllodactylus tuberculosis* complex (Reptilia: Phyllodactylidae) in America. *Zoologica Scripta* 2021:1-14.
- Reyes-Velasco, J., R.H. Adams, S. Boissinot *et al.* 2020. Genomewide SNPs clarify lineage diversity confused by coloration in coral snakes of the *Micrurus diastema* species complex (Serpentes: Elapidae). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 147:106770.
- Reynolds, R.G., M.L. Niemiller y L.J. Revell. 2014. Toward a Tree-of-Life for the boas and pythons: Multilocus species-level phylogeny with unprecedented taxon sampling. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 71:201-213.
- Rocha, A., V. Mata-Silva, E. García-Padilla *et al.* 2016. Third known specimen and first locality record in Oaxaca, Mexico, for *Tantilla sertula* Wilson and Campbell, 2000 (Squamata: Colubridae). *Mesoamerican Herpetology* 3:772-774.
- Sánchez-García, F., E. García-Padilla, L.D. Wilson y V. Mata-Silva. 2020. Geographic distribution. *Gerrhonotus ophiurus*. *Herpetological Review* 51:776.
- Sánchez-Herrera, O., I. Solano-Zavaleta y E. Rivera-Téllez. 2017. *Guía de identificación de los dragoncitos (lagartijas arborícolas, Abronia spp.) regulados por la CITES*. CONABIO/CITES, México.
- Scarpetta, S., L. Gray, A. Nieto-Montes de Oca *et al.* 2015. Morphology and ecology of the Mexican cave anole *Anolis alvarezdeltoroi*. *Mesoamerican Herpetology* 2:261-270.
- Schools, M. y S.B. Hedges. 2021. Phylogenetics, classification, and biogeography of the Neotropical forest lizards (Squamata, Diploglossidae). *Zootaxa* 4974(2):201-257.
- 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. Última reforma publicada el 14 de noviembre de 2019.
- Spinks, P.Q., R.C. Thomson, M. Gidiş y H.B. Shaffer. 2014. Multilocus phylogeny of the New-World mud turtles (Kinosternidae) supports the traditional classification of the group. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 76:254-260.

- Torres-Hernández, L.A., A. Ramírez-Bautista, R. Cruz-Elizalde *et al.* 2021. The herpetofauna of Veracruz, Mexico: composition, distribution, and conservation status. *Amphibian and Reptile Conservation* 15(2):72-155.
- Uetz, P., P. Freed, R. Aguilar y J. Hošek (eds.). 2021. *The reptile database*. En: <<http://www.reptile-database.org>>, última consulta: 6 de diciembre de 2021.
- UICN. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. 2021. *The IUCN Red List of threatened species. Version 2021-3*. En: <<http://www.iucnredlist.org>>, última consulta: diciembre de 2021.
- Valdez-Villavicencio, J., E. García-Padilla y V. Mata-Silva. 2016. *Anelytropsis papillosus* Cope, 1885 (Squamata: Dibamidae), an overlooked species in the state of Oaxaca, Mexico. *Mesoamerican Herpetology* 3:178-180.
- Vázquez-Vega, L.F., L. Canseco-Márquez, M.M. Acosta-Sánchez y O.A. Flores-Villela. 2016. *Geophis semidoliatus* (Duméril, Bibron & Duméril, 1854). *Mesoamerican Herpetology* 3:514-515.
- Wallach, V. 2016. Morphological review and taxonomic status of the *Epictia phenops* species group of Mesoamerica, with description of six new species and discussion of South American *Epictia albifrons*, *E. goudotii*, and *E. tenella* (Serpentes Leptotyphloptidae: Epictinae). *Mesoamerican Herpetology* 3:216-374.
- Wylie, D.W. y C.I. Grünwald. 2016. First report of *Bothriechis schlegelii* (Serpentes: Viperidae: Crotalinae) from the state of Oaxaca, Mexico. *Mesoamerican Herpetology* 3:1066-1067.



Colorín pecho naranja (*Passerina leclancherii*). Foto: Manuel O. Grosselet.

Descripción

Son animales vertebrados que poseen pico, plumas, alas, patas con piel escamosa, huesos neumáticos y ponen huevos. Después de millones de años de evolución, a partir de los reptiles en el Paleozoico y pasando por los Theropoda (dinosaurios) en la era Mesozoica, aparecen las primeras aves (alrededor de 250 millones de años). En este proceso se conservaron algunas características de los reptiles como la reproducción ovípara (depósito de uno o varios huevos en el medio externo), la articulación de la mandíbula que permite un mayor ángulo de apertura que otros grupos de especies, las plumas que son escamas modificadas y los vestigios de escamas en las patas. En la mayoría de las especies de aves, estos cambios les permitieron desplazarse a través del vuelo. Su gran diversidad de formas es producto de procesos adaptativos que dieron origen a diversas estrategias de supervivencia en varios nichos ecológicos.

Plumaje

Las plumas cubren el cuerpo y a veces también los tarsos, para mantener la temperatura corporal de estos animales de sangre caliente, una característica que los distingue de los reptiles. Por su ligereza, están sujetas a desgaste por exposición al viento, sol y agua, por lo cual, son reemplazadas, periódicamente, por una nueva generación de plumas. Esta muda ocurre una vez al año, pero también está relacionada con el cortejo, pues son útiles para atraer a su pareja y cumplir con la reproducción. Sus plumas, junto con la adaptación de sus miembros ante-

rios, convertidos en alas, sus huesos neumáticos, y sus sacos aéreos son elementos que le dan la ligereza que les permite volar.

Picos

Las distintas formas y tamaños del pico reflejan una variedad de dietas y nichos ecológicos. Por ejemplo, el pico de un pato es adecuado para filtrar nutrientes del agua, distinto al de una rapaz, equipada para destazar y comer la carne de sus presas; el fuerte pico de los loros y cotorros les permite abrir las semillas duras que las alimentan; los tucanes, lanzan las frutas suaves al aire y las atrapan con su pico en forma de canoa; el pico de los papamoscas sirve para atrapar insectos al vuelo, él del semillero, para comer semillas pequeñas y el largo pico de algunas aves playeras para encontrar invertebrados en el lodo profundo.

Migraciones

La vida de las aves está regida por diversos ciclos anuales incluyendo periodos críticos como la reproducción o migración. Las migraciones consisten en el traslado estacional de una especie de un lugar a otro como una respuesta adaptativa a cambios climáticos estacionales. Generalmente, las aves migran hacia los trópicos, pero también pueden realizar migraciones altitudinales (The Cornell Lab of Ornithology 2007). Estos eventos son un espectáculo, tanto de gansos, playeritos, golondrinas, o cualquier otro grupo de aves.

Las adaptaciones anatómicas y fisiológicas que han desarrollado, les permite la autonomía y la capacidad para realizar proezas sorprendentes. Algunas características son: costillas reforzadas y entrelazadas, huesos neumáticos que aligeran la masa corporal, poderosos músculos pectorales desarrollados para volar, alas curvas que permiten vencer la fuerza de la gravedad, patas y articulaciones de los miembros posteriores hechos para amortiguar el impacto del aterrizaje, capacidad fisiológica para acumular grasa y proteína en sus órganos internos y en todo el cuerpo de manera rápida, para ser consumida conforme a la demanda para realizar vuelos durante días. Para descansar, su cerebro es capaz de dormir un hemisferio mientras que el otro maneja el timón del vuelo. Son capaces de orientarse visualizando la luminosidad del campo magnético.

Diversidad

La estimación del número de especies de aves en el mundo se calcula entre 8 616 y 28 mil según la referencia y el siglo en que se hizo. Sin embargo, los datos convencionales giran alrededor de 10 mil especies de aves; el

International Ornithologist's Committee reporta 10 567 especies agrupadas en 37 órdenes y 248 familias más una extinta (The Cornell Lab of Ornithology 2015).

Para México, Escalante y colaboradores (2014) reconocen 1 106 especies de aves en 26 órdenes (70% de los reportados en el mundo) y 97 familias (41%); mientras que Avibase (2015) indica 1 109, y Navarro-Sigüenza y colaboradores (2014) estiman entre 1 123 y 1 150; aunque aún no existe un consenso sobre el número exacto de especies de aves en el país., ocupa el onceavo lugar en riqueza de aves a nivel mundial; sin embargo, está entre los primeros cinco países con más especies endémicas (105; figuras 1 a 4).

Para Oaxaca se reportan 784 especies (apéndice 42), que representan alrededor de 70% de la riqueza nacional y se considera la entidad con mayor riqueza. En el territorio oaxaqueño destacan 59 especies endémicas (figura 5; González-García y Gómez de Silva 2003), dos de ellas microendémicas al estado (*Hylorchilus navai*, figura 1; *Eupherusa cyanophrys*, figura 6), y tres cuasiendémicas: *Melozona albicollis* (figura 7), *Peucaea sumichrasti* y *Aimophila notostica* (figura 8).



Figura 1. El cuevero de Navai (*Hylorchilus navai*) es microendémico de Los Chimalapas, en la colindancia de Veracruz, Chiapas y Oaxaca. Probablemente, una de las especies con el rango de distribución más limitado en el país. El desmonte y el saqueo de piedra, amenaza a esta especie que vive en lugares muy específicos. Foto: Manuel O. Grosselet.



Figura 2. La chara enana (*Cyanolyca nanus*) es endémica de México y se conoce poco sobre su biología. Se distribuye desde Hidalgo hasta Oaxaca (Sierra Norte). Hasta la fecha, el mejor lugar para observarla es en Oaxaca en las comunidades de Santa Catarina Ixtepeji o arroyos Guacamayas, en los bosques maduros de pino-encino con musgos, líquenes y epífitas, por ello, la conservación de estos árboles asegurará la presencia de esta especie y otras más. Es una especie clave en el ecoturismo en la entidad, debido a que los observadores de aves buscan verla en primer lugar y después al gorrión de Oaxaca. Foto: Manuel O. Grosselet.



Figura 3. La piranga cabeza roja (*Piranga erythrocephala*) es endémica de México. Solamente el macho tiene la cabeza roja, y la hembra es toda verde. En Oaxaca, se encuentra principalmente en Sierra Sur, con algunos registros aislados en Valles Centrales. Su hábitat se puede observar en el trayecto de la capital a Puerto Escondido, en los valles secos de Sierra Sur. Foto: Manuel O. Grosselet.



Figura 4. El vireo pizarra (*Vireo brevipennis*) es una especie endémica a México, habita los matorrales secos tupidos en Valles Centrales, Cañada, Sierra Norte y Sierra Sur. Probablemente, es un ave que no se desplaza mucho y pasa todo el año en un lugar muy restringido. Su coloración gris-blanco y alas, cola y gorra verdes le da un aspecto muy peculiar, poco común en otras especies. Foto: Manuel O. Grosselet.



Figura 5. El colorín azulrosa (*Passerina rositae*) es endémico del Istmo de Tehuantepec. Aunque existen registros hasta la Reserva de la Biosfera El Triunfo y es la imagen de la Reserva de la Biosfera La Sepultura, Chiapas, el grueso de su población se encuentra en la Sierra de Tloloque, Oaxaca. Gran parte de esta sierra se encuentra sujeta a un programa de conservación comunitaria y se espera poder contar con un plan de conservación para esta bella y única especie mexicana. Foto: Manuel O. Grosselet.



Figura 6. El colibrí mihualteco (*Eupherusa cyanophrys*) es una de las más de 40 especies de colibríes reportados para Oaxaca. Es endémica del estado y se encuentra exclusivamente en Sierra Sur, en el límite entre cultivos de café y bosque de pino. Foto: Manuel O. Grosselet.



Figura 7. *Melospiza albicollis* es cuasiendémica a Oaxaca, parecida a *M. fusca* que se encuentra al norte. Ambas especies se mezclan en el norte del territorio oaxaqueño y sur de Puebla. Se tiene escasa información sobre su reproducción, muda, dispersión y estatus; sin embargo, es una especie común en muchos lugares dentro de su rango y es posible que se mantenga con poblaciones sanas estos últimos 20 años, como lo demuestran los trabajos de seguimiento de aves del Jardín Etnobotánico de Oaxaca. Foto: Manuel O. Grosselet.

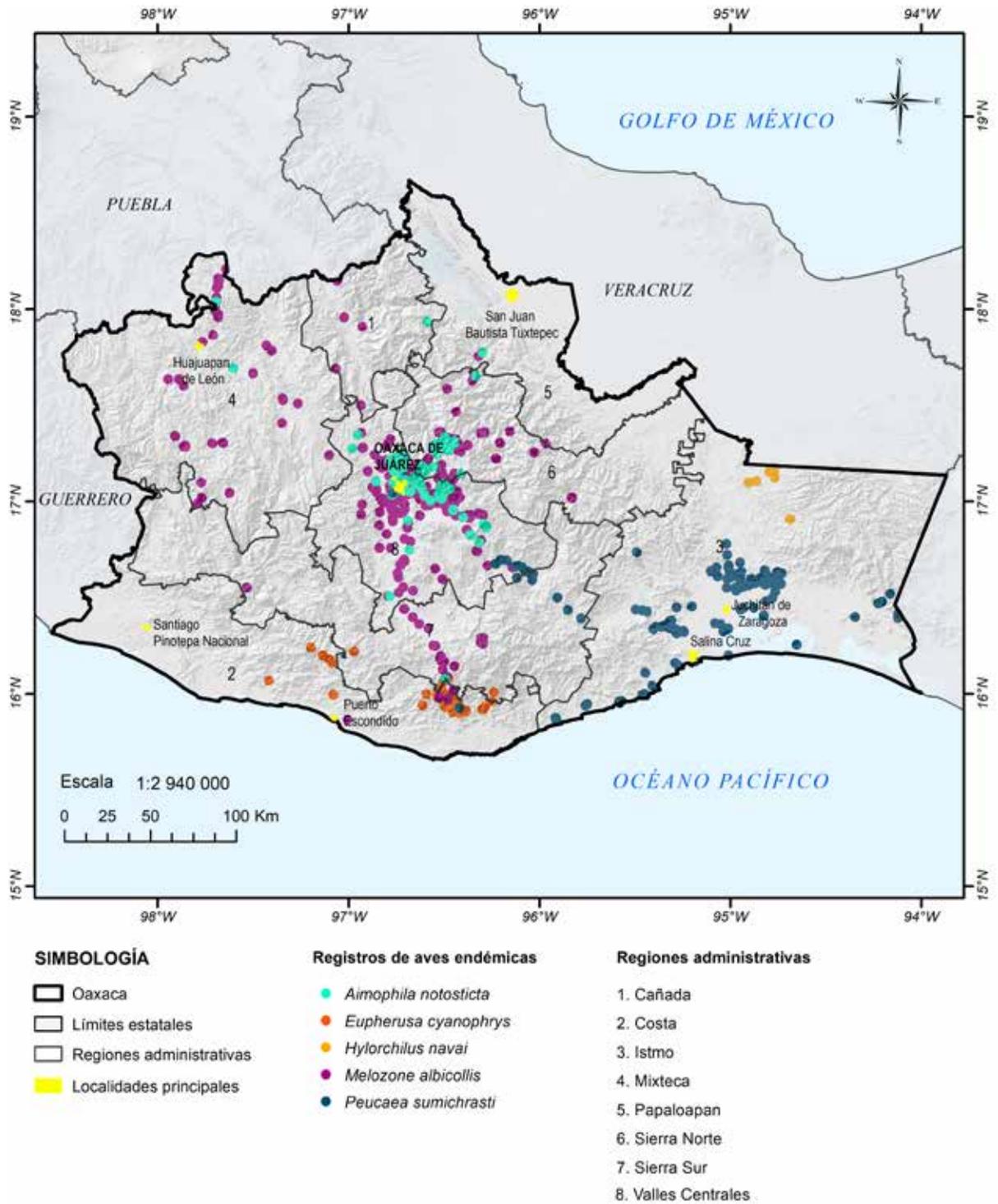


Figura 8. Registros de aves endémicas en Oaxaca. Fuente: elaboración propia.

Distribución

En el estado 109 aves tienen cierto grado de endemismo (figuras 1 a 7): 59 especies son endémicas al país, 17 son cuasiendémicas y 33 semiendémicas (González-García y Gómez de Silva 2003). Navarro y colaboradores (2004) reportan 61 endémicas (*sensu stricto*), aunque incluye especies semiendémicas (p.e. pardela de Islas Revillagigedo *Puffinus auricularis*). Por su parte, González-García y Gómez de Silva (2003) mencionan dos especies endémicas a Oaxaca; sin embargo el zacatonero oaxaqueño (*Aimophila notostica*) se encuentra también en Puebla (observación personal) por lo que, la especie puede ser clasificada como cuasiendémica.

El territorio oaxaqueño destaca por su riqueza e importancia en conservación a nivel continental. Navarro-Sigüenza y colaboradores (2014) señalan que las regiones más ricas en especies de aves son la vertiente del Atlántico y el Istmo de Tehuantepec; por el contrario, una de las más pobres es la región Balsas, que corresponde a Tlaxiaco. Sin embargo, junto con Sierra Sur, son de las zonas más ricas en especies con estatus de endemismo. Las únicas dos zonas que cuentan con al menos un estudio extenso sobre aves son el Istmo de Tehuantepec con el trabajo de Bindford (1989) y la región Valles Centrales (Sierra Madre del Sur) por Navarro y colaboradores (2004) y Forcey (2002 a, b, c). Sin embargo, el conocimiento de las especies de aves en Oaxaca se limita, por lo general a listados y se desconoce sobre aspectos de la salud poblacional, con excepción de los trabajos realizados por Tierra de Aves A.C. en el Jardín Etnobotánico de Oaxaca desde 2001, que aportan publicaciones sobre tendencias poblacionales de algunas especies migratorias y residentes, así como información sobre fidelidad a sitios de invernación.

Es importante mencionar que en el Istmo de Tehuantepec se cuenta con extensos trabajos de investigación privada, vinculados con el desarrollo de los parques eólicos en la parte de selva seca baja; sin embargo, esta información biológica no está disponible al público. El único listado reciente para esta región conocido hasta el momento es el de McAndrews y Montejo (2010). Las regiones menos visitadas son probablemente Tlaxiaco y Asunción Nochixtlán, donde pocos investigadores y observadores de aves pasan tiempo en estudiar o buscar aves.

A pesar de que Oaxaca es un estado montañoso, que no provee mucho hábitat para las aves de humedales,

es interesante notar que en la región Istmo y en general todo el territorio oaxaqueño presentan la mayor diversidad de aves playeras del país, con 42 especies (figura 9; eBird 2021).

El Istmo de Tehuantepec es uno de los corredores migratorios más destacados del mundo con alrededor de 3 millones de aves rapaces por año (Malpica-Topete 2008). Se puede asegurar que la planicie de Tehuantepec está entre los primeros cinco sitios de migración más importantes del mundo, por el volumen de aves que cruzan cada año por esta región. No se cuenta con mucha información sobre aves paseriformes y afines (p.e búhos, colibríes) que corresponden alrededor de 50% de las especies de aves del estado, pero se sabe que gran parte de las poblaciones de *Tyrannus forficatus* o *Archilocus colubris*, cruzan por esta región desde la vertiente del Atlántico hacia la planicie del Pacífico (observación personal). Cabe mencionar que Norteamérica tiene la forma de un embudo, con una apertura en el norte de Canadá y Alaska con más de 6 000 km de territorio entre mares del oeste y del este; la parte angosta del embudo es el Istmo de Tehuantepec con solamente 217 km de ancho entre el golfo de México y el Pacífico, lo que provoca una concentración de aves única en todo Norteamérica.

El Istmo es frecuentado por investigadores y observadores de aves, lo que aporta nuevos registros para la entidad, como el búho rayado (*Strix fulvescens*; Ramírez-Julián *et al.* 2011) y el petrel de la isla Tahiti (*Pterodroma (Pseudobulweria) rostrata*), confirmado con fotografías tomadas en alta mar frente a Huatulco (eBird 2021). El conocimiento que se tiene de las aves es todavía incipiente y los listados que se realizan, están sujetos a revisión y seguramente se aumentará el número de especies. Es probable que aparecerán especies que no están contempladas en el listado del estado (apéndice 42), ni tampoco en el de especies hipotéticas, como ilustra el caso de *P. (Pseudobulweria) rostrata* y *R. tridactyla*, las cuales no se habían contemplado en ninguno de los reportes de Navarro y colaboradores (2004). Asimismo, algunas especies incluidas en este listado pueden ser todavía un lastre de lo mencionado por Howell y Webb (1995) y que no se han confirmado a la fecha, como *Catharus dryas*; mientras que otras especies son posiblemente históricas (es decir, que tienen registros de observación antiguos, p.e. más de 50 años), como *Ara macao* y *Amazona auropalliata*, entre otras.



Figura 9. La pardela cola cuña (*Ardenna pacifica*) pasa en grandes números por la costa oaxaqueña. Se acerca bastante a la orilla, aunque son especies de alta mar. Son más numerosas entre noviembre y enero; anida en islas de Japón, de Hawái, de los Seychelles en África y las Marianas en Australia. En la entidad, existe registro de la recaptura de un ave encontrada muerta en la costa oaxaqueña límite con Guerrero, que anidó en la Isla de Phoenix, en los Kiribati, a unos 8 000 km de donde se encontró. Foto: Manuel O. Grosselet.

Importancia

Las aves tienen relevancia desde los enfoques ecológico, económico, cultural y de conservación. Cada día existe mayor conciencia colectiva en cuanto a su papel en la salud de los ecosistemas, beneficios para el ser humano (p.e. producción de las plantas a través de la polinización, la dispersión de semillas, el control de plagas), y como importante eslabón de la red trófica.

Polinizadores y dispersores de semillas

De acuerdo con las investigaciones de De la Cruz Montesino (2011) en el Jardín Etnobotánico de Oaxaca, los colibríes son polinizadores que permiten el intercambio de polen entre distintos sitios. Los chipes migratorios son otro ejemplo de polinizadores, que al cambiar sus dietas de insectívoros en verano a nectarívoros en invierno, contribuyen a la fecundación de diversas plantas tanto silvestres como de uso agrícola y ornamental.

Varias especies de aves contribuyen de diversas maneras a la dispersión de semillas. La guacamaya verde

(*Ara militaris*, figura 10) en la región Cañada, es un ejemplo de cómo al abrir las semillas o los frutos que normalmente son inaccesibles a otras especies (por tener una cáscara dura), permite que otras especies más pequeñas tengan acceso a ellas, y así también contribuyen, a la dispersión de dichas semillas.

Las especies del género *Toxostoma* poseen un pico largo y curvo con el cual pueden penetrar los frutos como las tunas (*Opuntia* spp.) y extraer las semillas, además de exponer la pulpa del fruto para que sea accesible a otras especies de aves, insectos y hasta pequeños mamíferos. Cabe señalar que muchas semillas tienen que pasar forzosamente, por el tracto digestivo de un ave para poder germinar y en el proceso se trasladan de un lugar a otro; sin embargo, también dispersan semillas de otras plantas consideradas como plagas, como el muérdago que parasita los árboles y eventualmente los mata.

Otras especies como *Myiozetetes similis* (Luisito común) y *Euphonia* spp. (eufonias) son aves que propagan plantas, a veces lejos de donde ingirieron sus semillas. No obstante, se tienen casos de aves que dispersan semillas sin ingerirlas, como las que hacen reservas de alimentos



Figura 10. La población de *Ara militaris* fue descubierta en el año 2000 en la región Cañada, y parece ser una de las más importantes del país. Las comunidades aledañas, como Santa María Tecomavaca, Quiotepec, El Chillar y más, decidieron aprovechar estas aves de manera no extractiva a través de ecoturismo y conservarlas libres. Todo indica que la población de estas guacamayas está creciendo y este proyecto es un éxito, un ejemplo de conservación. Foto: Manuel O. Grosselet.

y pueden mover las semillas a algunos cientos de metros del árbol de donde proviene, como es el caso de la chara de collar (*Aphelocoma woodhouseii*), que tiene el hábito de esconder semillas y a veces las olvida, o simplemente, el ave se muere antes de recuperarlas.

Control de plagas

Las aves también contribuyen al control natural de plagas, al ingerir artrópodos (arañas, moscas, mosquitos, garrapatas, pulgones), diariamente reducen el riesgo de enfermedades al ser humano controlando vectores de paludismo o piroplasmosis entre otras. Asimismo, consumen otros parásitos dañinos que afectan cultivos de alimentos como orugas, palomillas, roedores, entre otros. La familia de aves más numerosa en Oaxaca son los tiránidos (Tyrannidae), que son principalmente insectívoros y junto con otras especies, contribuyen al control de plagas en la entidad.

De manera indirecta, en las ciudades, las palomas y pichones comen entre 10 y 20% de su peso corporal, o sea alrededor de 25 g diariamente de desechos alimen-

ticios, que al ser eliminados reducen la infestación de cucarachas y roedores lo cual significa una importante aportación a un servicio ambiental.

Cultural

Desde un punto de vista filosófico y cultural, las aves han sido fuente de inspiración en las diversas mitologías de todo el mundo. Sin ellas, Ícaro, de la mitología griega, no habría volado al sol, el ave Phenix no existiría; Quetzalcóatl sería una serpiente sin plumas y no se tendría el emblema nacional. El territorio oaxaqueño es un reservorio de riqueza que atraviesa fronteras políticas, sin duda, pero también las de la imaginación y de los sueños.

Turismo de naturaleza

Las aves se han convertido en una fuente de ingresos a través de su observación por aficionados. Algunas comunidades ofrecen sus servicios como guías, así como hospedaje y alimentación, entre otros servicios asociados a esta actividad. De acuerdo con Cantú y colaboradores

(2011), por lo menos 53% del turismo de naturaleza realiza observación de fauna (aves, ballenas, tortugas, murciélagos, mariposas y hasta luciérnagas), de éste, 21% se dedica exclusivamente a la observación de aves.

En 2006, 44% de los eco-visitantes de Costa Rica se dedicaron a la observación de aves. Los turistas de naturaleza gastan más que los turistas tradicionales ya que se ha visto que pasan más tiempo de visita en el país. El número de observadores de aves en Estados Unidos ha aumentado considerablemente entre 1994 y 2004 en más de 25%. En México, la derrama económica por la observación de aves en 2004 era cerca de 24 millones de dólares; sin embargo, esto es 1 500 veces inferior a lo que se genera en Estados Unidos y 17 veces menor a los ingresos en Costa Rica; a pesar de que en el país se tiene 15 veces más especies únicas que Costa Rica (Cantú *et al.* 2011).

Existe una enorme oportunidad para desarrollar esta actividad en México y complementar el actual destino de playa con un destino de naturaleza. En 2011, el Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) en Oaxaca publicó una guía de aves de los sitios arqueológicos de Monte Albán y Yagul (Grosselet y Ruiz-Michael 2011), agregando con ello una nueva dimensión a su atractivo. Este tipo de materiales son comunes para monumentos, reservas y áreas naturales protegidas de Norteamérica y Europa, en México ya comienza este proceso.

De las 42 empresas extranjeras que se dedican a observar fauna en México, al menos 18 realizan actividades en Oaxaca. Sin embargo, sólo nueve compañías nacionales (de las casi 40 que se tienen registradas) se dedican a hacer observación de naturaleza en la entidad (Cantú *et al.* 2011).

En el país es claro el interés para la observación de aves, lo cual se refleja en: a) tiendas especializadas para la venta de artículos para esta actividad; b) clubes de observadores en muchos estados; y c) organización de eventos para hacer registros de este grupo biológico (en Oaxaca se realizan conteos navideños desde hace más de 15 años).

El aumento en la observación de aves también puede reflejarse en los datos de aVerAves (Sullivan *et al.* 2009) del programa de la Universidad de Cornell, que a través de la plataforma de la Comisión para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) sirve para el registro de observaciones de aves de expertos y aficionados. En este sentido, el número de especies reportadas para Oaxaca asciende a 784. Desde 1990 que inició la actividad, el número de especies reportadas aumentó progre-

sivamente de 440 a 709 entre 2011 y 2015 (eBird 2021), registrándose también un aumento considerable en la participación de la sociedad en general. Las 59 aves endémicas en Oaxaca son un patrimonio natural y cultural invaluable para visitantes y observadores de aves.

Conservación internacional

Desde el punto de vista del manejo y conservación de las aves como un valioso recurso ecológico, económico y cultural, es indudable que Oaxaca tiene una responsabilidad y obligación ética hacia el cuidado de estas especies, ya que comparte muchas con otros países, y por el valor que este grupo representa para la vida misma (figura 11).

Las aves migratorias que pasan por el territorio oaxaqueño viajan del noroeste, centro y noreste del continente, y la conservación de estas especies es un reto de cooperación a gran escala. Lo anterior se reconoce en varios tratados internacionales que promueven el compromiso de cooperación internacional con la conservación de las especies migratorias y de la biodiversidad. No es fácil ser el primer estado del país en biodiversidad, ya que esto implica la generación de programas serios de trabajo dirigidos a la preservación de los recursos naturales compartidos, lo que requiere voluntad política y aplicación de recursos en todos los ámbitos de gobierno, encaminados a la cooperación con comunidades locales, entidades no gubernamentales y con la iniciativa privada.

Un ave migratoria que no encuentra ecosistemas sanos que brinden la alimentación suficiente y adecuada en el estado, presentará una mayor vulnerabilidad. Las aves que se enfrentan a condiciones adversas durante su migración reducen sus probabilidades de llegar a su destino, muchas mueren en el trayecto, o simplemente se reduce el éxito de su reproducción (Kostrzewa y Kostrzewa 1991, Salvati 2002, Bull 2009).

Situación y estado de conservación

Para comprender la situación y estado de conservación de una especie o grupo de especies es importante tener datos de las poblaciones. En este sentido se cuenta con los trabajos de Grosselet y Ruiz-Michael (2004) quienes realizaron trabajos sobre las aves del Jardín Etnobotánico de Oaxaca, y Monroy-Ojeda y colaboradores (2013) quienes publicaron datos de fidelidad al sitio de invierno.



Figura 11. El tucán pico canoa (*Ramphastos sulfuratus*) es el ave del trópico húmedo, de la vertiente del Atlántico. Gran dispersor de semillas, participa en la constante reforestación de las selvas húmedas. Es preciado como mascota, lo que merma sus poblaciones, debido a un tráfico ilegal y destrucción de los nidos. El canto del tucán es y será la señal de la riqueza de una selva. Foto: Manuel O. Grosselet.

Localmente, algunas especies como *Zenaida asiatica*, *Turdus grayi* y *Oreothlypis ruficapilla* muestran poblaciones al alza. Sin embargo, especies comunes como *Passer domesticus*, *Haemorhous mexicanus* o *Melospiza albicollis* (esta última es una especie cuasiendémica a Oaxaca; William *et al.* 2021) muestran tendencias a la baja, con un receso poblacional. Se desconoce otro trabajo semejante que pudiera dar este tipo de respuesta para toda la entidad. Para el caso de *Passer domesticus* que es una especie introducida, parece que perdió más de 50% de su población en el centro de Oaxaca en estos últimos 20 años.

Los observadores de aves con experiencia en el estado indican que antes era fácil encontrar más de 400 especies de aves en un viaje de unos cuantos días y hasta una semana, en la actualidad no es fácil alcanzar estas cifras.

A pesar de ser la entidad con mayor diversidad biológica, tiene solamente 3.5% de superficie terrestre declarada como área natural protegida (ANP) de carácter federal y una mínima fracción (menos de 0.0001%) decretada como ANP estatal y recientemente se está trabajando sobre la certificación de áreas comunitarias protegidas. Oaxaca es líder nacional en decretos de áreas comunitarias destinadas a la conservación con 93 121 ha bajo este esquema (Galindo 2010);¹ sin embargo, esta área representa menos de 1% del territorio oaxaqueño.

Cabe señalar las dificultades de protección que se enfrentan en los sitios destinados a la conservación, ya sean federales, estatales, municipales o comunitarios. La creación de nuevas vías de comunicación tiene un impacto severo sobre fragmentación de hábitat y mortalidad directa (Grosselet *et al.* 2008), no sólo por la in-

¹ Para más información, consultar el capítulo *Manejo y conservación de la biodiversidad* en esta obra.

fraestructura que se construye, sino por la operación de nuevas rutas de comunicación. En la entidad, la carretera de cuota que comunica a la ciudad de Oaxaca con la Ciudad de México y la construcción de infraestructura como la línea de alta tensión fragmentaron el ecosistema de la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán, que además sufre degradación debido al extensivo pastoreo de ganado ovino y caprino en la zona.

Por otra parte, la apertura de la carretera costera y el desarrollo de Huatulco sigue fragmentando los ecosistemas dentro del Parque Nacional Huatulco. En el parque estatal del Fortín, única área protegida en la capital del estado, el hábitat natural que queda está sujeto al impacto del desarrollo urbano. Los retos de conservación son enormes y la presión humana sobre este pequeño espacio protegido en Oaxaca representa tan sólo un ejemplo de la amenaza a la integridad de los espacios naturales y sus componentes.

Otra figura de reconocimiento de importancia para las aves en Oaxaca son las áreas de importancia para la conservación de las aves (AICA; CCA 1999), denominadas así por *Birdlife Internacional*, la Comisión de Cooperación Ambiental (CCA) y la CONABIO. En el territorio oaxaqueño, se cuenta con 12 AICA que representan 32% de la superficie estatal. Estas áreas son polígonos de importancia para la conservación de las aves, identificados por grupos de expertos; sin embargo, carecen de un marco legal para su protección, en campo no cuentan con un plan de conservación y de manejo, así como presupuesto. Esta iniciativa merece atención y seguimiento para aterrizar en acciones concretas de conservación, bajo un marco legal que lo pueda garantizar.

En Oaxaca, 26% de las especies de aves tienen alguna categoría de riesgo conforme a la NOM-059 (SEMARNAT 2010): 39 en peligro de extinción, 68 amenazadas, 95 sujetas a protección especial y 1 probablemente extinta en el medio silvestre (apéndice 42). Sin embargo, las amenazas por calentamiento global, desarrollo industrial, infraestructura carretera, gatos domésticos, contaminación ambiental, vidrios de ventanas en edificios y casas, ejercen cada día mayor presión sobre las especies residentes y migratorias en el estado.

Acciones de conservación

Para poder conservar mejor, hay que conocer lo que se tiene, las acciones de conservación son urgentes. El co-

nocimiento de las aves en el territorio oaxaqueño, a pesar de ser el estado de mayor biodiversidad en el país, es muy básico. Alrededor de 120 trabajos se han publicado en artículos científicos o tesis en el estado desde 2004 a la fecha, sin embargo, se desconoce las tendencias de las poblaciones de aves para la mayoría de las especies.

El periódico Milenio en 2014 publicó: "Oaxaca pierde anualmente 25 mil ha de bosque, entre deforestación e incendios". Ese mismo año la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) indicó que el estado ocupa el tercer lugar a nivel nacional en deforestación, mencionando una pérdida anual de 35 mil hectáreas de bosque, además que 50% de la superficie estatal presenta algún grado de deterioro ambiental.

Ante este panorama, es difícil pensar que las especies de ambientes selváticos se encuentren con una tendencia poblacional estable o al alza. Seguramente, especies comensales, encuentran una oportunidad de nuevos nichos ecológicos en su proceso de adaptación a las condiciones humanas. Pero aún bajo esta circunstancia, algunas especies urbanas de la capital estatal muestran una tendencia a la baja.

Es urgente desarrollar estudios enfocados al conocimiento de sus tendencias poblacionales, conocer acerca de la salud de sus poblaciones en el estado. El establecimiento de rutas de conteo como se usan en Estados Unidos para dar seguimientos a las poblaciones de las distintas especies, pudieran ser una opción fácil y económica para resolver estas incógnitas.

Para proteger el ambiente, rico y diverso, se debe contar con las herramientas legales, utilizando a las aves como especies sombrilla o indicadoras de la salud de los ecosistemas y del medio ambiente; a través de la creación de leyes estatales, decretos o listados de especies en riesgo a nivel federal y estatal; así como implementar programas locales con las comunidades, para aplicar medidas de protección con un buen fundamento jurídico y con recursos.

A nivel nacional, sólo Veracruz cuenta con un listado estatal de especies en riesgo. Hasta la fecha, las especies quedan bajo jurisdicción exclusiva de la NOM-059 (SEMARNAT 2010). Aunque Veracruz publicó una lista roja de especies amenazadas y en peligro de extinción para el estado en 2014, este documento no tiene atribuciones legales para aplicar medidas de protección, pero es una buena referencia avalada por los investigadores.

Para ilustrar el tema de leyes estatales y entender la importancia de una visión estatal, un ejemplo es el cha-

rán elegante (*Thalasseus elegans*), una especie común y regular en invierno en las costas oaxaqueñas que está como sujeta a protección especial en la NOM-059, por tener poblaciones que anidan en sitios muy restringidos en el mar de Cortés; sin embargo, no requiere de atención particular en el estado siendo que está de paso o como visitante de invierno en toda la costa. Por el contrario, el zacatonero serrano (*Oriturus superciliosus*), que no aparece en la NOM-059, cuenta con una población única aislada en la entidad, misma que merecería tener un estatus de protección en este estado.

En 2003, el Instituto Estatal de Ecología lanzó una iniciativa pionera para México, con la distribución gratuita del libro de las aves del estado (Grosselet 2003) en cada escuela de Oaxaca. Esta iniciativa se debe de retomar y seguir con un programa de concientización, pues son acciones de conservación indirectas que permite una mejor apreciación de las aves en el estado que finalmente promueve su conservación.

Es importante que el gobierno oaxaqueño tome acciones para decretar más sitios dedicados a la conservación; ya que en la entidad existen ejemplos a nivel internacional, de acciones de conservación por parte de

las comunidades propietarias de sus tierras. Dichas acciones se deben impulsar en todo el estado para incrementar la proporción de áreas conservadas, más allá del 3.6% de superficie. Se debe realizar un esfuerzo enorme para crear espacios protegidos que permitan que las especies silvestres encuentren un lugar donde se puedan resguardar, alimentar y reproducirse en la entidad.

Agradecimientos

Bystrak Danny, del Laboratorio de Anillamiento del Fish and Wildlife Service por ayudar en obtener datos sobre las recapturas de las aves. María Blázquez Olaciregui para la revisión de la bibliografía sobre aves en el estado de Oaxaca. Amy McAndrews, Michael Retter, Jorge Montejó, Héctor Gómez de Silva, José Cruz Bojorges Baños, Michael Carmody, Edgar del Valle y todos los observadores de aves que participan de una forma u otra para enriquecer el conocimiento de las aves de Oaxaca. En particular a William Stecher que aportó mucho conocimiento sobre las aves en los Valles Centrales de Oaxaca. Al Dr. Alejandro de Ávila por darnos su confianza.

Referencias

- Avibase. 2015. *Avibase - Bird Checklists of the World*. En: <<http://avibase.bsc-eoc.org/checklist.jsp?region=MX>>, última consulta: julio 2015.
- Bindford, L.C. 1989. A Distributional survey of the birds of the Mexican state of Oaxaca. *Ornithological Monographs* 43:1-148.
- Bull, E.L. 2009. Further decline in nest-box use by Vaux's Swifts in Northeastern Oregon. *Western Birds* 40(4):260-266.
- Cantú, J.C., H. Gómez de Silva y M.E. Sánchez. 2011. *El dinero vuela: el valor económico del ecoturismo de observación de aves*. Defenders of Wildlife, Washington.
- CCA. Comisión para la Cooperación Ambiental. 1999. *North American Important Bird Areas*. En: <<http://www3.cec.org/islandora/es/item/1664-north-american-important-bird-areas-directory-150-key-conservation-sites-es.pdf>>, última consulta: marzo de 2019.
- De la Cruz Montesino, F. 2011. *Estudio preliminar de la avifauna necrófaga del Jardín Etnobotánico de la Ciudad de Oaxaca de Juárez, Oaxaca*. Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca (inédito).
- eBird. 2021. *eBird: an online database of bird distribution and abundance*. En: <<http://www.ebird.org>>, última consulta: diciembre de 2021.
- Escalante, P., A.M. Sada y J. Robles Gil. 2014. *Listado de nombres comunes de las aves de México*. Instituto de Biología-UNAM/CIPAMEX, México.
- Forcey, J.M. 2002a. Notes on the birds of Central Oaxaca. Part I: Podicipedidae to Laridae. *Huitzil* 3:14-27.
- . 2002b. Notes on the birds of Central Oaxaca. Part II: Columbidae to Vireonidae. *Huitzil* 3:43-55.
- . 2002c. Notes on the birds of Central Oaxaca. Part III: Hirundinidae to Fringilidae. *Huitzil* 3:14-27.
- Galindo, C. 2010. Áreas comunitarias protegidas en Oaxaca. En: *Patrimonio natural de México. Cien casos de éxito*. J. Carabias, J. Sarukhán, J. de la Maza y C. Galindo (coords.). CONABIO, México, pp. 20-21.
- González-García, F. y H. Gómez de Silva. 2003. Especies endémicas: riqueza, patrones de distribución y retos para su conservación. En: *Conservación de aves: experiencias en México*. H. Gómez de Silva y A. Oliveras de Ita (eds.). CIPAMEX/CONABIO/NFWF, México, pp. 150-194.
- Grosselet, M. 2003. *Aves de Oaxaca*. Instituto de Ecología de Oaxaca, México.
- Grosselet, M. y G. Ruiz-Michael. 2004. *Bombycilla cedrorum* en Oaxaca, Oaxaca, México, en el invierno 2002-2003. *Huitzil* 5:20-23.

- . 2011. *Guía de campo: aves de México. Tomo 2: Monte Albán y Yagul*. INAH/ Tierra de Aves, México.
- Grosselet, M., B. Villa-Bollina y G. Ruiz-Michael. 2008. Afectaciones a vertebrados por vehículos automotores en 1.2 km de carretera en el Istmo de Tehuantepec. *Proceedings of the Fourth International Partners in Flight Conference: Tundra to Tropic*. Texas.
- Howell, S.N.G. y S. Webb. 1995. *A guide to the birds of Mexico and Northern Central América*. Oxford University Press, Nueva York.
- Kostrzewa, R. y A. Kostrzewa. 1991. Winter weather, spring and summer density, and subsequent breeding success of Eurasian Kestrels, Common Buzzards, and Northern Goshawks. *The Auk* 108:342-347.
- Malpica-Topete, A. 2008. *Respuesta conductual de la migración de tres especies de aves (Cathartes aura, Buteo swainsoni y Buteo platypterus) a la Central Eólica La Venta II, en tres temporadas consecutivas*. Tesis de licenciatura. Universidad Veracruzana, Veracruz.
- McAndrews, A.E. y J.E. Montejo. 2010. Birds from the plains of Tehuantepec, Oaxaca, Mexico. *Southwestern Naturalist* 55:569-575.
- Milenio. 2014. *Cada año, se pierden 25 mil hectáreas por la deforestación en Oaxaca*. En: <http://www.milenio.com/estados/bosques-deforestacion_de_bosques_en_Oaxaca-incendios_en_Oaxaca_0_423557723.html>, última consulta: julio 2015.
- Monroy-Ojeda, A., M. Grosselet, G. Ruiz Michael y E. Del Valle. 2013. Winter site fidelity and winter residency of six migratory Neotropical species in Mexico. *Wilson Journal of Ornithology* 125:192-196.
- Navarro, A.G., E.A. García-Trejo, A.T. Peterson y V. Rodríguez-Contreras. 2004. Las aves. En: *Biodiversidad de Oaxaca*. A.J. García-Mendoza, M.J. Ordoñez y M. Briones-Salas (eds.). Instituto de Biología-UNAM/ Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza/wwf, México, pp. 391-421.
- Navarro-Sigüenza, A.G., Ma. F. Rebón-Gallardo, A. Gordillo-Martínez et al. 2014. Biodiversidad de aves en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85:5476-5495.
- 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. Última reforma publicada el 14 de noviembre de 2019.
- Ramírez-Julián, R., F. González-García y G. Reyes-Macedo. 2011. Registro del búho leonado *Strix fulvescens* en el estado de Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82:727-730.
- Salvati, L. 2002. Spring weather and breeding success of the Eurasian Kestrel (*Falco tinnunculus*) in urban Rome, Italy. *Journal of Raptor Research* 36(1):84-86.
- Sullivan, B.L., C.L. Wood, M.J. Iliiff et al. 2009. eBird: a citizen-based bird observation network in the biological sciences. *Biological Conservation* 142:2282-2292.
- The Cornell Lab of Ornithology. 2007. *The basics of bird migration: how, why, and where*. En: <<http://www.birds.cornell.edu/AllAboutBirds/studying/migration/origins>>, última consulta: 6 de abril de 2015.
- . 2014. *Clements Checklist*. En: <<http://www.birds.cornell.edu/clementschecklist/2014-overview/>>, última consulta: julio de 2015.
- William, J., Z. Steel, G. Ruiz-Michael et al. 2021. *Tendencia poblacional 2003-2017 de las aves comunes del jardín etnobotánico de Oaxaca*. México (inédito).



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Molinos de viento en Oaxaca. Foto: Alejandro Sosa García /CONABIO/Mosaico Natura.

Impacto de los parques eólicos sobre las aves en el Istmo de Tehuantepec

Manuel Olivier Grosselet y Georgita Ruiz Michael

Introducción

La crisis ambiental, como consecuencia del modelo de desarrollo actual, representa una amenaza real a las diversas formas de vida sobre la Tierra, incluyendo al ser humano (Dunlap *et al.* 1993, Townsend *et al.* 2003, McMichael *et al.* 2006). La búsqueda de fuentes alternativas de energía para satisfacer la demanda (SENER 2012) ha desencadenado mundialmente un auge en la generación de energía eólica, y particularmente en el Istmo de Tehuantepec, donde la intensidad del viento y su constancia son factores que lo convierten en uno de los mejores sitios para su aprovechamiento. La energía alternativa no depende de la combustión para generar electricidad y por lo tanto emite pocos o nulos gases contaminantes.

Sin embargo, uno de los impactos de las aspas de los generadores eléctricos es la mortalidad por colisión de aves residentes y migratorias, así como de murciélagos. Las estimaciones sobre el índice de mortalidad de aves a causa de esta actividad varían entre autores y sitios.

Grosselet, M.O. y G. Ruiz Michael. 2022. Impacto de los parques eólicos sobre las aves en el Istmo de Tehuantepec. En: *La biodiversidad en Oaxaca. Estudio de Estado*. Vol. III. CONABIO, México, pp. 256-260.

En este estudio de caso se explica cómo la carencia de información biológica científicamente confiable limita una evaluación real de los impactos que dicha actividad tiene sobre la salud poblacional de las aves. De igual manera, se explica la importancia de la ubicación del Istmo de Tehuantepec para aves migratorias en el continente Americano, y se analiza el papel que juegan las autorizaciones administrativas ambientales de los proyectos eólicos.

Antecedentes

La energía eólica se ha utilizado desde hace siglos a escala de autoconsumo en Holanda. Sin embargo, a finales del siglo pasado se comenzó a aprovechar en Dinamarca de manera más organizada e intensiva como una fuente de ingreso, al ofrecer en venta la energía generada por parte de las comunidades propietarias de los terrenos donde se han instalado las torres eólicas.

Al intensificar dicha actividad, se han manifestado como impactos la colisión de animales voladores (aves y murciélagos) contra las aspas rotatorias de las torres, contra los cables eléctricos, las torres anemométricas y sus cables de soporte. En este sentido, en países como Holanda se obliga a las empresas a implementar medidas preventivas como enterrar los cables de transmisión media y baja para evitar colisiones de especies que migran durante el día o la noche y no pueden verlos.

Impactos

La mayor preocupación sobre el impacto ambiental que ocasiona la instalación y operación de los parques eólicos alrededor del mundo es el efecto que éstos tienen sobre las aves y los murciélagos (Manville 2005, Arnett 2006, Drewitt y Langston 2006, Piorkowski y O'Connell 2010). A pesar de que dicho impacto varía, dependiendo de la situación que prevalece en cada sitio, se reconoce que éste es mucho mayor donde existen rutas migratorias, al grado que existe una coincidencia en que la principal recomendación es evitar la creación de parques eólicos en las rutas de estos animales (Percival 1997, Tellería 2009).

Otro factor de perturbación que ocasiona estas instalaciones, es la pérdida de hábitat, lo cual no se evalúa en ningún estudio publicado en México. Zimmerling y colaboradores (2013) estiman que más de

5 700 nidos son afectados por la construcción de parques eólicos en Estados Unidos.

Experiencia mundial

Los cálculos del nivel de impacto que la producción de energía eólica tiene sobre las aves difieren en la ubicación de las torres y los métodos de estimación utilizados. Calvert y colaboradores (2013) consideran que el impacto a nivel mundial de los parques eólicos sobre las aves es mucho menor en comparación con otros factores, como la depredación por gatos domésticos, el choque de aves contra vehículos en movimiento o contra ventanas de casas y edificios, entre otros. Alrededor de 33 mil aves mueren por año debido a las 15 mil turbinas instaladas en Estados Unidos, con un promedio de 2.1 aves por torre anualmente (Erickson *et al.* 2001).

Strickland y colaboradores (2011) estiman tres aves muertas por año/kilowatt producido. Sin embargo, Manville (2005) estima que la cifra es más cercana a 19.13 aves/año por torre en todo Estados Unidos; mientras que Smallwood (2013) menciona una posible mortalidad de 22.2 aves/año por torre en Norteamérica.

Atienza y colaboradores (2011) estiman que anualmente mueren entre 4.1 y 14.7 millones de aves por colisiones con aspas en España. En Canadá, Zimmerling y colaboradores (2013) reportan alrededor de 16 500 aves muertas por año por la misma causa. No obstante, Hötter y colaboradores (2006) indican que los valores pueden variar de 0.03 a 64.26 aves muertas por turbina por año, en cada uno de los parques eólicos analizados de Europa, Estados Unidos y Australia.

Los casos anteriores ejemplifican el amplio rango de las estimaciones de mortalidad de aves. El impacto por los parques eólicos podría ser significativo para especies sensibles y de reproducción lenta (Hötter *et al.* 2006). En específico, en aves rapaces el impacto suele ser más evidente debido a su tamaño, facilidad de visualizar y de encontrar sus carcasas. En este sentido, en la década de los noventa se reportó una mortandad importante en la instalación del parque eólico de Altamont Pass en California (Orloff y Flannery 1992). Sin embargo, su impacto no representa un riesgo para las poblaciones de rapaces (Hötter *et al.* 2006).

Para tener una estimación real del daño que puede causar cualquier actividad sobre la fauna silvestre, se necesita conocer el estatus de la(s) población(es) de

diversas especies, sus tendencias demográficas, y contar con una evaluación precisa del impacto que se está generando, en este caso, por la instalación y operación de la actividad de producción de energía eólica. La información detallada acerca del estatus poblacional y las tendencias demográficas de diversas especies son escasas antes, durante y después de la instalación y operación de un parque eólico en una región. Lo anterior se debe a que para ello se requeriría por lo menos dos años de estudios previos para poder comparar los resultados de un año con el siguiente, aunque lo ideal sería contar con varios años más de información.

Experiencia en México

En el país se cuenta con un mapeo de distribución y dinámica poblacional de especies residentes y migratorias en algunos sitios (Navarro *et al.* 2003, CONABIO 2015); sin embargo, para el Istmo de Tehuantepec se tiene poca información disponible. Ésta se ha compilado como parte de los requisitos jurídicos que la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) solicita en las manifestaciones de impacto ambiental para emitir las autorizaciones a los proyectos de desarrollo de energía eólica en la región.

Estos estudios no se encuentran disponibles al público en general, por haber sido contratados por las empresas de los inversionistas, los datos pueden solicitarse a través del órgano de transparencia oficial, pero no necesariamente se entrega. La información requerida por parte de la autoridad se enfoca en el sitio donde se va a instalar el proyecto eólico en cuestión, lo cual limita el rango de evaluación de un posible impacto colectivo de otros proyectos que se lleven a cabo en áreas cercanas. En este sentido, es posible que la suma de los impactos de cada parque sea en realidad mayor de lo que se calcula individualmente, una vez que se consideran otras obras de infraestructura como la construcción de nuevas carreteras o la instalación de cables para conducir la energía eléctrica desde su punto de generación hasta los sitios de distribución.

Un caso en Oaxaca es el parque La Venta II, ubicado en el Istmo. En el reporte que se emitió de éste se concluyó que presentaba faltas metodológicas en la obtención de los datos, que obligaron al revisor a adecuar los resultados, aplicando factores de corrección a las cifras obtenidas (Ledec *et al.* 2011). Asimismo, en dicho documento

se indica que más de la mitad de las aves encontradas muertas son residentes por lo que se debe aplicar un factor de corrección (correspondiente a multiplicar por 48 los números reportados) para tener una estimación acertada de la mortalidad probable de este parque eólico. En este sitio se reportaron 123 cadáveres de murciélagos, por lo cual Ledec y colaboradores (2011) estiman que la mortalidad probable es casi de 6 mil individuos por año. Cabe señalar que la Comisión Federal de Electricidad (CFE 2007) mencionó 32 aves encontradas muertas en este mismo parque eólico, de las cuales, siete eran paseriformes migratorias. En este sentido, si se aplica el factor propuesto por Ledec y colaboradores (2011) se puede estimar que 1 536 aves mueren por la operación de 98 torres que producen 83.3 MW en La Venta II, esto es 15.67 aves por torre/año o 18.43 aves/MW producido (AMDEE 2021).

El reporte de CFE (2007) menciona cadáveres de zopilote aura (*Cathartes aura*) y aguililla cola blanca (*Geranoaetus albicaudatus*); Ledec y colaboradores (2011) retoman este dato y sugieren que la extirpación local de *G. albicaudatus* puede deberse al impacto del parque La Venta II; no obstante, Hötter y colaboradores (2006) argumentan que los eólicos no representan riesgos para las aves de presa a nivel poblacional.

Si bien las aves rapaces son más visibles porque son grandes y vuelan de día, además de que sus restos son más evidentes durante más tiempo por su tamaño; el impacto sobre las aves paseriformes y otras especies pequeñas pasa desapercibido porque no se ven fácilmente, vuelan de noche durante sus migraciones y sus cadáveres desaparecen rápidamente.

Se considera que hay 2 749 MW de generación eólica instalados en el Istmo (AMDEE 2021); si se multiplica esta cifra por la mortalidad estimada por Ledec y colaboradores (2011), 18.43 aves x MW, el resultado es una mortandad de más de 50 mil aves anualmente en el Istmo.

No obstante, es probable que Ledec y colaboradores (2011) esté subestimando la mortandad. Retomando los testimonios de los prestadores de servicios, que reportan hasta cuatro aves muertas por noche por torre, se debe considerar la probabilidad de que la mortandad actual se acerque o incluso rebase 60 mil aves al año. Los datos disponibles son escasos y todos son confidenciales. Por ello, el caso merece la realización de estudios independientes sin vínculo alguno con las compañías eólicas y con una ética profesional intachable, debido a la enorme respon-

sabilidad que esta situación representa para la salud de las poblaciones de aves, no sólo de México, sino de las especies que realizan grandes migraciones a lo largo de todo el continente.

En épocas de migración, trabajadores de las mismas empresas eólicas reportan hasta cuatro aves muertas por noche por torre eólica, hecho corroborado por los autores. En el caso de las torres anemométricas, se registran hasta 17 aves muertas por noche por torre. Comúnmente, la especie que más se reporta muerta es *Icteria virens* (chipe grande, paseriforme migratorio que cuenta con una subespecie amenazada), de la cual se pueden encontrar hasta dos individuos muertos en una sola noche por torre. Veterinarios de la capital del estado indicaron haber recibido aves vivas heridas por aspas de las especies *Elanus leucurus* (milano cola blanca), *Rostrhamus sociabilis* (gavilán caracolero) y *Accipiter* sp. (gavilanes). Otros testigos de la zona mencionan que la búsqueda de cadáveres de aves (que son el indicador de impacto), se realiza tarde durante el día, de manera que lo que se encuentra es un número menor, debido a la acción de los carroñeros (mamíferos, aves e insectos) y a las condiciones climáticas que aceleran la degradación. Ésta es una de las razones por las cuales Ledec y colaboradores (2011) propone usar factores de corrección.

La ubicación de los parques eólicos en las rutas de migración es un factor relevante (Villegas-Patracca *et al.* 2014). Las compañías eólicas han estudiado las rutas migratorias de las rapaces por más de cinco años, y se ha identificado la Sierra de Tolistoque como una de las rutas principales; por lo tanto, cualquier parque en estas crestas o debajo de ellas puede representar un riesgo adicional para las aves.

Pese a sus perspectivas distintas, todos los autores llegan a un consenso respecto a los parques eólicos: se debe evitar su instalación en sitios de migración o concentración de aves (Percival 1997, Drewitt y Langston 2006, Hötker *et al.* 2006). El Istmo de Tehuantepec es uno de los cinco corredores migratorios más importantes del mundo, con alrededor de 3 millones de aves rapaces que cruzan por esta región anualmente.

Aves migratorias y murciélagos van siguiendo la franja de tierra, lo que hace que converjan en el Istmo,

concentrando así un número elevado de individuos en tránsito. Este fenómeno está siendo estudiado intensivamente desde hace varios años en Minatitlán, Veracruz; donde se atrapan más aves que en cualquier otra estación de monitoreo del continente con un esfuerzo mucho menor. En vista de ello, es fácil entender que cualquier parque eólico situado en el Istmo de Tehuantepec tendrá un mayor impacto sobre las aves migratorias que si se ubicara en un sitio donde no se concentran los corredores migratorios. Los estudios que se han realizado y los que están actualmente en curso para evaluar el impacto ambiental de los parques, no conceden suficiente atención a las aves paseriformes, que normalmente migran de noche.

Conclusiones y recomendaciones

El Istmo de Tehuantepec es una región de suma importancia por la convergencia de rutas migratorias tanto de aves como de murciélagos. Para evitar daños ambientales irreversibles a especies residentes y las compartidas con Estados Unidos y Canadá, se sugiere que las autoridades ambientales no otorguen autorizaciones para la instalación de parques eólicos sin antes contar con estudios más detallados de su impacto para implementar medidas de mitigación eficaces. De no ser factible realizar dichos estudios, las autoridades deben abstenerse de otorgar las autorizaciones referidas como lo marca la ley, con base en el principio precautorio.

Hasta el momento, no se han reconocido de manera apropiada los impactos generados por la instalación y la operación de parques eólicos en el Istmo de Tehuantepec sobre la fauna silvestre. Lo anterior puede deberse a que hay una alta demanda por intereses económicos vinculados. Los estudios de impacto ambiental para dichos parques son realizados de manera apresurada, sin generar la información previa necesaria para implementar medidas adecuadas de mitigación. Por lo cual, es necesario que las condicionantes de las autorizaciones otorgadas por la SEMARNAT incluyan mejores estudios para determinar los impactos ocasionados por las torres eólicas.

Referencias

- AMDEE. Asociación Mexicana de Energía Eólica. 2015. *Parques eólicos*. En: <<http://www.amdee.org/parques-eolicos-mexico>>, última consulta: 20 de diciembre de 2021.
- Arnett, E.B. 2006. A preliminary Evaluation on the use of dogs to recover bat fatalities at wind energy facilities. *Wildlife Society Bulletin* 34(5):1440-1445.
- Atienza, J.C., I. Martín Fierro, O. Infante *et al.* 2011. *Directrices para la evaluación del impacto de los parques eólicos en aves y murciélagos (versión 3.0)*. SEO/BirdLife, Madrid.
- Calvert, A.M., C.A. Bishop, R.D. Elliot *et al.* 2013. A synthesis of human-related avian mortality in Canada. *Avian Conservation and Ecology* 8(2):11.
- CFE. Comisión Federal de Electricidad. 2007. *Monitoring report La Venta II*. En: <<http://cdm.unfccc.int/Projects/DB/AENOR1168204945.7/view>>, última consulta: 20 de junio de 2017.
- CONABIO. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2015. *Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad*. En: <<http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>>, última consulta: 19 de junio de 2017.
- Drewitt, L. y R.H.W. Langston. 2006. Assessing the impact of wind farm on birds. *Ibis* 148(s1):29-42.
- Dunlap, R.E., G.H. Gallup Jr. y A.M. Gallup. 1993. Of global concern: Results of the health of the planet survey. *Environment: Science and Policy for Sustainable Development* 35(9):7-39.
- Erickson, W.P., G.D. Johnson, M.D. Strickland *et al.* 2001. *Avian collisions with wind turbines: a summary of existing studies and comparisons to other sources of avian collision mortality in the United States*. En: <http://www.west-inc.com/reports/avian_collisions.pdf>, última consulta: junio 2017.
- Hötker, H., K.M. Thomsen y H. Jeromin. 2006. *Impacts on biodiversity of exploitation of renewable energy sources: the example of birds and bats - facts, gaps in knowledge, demands for further research, and ornithological guidelines for the development of renewable energy exploitation*. Michael-Otto-Institut im NABU, Bergenhusen.
- Ledec, G.C., K.W. Rapp y R.G. Aiello. 2011. *Greening the wind: environmental and social considerations for wind power development*. En: <<https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/2388>>, última consulta: 3 de junio de 2021.
- Manville II, A.M. 2005. Bird strike and electrocutions at power lines, communication towers, and wind turbines: state of the art and state of the science - next steps toward mitigation. En: *Conservation implementation and integration in the Americas: proceedings of the third international partners in flight conference*. R.C. John y R. Terrell (eds.). Department of Agriculture, Forest Service, Albany, pp. 1051-1064.
- McMichael, A.J., R.E. Woodruff y S. Hales. 2006. Climate change and human health: present and future risks. *The Lancet* 367(9513):859-869.
- Navarro, A.G., A. Townsend Peterson y A. Gordillo-Martínez. 2003. Museums working together: the atlas of the birds of Mexico. *Bulletin of The British Ornithologists' Club* 123(A):207-225.
- Orloff, S. y A. Flannery. 1992. *Wind turbine effects on avian activity, habitat use and mortality in Altamont Pass and Solano County wind resources areas 1989-1991*. California Energy Commission/Bio-Systems Analysis, California.
- Percival, S.M. 1997. Predicting the effect of wind farm on birds in the UK: the development of an objective assessment method. En: *Bird and wind farm, risk assessment and mitigation*. M. de Lucas, E.E. Guyonne, J. Ferrer y M. Ferrer (eds.). Quercus, España, pp. 137-152.
- Piorkowski, M.D. y T.J. O'Connell. 2010. Spatial pattern of summer bat mortality from collisions with wind turbines in mixed-grass prairie. *The American Midland Naturalist* 164(2):260-269.
- Rioux, S., J.P.L. Savard y A.A. Gerick. 2013. Avian mortalities due to transmission line collisions: a review of current estimates and field methods with an emphasis on applications to the Canadian electric network. *Avian Conservation and Ecology* 8(2):7.
- SENER. Secretaría de Energía. 2012. *Prospectiva del sector eléctrico 2012-2016*. SENER, México.
- Smallwood, K.S. 2013. Comparing bird and bat fatality-rate estimates among North American wind-energy projects. *Wildlife Society Bulletin* 37:19-33.
- Strickland, M.D., E.B. Arnett, W.P. Erickson *et al.* 2011. *Comprehensive guide to studying wind energy/wildlife interactions*. Prepared for the National Wind Coordinating Collaborative, Washington.
- Tellería, J.L. 2009. Potential impacts of the wind farm on migratory crossing Spain. *Bird Conservation International* 19(2):131-136.
- Townsend, A.R., R.W. Howarth, F.A. Bazzaz *et al.* 2003. Human health effects of a changing global nitrogen cycle. *Frontiers in Ecology and the Environment* 1:240-246.
- Villegas-Patracá, R., S.A. Cabrera-Cruz y L. Herrera-Alsina. 2014. Soaring migratory birds avoid wind farm in the Isthmus of Tehuantepec, Southern Mexico. *PLoS ONE* 9(3):e92462.
- Zimmerling, J.R., A.C. Pomeroy, M.V. d'Entremont y C.M. Francis. 2013. Canadian estimate of bird mortality due to collisions and direct habitat loss associated with wind turbine developments. *Avian Conservation and Ecology* 8(2):10.



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Mico de noche (*Potos flavus*). Foto: Elí García Padilla/Banco de imágenes CONABIO.

Mamíferos silvestres terrestres

Francisco Javier Botello López, Lázaro Guevara López y Emma Inés Villaseñor Sánchez

Descripción

Los mamíferos se caracterizan por el desarrollo y la especialización de los dientes, la presencia de glándulas mamarias productoras de leche para alimentar a sus crías, la aparición de pelo en al menos una etapa de su vida, así como la capacidad para mantener una temperatura corporal constante (homeotermas), lo cual ha sido clave para que hayan logrado habitar casi cada rincón del planeta (ya sea el mar, la superficie terrestre o el subsuelo, y el aire). Estos organismos constituyen uno de los grupos biológicos más estudiados y conocidos en el planeta (Rowe 1988), probablemente debido a que los humanos forman parte de él (MacDonald 2009, Merritt 2010).

Revisión bibliográfica

Con la finalidad de contar con un listado actualizado de los mamíferos en el estado, se realizó una revisión de los trabajos académicos llevados a cabo en los últimos 24 años, donde se incluyeron artículos de revistas académicas publicados entre 1994 y 2014, y actualizado a 2018. Las publicaciones relevantes fueron identificadas a través de una búsqueda avanzada de Google Académico. Se seleccionó este motor de búsqueda porque, a diferencia de otros, abarca publicaciones en español, en las que es más probable encontrar estudios exclusivos en el estado, y permite acceder a una gran cantidad de publicaciones de alta relevancia, así como textos completos mediante los enlaces a bibliotecas específicas.

Como resultado, se obtuvieron 123 trabajos (apéndice 43), de los cuales 76 (62%) corresponden a estudios sobre diversidad y distribución; 32 (26%) a estudios sobre ecología; y 15 (12%) a estudios sobre conservación de especies o uso y conocimiento local. Respecto a nuevos registros para el estado, de los 125 artículos, 8 de ellos refieren especies que no estaban documentadas previamente en Oaxaca. Además, se encontraron 32 tesis de licenciatura y posgrado (apéndice 44), de las cuales 10 corresponden a estudios sobre diversidad; 14 a estudios sobre ecología y 8 a estudios sobre conservación u otros temas.

Diversidad y distribución

Los mamíferos incluyen 157 familias, 1 230 géneros y 5 750 especies vivientes distribuidas por casi todo el planeta (Wilson y Reeder 2011). México cuenta con alrededor de 560 especies (Ceballos y Arroyo-Cabrales 2012, Sánchez-Cordero *et al.* 2014) y junto con Brasil e Indonesia es uno de los países con la mayor riqueza de mamíferos en todo el mundo (Ceballos *et al.* 2002). En gran parte, esto es el resultado de los cambios climáticos ocurridos durante el Pleistoceno y el Holoceno temprano que promovieron la diversificación de especies (Ceballos *et al.* 2010).

La mayor diversidad en el país se concentra en Oaxaca, Chiapas, Jalisco, Veracruz, Michoacán y San Luis Potosí (Retana y Lorenzo 2002, Llorente-Bousquets y Ocegueda 2008, Sánchez-Cordero *et al.* 2014). El territorio oaxaque-

ño alberga una proporción extraordinariamente alta de la diversidad biológica del país y uno de sus componentes biológicos más diversos lo conforman los mamíferos terrestres (Uribe y Arita 1998, Briones-Salas y Sánchez-Cordero 2004, Sánchez-Cordero *et al.* 2014).

Con base en la información contenida en el Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB), la consulta reciente de colecciones biológicas, bases de datos y literatura especializada (Briones-Salas y Sánchez-Cordero 2004, Pérez-Lustre *et al.* 2006, Carraway 2007, Bradley *et al.* 2008, García-García *et al.* 2009, Santos-Moreno y Ruiz-Velásquez 2011, Buenrostro-Silva *et al.* 2012, Cervantes y Riveros-Lara 2012, Kraker-Castañeda *et al.* 2013, Moreno 2014, Briones-Salas *et al.* 2015), se presenta información actualizada a partir del último estudio de biodiversidad de Oaxaca, en donde se hace referencia a la presencia de 190 especies de mamíferos terrestres en el estado (Briones-Salas y Sánchez-Cordero 2004).

En la entidad se reporta la presencia de 222 especies de mamíferos (incluido el lobo mexicano, *Canis lupus*, a pesar de estar probablemente extinto en vida silvestre; apéndice 45). En la presente lista se consideran exclusivamente a los mamíferos silvestres terrestres (voladores y no voladores), por lo que no se incluyen a los mamíferos marinos (véase *Mamíferos marinos en aguas costeras: riqueza y perspectiva*, en esta obra). Este número de especies ubica a la entidad en el primer lugar a nivel nacional en cuanto a la diversidad dentro de esta división taxonómica, con un total mayor que el esperado dada su extensión territorial (5% del territorio nacional; Uribe y Arita 1998).

Los grupos de mamíferos mejor representados en el estado son los murciélagos (102 especies, 46%), los roedores (63, 28%) y los carnívoros (23, 10%). Adicionalmente, Oaxaca es la entidad del país con mayor número de musarañas, con 12 especies que representan el 33% del total nacional (Guevara *et al.* 2015).

En cuanto a endemismos, Oaxaca alberga 14 especies endémicas al estado: *Cryptotis magnus*, *C. peregrinus*, *C. phillipsii*, *Lepus flavigularis*, *Orthogeomys cuniculus*, *Microtus oaxacensis*, *M. umbrosus*, *Habromys chinanteco*, *H. ixtlani*, *H. lepturus*, *Megadontomys cryophilus*, *Peromyscus melanocarpus*, *P. melanurus* y *Rheomys mexicanus*. Los grupos con el mayor número de especies endémicas son los roedores y las musarañas. Destaca el caso de la liebre de Tehuantepec (*Lepus flavigularis*) por

ser el mamífero endémico al estado de mayor talla, con un peso promedio de 2 kg (Carrillo-Reyes *et al.* 2010).

Con base en la revisión realizada, se considera necesario corroborar la presencia actual de algunas especies que no han sido registradas desde hace décadas o que no cuentan con registros confirmados en el estado, como en los casos de la musaraña *Megasorex gigas* y el roedor *Osgoodomys banderanus* (éste último no incluido en el listado presentado en este trabajo). Gracias al incremento reciente en el estudio de los mamíferos en la entidad, aún se siguen encontrando especies en sitios donde previamente no existían registros (Carraway 2007, Botello *et al.* 2005, 2006a, b, 2014, Botello 2017), incluso algunas tan grandes como el tapir centroamericano (*Tapirella bairdii*, figura 1; Lavariaga *et al.* 2013, Botello *et al.* 2014).

Se analizó la distribución de más de 25 mil registros de mamíferos para el estado: de los 570 municipios, 460 cuentan con menos de 20 registros de colecta (figura 2). Cabe señalar que las localidades de colecta no indican estrictamente las zonas con mayor riqueza de mamíferos, sino que podrían señalar en cuáles lugares se han dirigido mayores esfuerzos de colecta e investigación (figura 2). Por ello, se espera que aún falte por documentar una parte importante de la diversidad y distribución real de los mamíferos oaxaqueños.

Importancia

Los mamíferos brindan beneficio cultural, ecológico y económico al ser humano: muchos proporcionan comida y vestido, otros polinizan y dispersan semillas o contribuyen al control biológico de plagas (Sánchez-Hernández *et al.* 2005, Retana-Guiascón y Navarrijo-Ornelas 2012, Flores-Manzanero *et al.* 2013).

En Oaxaca, como en otras partes del país, la cacería de subsistencia ha sido una actividad importante, ya que incluso puede llegar a ser la principal fuente de proteína animal en algunas comunidades (Uribe y Arita 1998, Naranjo *et al.* 2010). Los zapotecos de Sierra Norte utilizan mamíferos silvestres con fines comestibles, medicinales o incluso como mascotas, y algunas personas comúnmente los relacionan con el nahualismo (transformación de ser humano a animal) y la brujería (Contreras-Díaz y Pérez-Lustre 2008). En la región Mixteca, el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) es cazado para alimento o mercancía; además, existen relatos y creencias entre los pobladores que afirman que en el monte existen seres



Figura 1. Registro de tapir centroamericano (*Tapirella bairdii*) en la Sierra Mixe, Oaxaca. Foto: F. Botello y Jhovani Sánchez.

mágicos denominados chaneques, quienes se encargan de cuidar a los venados (Flores-Manzanero *et al.* 2013).

Otros mamíferos que suelen ser consumidos como carne de monte en el estado son el jabalí (*Dicotyles tajacu*), el temazate (*Mazama temama*), el armadillo (*Dasypus novemcinctus*), los conejos (género *Sylvilagus*), el tepezcuintle (*Cuniculus paca*) y otros roedores de menor tamaño (Lavariaga *et al.* 2012, Flores-Manzanero *et al.* 2013). Cabe mencionar que de acuerdo con la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), las especies que se pueden aprovechar en Oaxaca son los conejos (*Sylvilagus audobonii* y *S. floridanus*), el coyote (*Canis latrans*), el mapache (*Procyon lotor*), el tejón o coatí (*Nasua narica*), el tlacuache (*Didelphis marsupialis*), el venado cola blanca y el venado temazate. Para casi todas ellas, sólo está permitida su caza durante tres meses establecidos del año.

Amenazas y estado de conservación

La destrucción de los hábitats, la cacería ilegal, la introducción de especies exóticas, la contaminación y el cambio climático actual han incrementado el número de especies de mamíferos que se encuentran amenazadas o

en peligro de extinción a una tasa sin precedentes (Ceballos 2007).

De las 222 especies reportadas en el presente trabajo, 53 se encuentran en alguna categoría de riesgo de acuerdo con la NOM-059 (SEMARNAT 2010): 24 amenazadas, 18 sujetas a protección especial y 11 en peligro de extinción. De éstas, los órdenes con mayor número de especies en alguna categoría de riesgo son Chiroptera (murciélagos, 18 especies), Rodentia (roedores, 14), y Carnivora (carnívoros, 9). En Oaxaca también se encuentra la liebre de Tehuantepec, considerada la especie de liebre más amenazada en todo el continente (Lorenzo *et al.* 2006); afortunadamente, diversos y continuos esfuerzos de investigación han contribuido a mejorar su situación (Farías *et al.* 2006, Lorenzo *et al.* 2008, Carrillo-Reyes *et al.* 2010).

Se estima que casi una tercera parte de la diversidad de mamíferos en el mundo está amenazada como consecuencia de la pérdida o fragmentación del hábitat (UICN 2010). Los bosques mesófilos de montaña (BMM) son un caso especial por albergar cerca del 50% de las especies de mamíferos de México y un alto número de endemismos (González-Ruiz *et al.* 2014). Las especies que se conocen únicamente de los BMM en el estado son las musarañas *Cryptotis magnus*, *C. peregrinus* y

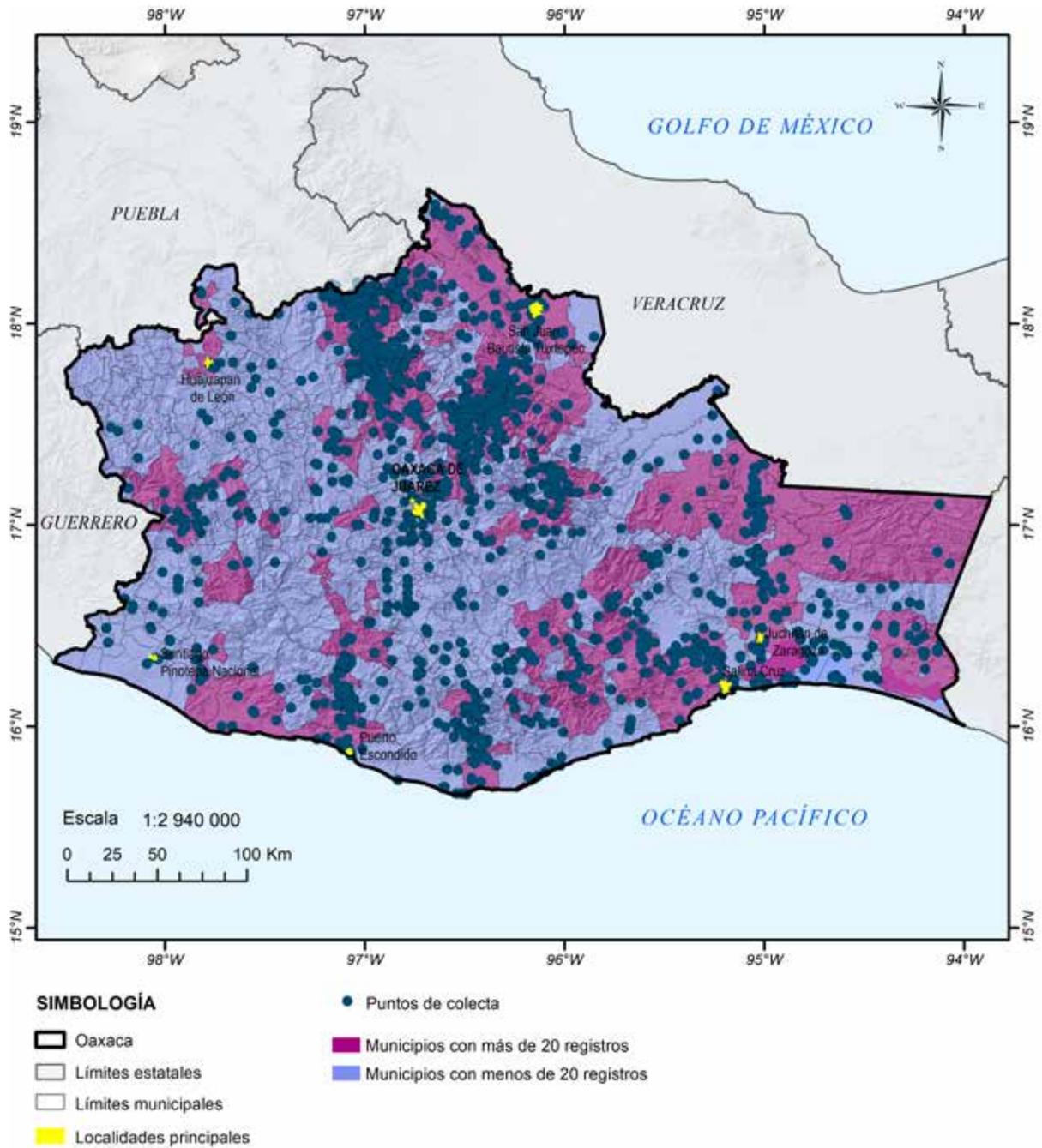


Figura 2. Distribución de registros de mamíferos. Fuente: elaboración propia con base en SNIB-CONABIO, Colección de Fococlectas Biológicas del Instituto de Biología-UNAM, Botello *et al.* 2017.

C. phillipsii, y los roedores *Habromys chinanteco*, *Megadontomys cryophilus*, *Microtus oaxacensis*, *M. umbrosus*, *Peromyscus melanocarpus* y *P. melanurus* (González-Ruiz *et al.* 2014, Guevara y Cervantes 2014).

El BMM es uno de los ecosistemas más amenazados del país, debido a que ha perdido 41.1% de su cobertura original (Challenger y Soberón 2008). Al sumar la presión que ahora ejerce el cambio climático sobre este ecosistema (Ponce-Reyes *et al.* 2012), las especies mencionadas podrían enfrentar el mayor riesgo de extinción dentro de los mamíferos oaxaqueños durante el presente siglo.

Conclusión y recomendaciones

Oaxaca tiene el privilegio de albergar a una biodiversidad extraordinariamente alta de mamíferos silvestres. El desarrollo cultural y económico de muchas comunidades oaxaqueñas ha estado ligado a los mamíferos silvestres. Lamentablemente, el cambio global ha incrementado el grado de amenaza de un gran número de especies, muchas de ellas que sólo habitan dentro del territorio oaxaqueño.

Tradicionalmente, se ha privilegiado la conservación de las especies más carismáticas o con mayor uso por el ser humano; sin embargo, de unos años al presente existe un enfoque que también intenta dirigir los esfuerzos de conservación sobre las poblaciones o especies que están más diferenciadas genética y ecológicamente (Ceballos y Ehrlich 2009, Faith *et al.* 2010). De esta forma, sería posible conservar el potencial de adaptación de las poblaciones o especies al cambio global acelerado. Siguiendo esta lógica, urge continuar con estudios que evalúen el estado actual de las poblaciones, sus requerimientos ecológicos y dinámicas demográficas, tal como ha ocurrido con especies seriamente amenazadas como la liebre de Tehuantepec en la región Istmo (Cervantes y Yépez 1995, Lorenzo *et al.* 2006, 2008, Carrillo-Reyes *et al.* 2010).

Referencias

Botello, F., P. Illoldi, M. Linaje *et al.* 2005. Nuevos registros del tepezcuintle (*Agouti paca*) para el norte del estado de Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 76:103-105.

Aún se requieren descripciones detalladas de diversas especies de roedores, murciélagos y musarañas, y una actualización constante de los inventarios regionales con el respaldo del trabajo en colecciones biológicas con la intención de llenar vacíos de información que aún existen en zonas poco exploradas del estado (Reid 1997, Hortelano-Moncada *et al.* 2009, González-Ruiz *et al.* 2014). Para lograr la conservación de los mamíferos y de la biodiversidad en general, también son necesarias las acciones de manejo y protección, basadas en el monitoreo continuo y robusto, tales como el establecimiento de zonas de conservación, el aprovechamiento sustentable a través de las unidades de manejo para la conservación de la vida silvestre (UMA) y la resolución de conflictos con actividades humanas (p.e. conflicto felino-ganado, a través diversas estrategias integrales; Inskip y Zimmermann 2009).

Por el bien de cada habitante de este planeta, las instituciones gubernamentales, civiles, académicas y la sociedad en general, deben tomar la responsabilidad de asegurar la sobrevivencia de los mamíferos en el estado.

Agradecimientos

Este trabajo utilizó información generada durante más de cinco años por medio de monitoreo participativo de la biodiversidad en Oaxaca, por lo que se agradece en particular a Jhovani Sánchez, Omar Hernández y a todo el equipo de CONBIODES A.C., así como a cerca de 130 participantes de los comités de monitoreo participativo que colaboran con los autores en más de 20 núcleos agrarios del estado. Agradecemos también el apoyo del Dr. Víctor Sánchez Cordero para el acceso a información y material del Instituto de Biología-UNAM, así como al Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza A.C., el principal financiador de los esfuerzos de monitoreo participativo mencionados.

Botello, F., J.M. Salazar, P. Illoldi-Rangel *et al.* 2006a. Primer registro de la nutria neotropical de río (*Lontra longicaudis*) en la Reserva de la Biosfera de Tehuacán-Cuicatlán, Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 77:133-135.

- Botello, F., P. Illoldi-Rangel, M. Linaje y V. Sánchez-Cordero. 2006b. Primer registro del tigrillo (*Leopardus wiedii*, schinz 1821) y del gato montés (*Lynx rufus*, kerr 1792) en la Reserva de la Biosfera de Tehuacán-Cuicatlán, Oaxaca, México. *Acta Zoológica Mexicana* nueva serie 22(1):135-139.
- Botello, F., J. Sánchez, O. Hernández et al. 2014. Nuevos registros del tapir centroamericano (*Tapirus bairdii*) en la Sierra Mixe, Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85:995-999.
- Botello, F., J. Sánchez, A. Romero y V. Sánchez-Cordero, 2017. Ecología poblacional y conservación de *Tapirus bairdii* en la Sierra Mixe, Oaxaca. Bases de datos SNIB-CONABIO proyecto LE005. Conservación Biológica y Desarrollo Social A.C./Instituto de Biología-UNAM, Ciudad de México.
- Bradley, R.D., D.D. Henson y N.D. Durish. 2008. Re-evaluation of the geographic distribution and phylogeography of the *Sigmodon hispidus* complex based on mitochondrial DNA sequences. *The Southwestern Naturalist* 53:301-310.
- Briones-Salas, M.A. y V. Sánchez-Cordero. 2004. Mamíferos. En: *Biodiversidad de Oaxaca*. A.J. García-Mendoza, M.J. Ordoñez y M. Briones-Salas (eds.). Instituto de Biología-UNAM/Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza/WWF, México, pp. 423-447.
- Briones-Salas, M., M. Cortés-Marcial y M.C. Lavariega. 2015. Diversidad y distribución geográfica de los mamíferos terrestres del estado de Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 86:685-710.
- Buenrostro-Silva, A., M. Antonio-Gutiérrez y J. García-Grajales. 2012. Mamíferos del Parque Nacional Lagunas de Chacahua y La Tuza de Monroy, Oaxaca, México. *Acta Zoológica Mexicana* 28:56-72.
- Carraway, L. 2007. Shrews (Eulipotyphla: Soricidae) of Mexico. *Monographs of the Western North American Naturalist* 3:1-91.
- Carrillo-Reyes, A., C. Lorenzo, E.J. Naranjo et al. 2010. Home range dynamics of the Tehuantepec Jackrabbit in Oaxaca, Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 81:143-151.
- Ceballos, G. 2007. Conservation priorities for mammals in megadiverse Mexico: the efficiency of reserve networks. *Ecological Applications* 17:569-578.
- Ceballos, G. y J. Arroyo-Cabrales. 2012. Lista actualizada de los mamíferos de México 2012. *Revista Mexicana de Mastozoología* nueva época 2:27-80.
- Ceballos, G., J. Arroyo-Cabrales y R. Medellín. 2002. Mamíferos de México. En: *Diversidad y conservación de los mamíferos neotropicales*. G. Ceballos y J. Simonetti (eds.). CONABIO/UNAM, México, pp. 377-413.
- Ceballos, G., J. Arroyo-Cabrales y E. Ponce. 2010. Effects of Pleistocene environmental changes on the distribution and community structure of the mammalian fauna of Mexico. *Quaternary Research* 73:464-473.
- Ceballos, G. y P.R. Ehrlich. 2009. Discoveries of new mammal species and their implications for conservation and ecosystem services. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106:3841-3846.
- Cervantes, F.A. y L. Yépez. 1995. Species richness of mammals from the vicinity of Salina Cruz, coastal Oaxaca, México. *Anales del Instituto de Biología-UNAM* serie zoología 66:113-122.
- Cervantes, F.A. y B. Riveros-Lara. 2012. Mamíferos del municipio de Cosoltepec, Oaxaca, México. *Therya* 3:311-325.
- Challenger, A. y J. Soberón. 2008. Los ecosistemas terrestres. En: *Capital natural de México, vol. 1: Conocimiento actual de la biodiversidad*. CONABIO, México, pp. 87-108.
- Contreras-Díaz, R.G. y M. Pérez-Lustre. 2008. Etnoecología de mamíferos silvestres y los zapotecos del municipio de Santiago Camotlán, Villa Alta, Oaxaca. *Etnobiología* 6:56-67.
- Faith, D., S. Magallón, A. Hendry et al. 2010. Ecosystem services: an evolutionary perspective on the links between biodiversity and human well-being. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 2:1-9.
- Farías, V., T.K. Fuller, F.A. Cervantes y C. Lorenzo. 2006. Home range and social behavior of the endangered Tehuantepec jackrabbit (*Lepus flavigularis*) in Oaxaca, Mexico. *Journal of Mammalogy* 87:748-756.
- Flores-Manzanero, A., G.E. González-Pérez, M.A. Vásquez-Dávila y G. Manzanero-Medina. 2013. Conocimiento y usos de *Odocoileus virginianus* en Santo Domingo Tonalá, Oaxaca. *Therya* 4:103-112.
- García-García, J.L., A. Santos-Moreno, A. Cruz-Hernández y M. Pérez-Lustre. 2009. Murciélagos de La Ventosa, Oaxaca, México: comparación entre el muestreo convencional y el muestreo acústico. *Naturaleza y Desarrollo* 7:19-29.
- González-Ruiz, N., J. Ramírez-Pulido y M. Gual-Díaz. 2014. Mamíferos del bosque mesófilo de montaña en México. En: *Bosques mesófilos de montaña de México: diversidad, ecología y manejo*. M. Gual-Díaz y A. Rendón-Correa (comps.). CONABIO, México, pp. 305-326.
- Guevara, L. y F.A. Cervantes. 2014. Molecular systematics of small-eared shrews (Soricomorpha, Mammalia) within *Cryptotis mexicanus* species group from Mesoamérica. *Acta Theriologica* 59:233-242.
- Guevara, L., F.A. Cervantes y V. Sánchez-Cordero. 2015. Riqueza, distribución y conservación de los topos y las musarañas (Mammalia, Eulipotyphla) de México. *Therya* 6:43-68.
- Hortelano-Moncada, Y., F.A. Cervantes y A. Trejo-Ortiz. 2009. Mamíferos silvestres de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel en Ciudad Universitaria, Universidad Nacional Autónoma de México, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 80:507-520.
- Inskip, C. y A. Zimmermann. 2009. Human-felid conflict: a review of patterns and priorities worldwide. *Oryx* 43(1):18-34.
- Kraker-Castañeda, C., A. Santos-Moreno y J.L. García-García. 2013. Riqueza de especies y actividad relativa de murciélagos insectívoros aéreos en una selva tropical y pastizales en Oaxaca, México. *Mastozoología Neotropical* 20:255-267.

- Lavariega, M.C., M. Briones-Salas y R.M. Gómez-Ugalde. 2012. Mamíferos medianos y grandes de la Sierra de Villa Alta, Oaxaca, México. *Mastozoología Neotropical* 19:225-241.
- Lavariega, M.C., M. Briones-Salas y C. Rodríguez. 2013. Registro de tapir centroamericano (*Tapirus bairdii*) con cámaras-trampa en la sierra Madre de Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 84(3):1007-1011.
- Llorente-Bousquets, J. y S. Ocegüera. 2008. Estado del conocimiento de la biota. En: *Capital natural de México, vol. 1: Conocimiento actual de la biodiversidad*. CONABIO, México, pp. 283-322.
- Lorenzo, C., F.A. Cervantes, F. Barragán y J. Vargas. 2006. New records of the endangered Tehuantepec jackrabbit (*Lepus flavigularis*) from Oaxaca, Mexico. *The Southwestern Naturalist* 51:116-119.
- Lorenzo, C., T. Rioja, A. Carrillo y F.A. Cervantes. 2008. Population fluctuations of *Lepus flavigularis* (Lagomorpha: Leporidae) at Tehuantepec isthmus, Oaxaca, México. *Acta Zoológica Mexicana nueva serie* 24:207-220.
- MacDonald, D.W. 2009. *The Princeton encyclopedia of mammals*. Princeton, Nueva Jersey.
- Merritt, J.F. 2010. *The biology of small mammals*. Johns Hopkins University, Baltimore.
- Moreno, A.S. 2014. Los mamíferos de Oaxaca. *Revista Mexicana de Mastozoología nueva época* 4:18-32.
- Naranjo, E., J. López-Acosta y R. Dirzo. 2010. La cacería en México. *Biodiversitas* 91:6-10.
- Pérez-Lustre, M., R.G.C. Díaz y A.S. Moreno. 2006. Mamíferos del bosque mesófilo de montaña del municipio de San Felipe Usila, Tuxtepec, Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Mastozoología nueva época* 10:29-40.
- Ponce-Reyes, R., V.H. Reynoso-Rosales, E.M. Watson *et al.* 2012. Vulnerability of cloud forest reserves in Mexico to climate change. *Nature Climate Change* 2:448-452.
- Reid, F. 1997. *A field guide to the mammals of Central America and southeast Mexico*. Oxford University Press, Nueva York.
- Retana, O. y C. Lorenzo. 2002. Lista de los mamíferos terrestres de Chiapas: endemismo y estado de conservación. *Acta Zoológica Mexicana nueva serie* 85:25-49.
- Retana-Guiascón, O.G. y M.L. Navarrijo-Ornelas. 2012. Los valores culturales de los murciélagos. *Revista Mexicana de Mastozoología nueva época* 2:18-26.
- Rowe, T. 1988. Definition, diagnosis, and origin of Mammalia. *Journal of Vertebrate Paleontology* 8:241-264.
- Sánchez-Cordero, V., F. Botello, J.J. Martínez *et al.* 2014. Biodiversidad de Chordata (Mammalia) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad Supl.* 85:S496-S504.
- Sánchez-Hernández, C., M. Romero-Almaraz y C. García-Estrada. 2005. Mamíferos. En: *Biodiversidad del Estado de Tabasco*. F. Bueno, F. Álvarez y S. Santiago (eds.). Instituto de Biología-UNAM/CONABIO, México, pp. 283-304.
- Santos-Moreno, A. y E. Ruiz-Velásquez. 2011. Diversidad de mamíferos de la región de Nizanda, Juchitán, Oaxaca, México. *Therya* 2:155-168.
- 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. Última reforma publicada el 14 de noviembre de 2019.
- UICN. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. 2010. *Recursos*. En: <<http://www.iucn.org/es/>>, última consulta: 11 de enero de 2011.
- Uribe, J. y H. Arita. 1998. Distribución, diversidad y conservación de los mamíferos de importancia cinegética en México. *Acta Zoológica Mexicana nueva serie* 75:47-71.
- Wilson, D.E. y D.M. Reeder. 2011. Class Mammalia Linnaeus, 1758. *Zootaxa* 3148:56-60.



Ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) en la costa de Oaxaca. Foto: Salomón Torres Santiago/CONABIO/Mosaico Natura.

Mamíferos marinos en aguas costeras: riqueza y perspectiva

Hiram Rosales Nanduca y Sandra Elizabeth Smith Aguilar

Introducción

La riqueza biológica de Oaxaca tiene su raíz en una historia geológica que produjo uno de los conjuntos de paisajes más variados del país (Centeno-García 2004). En el estado se encuentra al menos 40% de las especies conocidas de la flora nacional (únicamente considerando plantas vasculares; García-Mendoza *et al.* 2004) y ha sido escenario fundamental en el proceso de domesticación y diversificación de plantas como el maíz y frijol (García-Mendoza *et al.* 2004, Chacón Sánchez 2009, Sarukhán *et al.* 2009).

Esta biodiversidad se extiende así hasta los conocimientos y prácticas de uso y manejo de la naturaleza, transmitidos en las más de 150 lenguas de 16 grupos indígenas que ocupan el territorio estatal, destacándolo por su patrimonio biocultural¹ (De Ávila Blomberg 2004, Caballero *et al.* 2004, Ramos-Elorduy y Pino Moreno 2004, Boege 2008, Lazos y Chauvet 2011). Parece irónico entonces que esta riqueza vaya acompañada de uno de los índices de pobreza más altos del país, con 20.6% de la población viviendo en condiciones de pobreza extrema (CONEVAL 2020).

La guelaguetza de la biodiversidad oaxaqueña (Galindo-Leal 2004) no se limita a sus 93 793.33 km² de superficie emergida, pues cuenta con 568 km de costa que le abren paso a las aguas del océano Pacífico tropical y su universo natural (De la Lanza Espino 1991, INEGI 2011).

Sin embargo, el conocimiento de los ambientes costeros y marinos en el estado es limitado en comparación con sus ecosistemas terrestres. Aun así, la revisión de Bastida-Zavala *et al.* (2013) reporta al menos 2 157 especies distintas de algas y animales en las costas de la entidad. Todas ellas interactúan con las comunidades humanas ribereñas, particularmente a través de la pesca y el turismo costero (Wilkinson *et al.* 2009, Gillet 2010).

El presente trabajo busca contribuir al conocimiento de la diversidad de mamíferos marinos que utilizan la zona económica exclusiva frente a las costas oaxaqueñas (ZEE-OAX²). La ZEE-OAX se extiende 370.4 km (200 millas náuticas) mar adentro desde la línea de costa y se eligió para demarcar el estudio, debido a que delimita el área dentro de la cual México tiene soberanía sobre el subsuelo, fondo marino, aguas y espacio aéreo (INEGI 2011). Por lo tanto, ésta es la zona de mayor injerencia de las políticas y acciones nacionales y estatales sobre los mamíferos marinos y los ecosistemas de los que forman parte.

Mediante una revisión bibliográfica y de bases de datos públicas de registros de mamíferos marinos, complementada con comunicación directa con investigadores (incluyendo a miembros del Comité de Varamientos y Medicina Veterinaria de la Sociedad Mexicana de Mastozoología Marina A.C.), se agregaron cuatro especies (*Arctocephalus galapagoensis*, *Balaenoptera physalus*, *Kogia breviceps* y *Physeter macrocephalus*) al listado previo más reciente (Villegas-Zurita *et al.* 2018), y se eliminó

¹ De acuerdo con Boege (2008), el patrimonio biocultural está conformado por los recursos naturales bióticos intervenidos en distintos gradientes de intensidad por el manejo diferenciado y uso, de acuerdo con los patrones culturales, los agroecosistemas tradicionales y la diversidad biológica domesticada con sus respectivos recursos fitogenéticos desarrollados y adaptados localmente.

² Para propósitos de este estudio, la ZEE-OAX se delimitó entre las coordenadas extremas 12.309° N y 16.182° N, y 94.120° O y 98.730° O.

el único registro reportado de *Globicephala macrorhynchus* por falta de sustento. Con ello, la evidencia aquí documentada indica una riqueza de 24 especies para Oaxaca, incluyendo representantes de los órdenes Cetacea y Carnivora. El delfín moteado (*Stenella attenuata*), la ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) y la tonina (*Tursiops truncatus*) fueron las especies con mayor número de registros. Las tres especies fueron registradas principalmente en zonas a menos de 50 km de la costa, las cuales son más susceptibles al efecto de las actividades humanas. La falta de información sobre los patrones espacio-temporales de riqueza y distribución de las especies a nivel local, y los posibles procesos de diferenciación poblacional, resaltan la necesidad de enfocar esfuerzos de investigación en la zona, particularmente con las especies más abundantes.

Contexto ambiental

Las aguas de la ZEE-OAX forman parte del océano Pacífico oriental tropical (De la Lanza Espino 1991). En términos ecogeográficos, la zona se encuentra en la frontera de dos regiones ecológicas que se distinguen por la influencia principal de corrientes marinas distintas, así como por sus características topográficas (figura 1; Lara-Lara *et al.* 2008).

Pacífico Transicional Mexicano (EPTM) y Pacífico Centroamericano (EPC)

Al oeste se encuentra la ecorregión del Pacífico Transicional Mexicano, la cual marca el límite sureño de la corriente de California. Esta corriente aporta aguas frías en invierno y durante el verano gira hacia el oeste, abriéndole paso a las aguas cálidas transportadas por la corriente del oeste mexicano (Kessler 2006, Wilkinson *et al.* 2009). Lo anterior, propicia variabilidad estacional, que en invierno genera condiciones oceanográficas de tipo subtropical, con alta productividad. Esto permite sostener diversas pesquerías como la captura industrial de túnidos y camarón, así como la pesca artesanal de peces demersales y tiburón (Wilkinson *et al.* 2009, Fernández *et al.* 2011). En el verano las condiciones son de tipo tropical por efecto de la corriente del oeste mexicano (Lara-Lara *et al.* 2008).

La EPTM presenta una plataforma continental angosta (10-15 km). En su frontera sureste, la región se extiende mar adentro y llega hasta la cresta de Tehuantepec, donde se marca el inicio de la ecorregión del Pacífico Centroamericano. Esta última, con una plataforma continental más ancha, cubre la porción oriental de la costa oaxaqueña, donde se ubica el golfo de Tehuantepec.

La EPC se comporta como un mar tropical poco productivo gran parte del año, recibiendo aguas cálidas de la corriente de Costa Rica. En invierno, el efecto de los vientos tehuanos que provienen del golfo de México fomenta una surgencia que eleva la productividad en el golfo de Tehuantepec y enriquece también las aguas mar adentro. Junto con el aporte de las lagunas costeras adyacentes, esto da lugar a un ecosistema que permite sostener importantes pesquerías, destacando la del camarón (Cervantes Hernández *et al.* 2006).

A lo largo del litoral oaxaqueño, las dos ecorregiones se pueden dividir en ocho subregiones, que por sus características oceanográficas y topográficas representan diferentes ambientes para los organismos marinos (figura 2; Wilkinson *et al.* 2009).

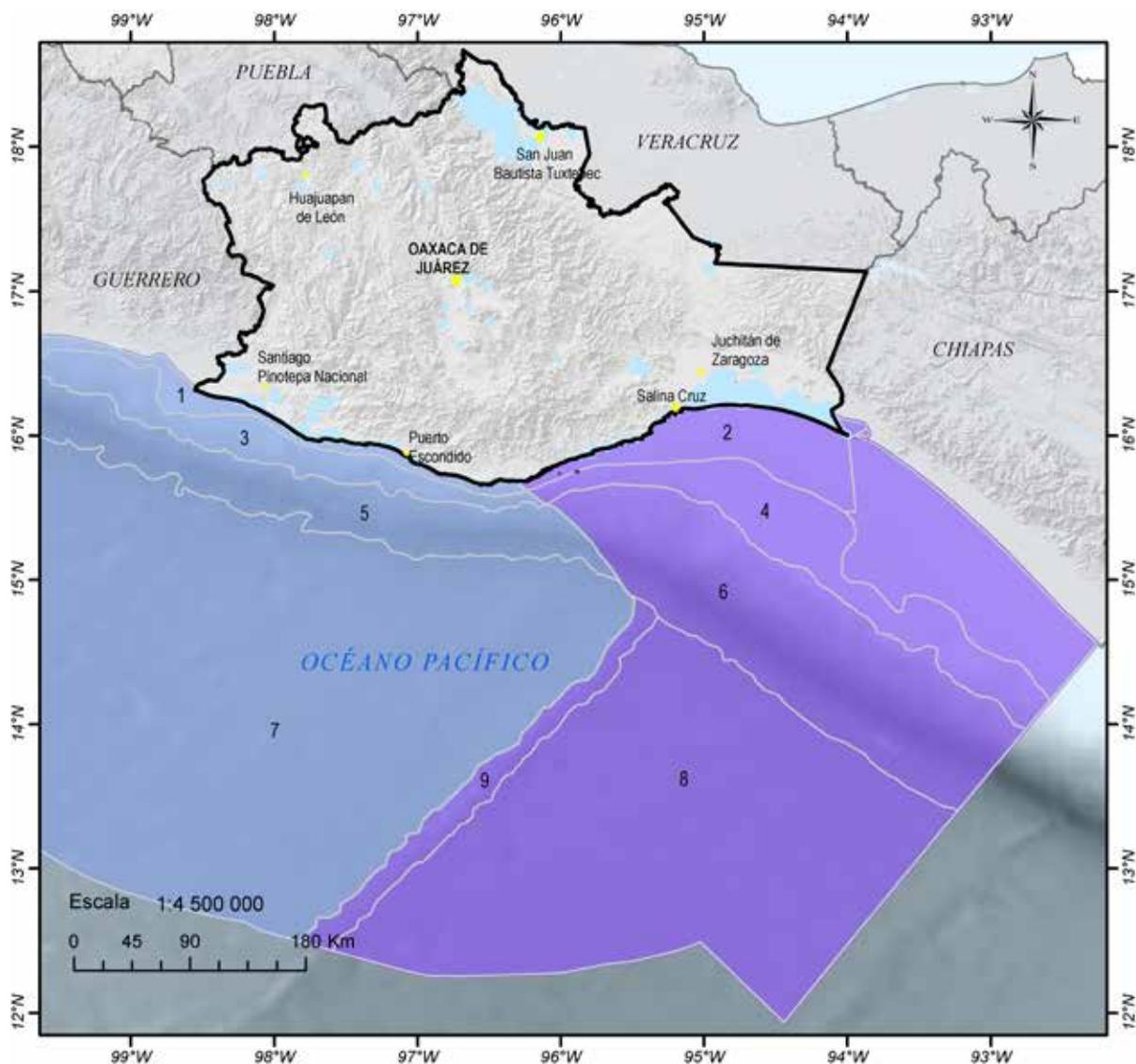
Diversidad y distribución

Se ha propuesto que a lo largo del océano Pacífico mexicano se pueden encontrar hasta 45 especies de mamíferos marinos pertenecientes a 3 órdenes, 12 familias y 32 géneros, lo que representa aproximadamente 40% del total mundial de especies (Aguayo-Lobo 1989, Aguayo-Lobo *et al.* 1992, Auriolos-Gamboa 1993, Salinas y Ladrón de Guevara 1993, Torres *et al.* 1995, Medrano González 2006). El trabajo de Rosales-Nanduca y colaboradores (2011) integra datos de avistamientos de mamíferos marinos de tres instituciones a lo largo de más de 20 años, donde se documenta la presencia confirmada de 37 de estas especies.

La diferencia entre el número de especies observado y esperado parece relacionarse con un sesgo estacional en el esfuerzo de búsqueda, ya que la mayoría de los datos utilizados por Rosales-Naduca y colaboradores (2011) corresponden con avistamientos entre los meses de julio a diciembre, y las especies no documentadas por ellos tienen origen en mares templados asociados con las aguas frías de la corriente de California



Figura 1. Zona económica exclusiva de México, donde se muestra la ubicación de las ecorregiones del Pacífico Transicional Mexicano y el Pacífico Centroamericano, que en conjunto conforman la región del Pacífico Tropical Mexicano. La zonificación corresponde con el nivel I de las ecorregiones marinas de acuerdo con Wilkinson y colaboradores (2009). Fuente: elaboración propia con base en CEC 2009.



SIMBOLOGÍA

- Oaxaca
 - Límites estatales
 - Localidades principales
 - Ecorregión del Pacífico Centroamericano (EPC)
 - Ecorregión del Pacífico Transicional Mexicano (EPTM)
- Subregiones ecológicas asociadas
1. Plataforma Continental (EPTM)
 2. Plataforma Continental (EPC)
 3. Talud (EPTM)
 4. Talud (EPC)
 5. Trinchera Mesoamericana (EPTM)
 6. Trinchera Mesoamericana (EPC)
 7. Planicie del Pacífico Transicional Mexicano
 8. Cuenca de Guatemala
 9. Cresta de Tehuantepec

Figura 2. Zona económica exclusiva frente a la costa oaxaqueña (ZEE-OAX), donde se ubican las ocho subregiones ecológicas asociadas. Las subregiones corresponden al nivel II de las ecorregiones marinas de acuerdo con Wilkinson y colaboradores (2009). Fuente: elaboración propia con base en CEC 2009.

(*Enhydra lutris*,³ *Eubalaena japonica*, *Lissodelphis borealis*, *Mesoplodon ginkgodens*, *M. perrini*, *M. stejnegeri*⁴ y *Phocoenoides dalli*; Medrano González 2006, Rosales-Nanduca 2011). Cabe mencionar que, si bien la presencia de estas especies es muy probable en la zona económica exclusiva del océano Pacífico mexicano, puede estar limitada a ciertos meses del año y a las zonas donde hay una mayor influencia de las aguas frías aportadas por la corriente de California.

Al igual que como sucede en el medio terrestre, la riqueza específica de mamíferos marinos del Pacífico mexicano se explica en gran medida por la heterogeneidad de hábitats disponibles para las especies (Lara-Lara *et al.* 2008). En el medio marino los ambientes diversos y cambiantes que influyen o determinan la distribución de las especies se conforman por algunos rasgos como los sistemas de corrientes, los cambios en la temperatura asociados con éstas y la variación en la profundidad (Tapia-García *et al.* 2007). Esto se constata en los patrones de distribución heterogénea de los mamíferos marinos en el Pacífico mexicano, que en algunos casos pueden ser discontinuos y explican la variación en riqueza específica entre diferentes zonas, al seguir gradientes tanto latitudinales como longitudinales (Rosales-Nanduca 2011, Rosales-Nanduca *et al.* 2011). Mientras que las aguas adyacentes al extremo sur de la península de Baja California son las de mayor riqueza de especies, el patrón contrario se observa en las zonas oceánicas del Pacífico mexicano (figura 3). Para el caso particular de Oaxaca, los resultados de Rosales-Nanduca (2011) indican que la ZEE-OAX tiene un valor intermedio de riqueza esperada y observada con respecto al resto del Pacífico mexicano (figura 3).

Hasta hace dos décadas, el conocimiento de la diversidad de mamíferos marinos en Oaxaca provenía fundamentalmente del trabajo de documentación realizado por el Laboratorio de Tortugas y Mamíferos Marinos de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México (FCMM-UNAM, actualmente Grupo de Mastozoología Marina de la UNAM). Esta información fue recopilada por Aguayo-Lobo y colaboradores (1992) y posteriormente revisada y complementada por Salinas y Ladrón de Guevara (1993). Dichos autores se basaron

principalmente en observaciones registradas durante navegaciones desarrolladas entre 1981 y 1985 en todo el Pacífico mexicano, incluyendo la ZEE-OAX.

Hasta el 2000 se dieron a conocer esfuerzos enfocados en la región por parte de grupos provenientes, principalmente, de la Universidad del Mar (UMAR), con el objetivo de documentar la mastofauna marina presente a lo largo de la costa central oaxaqueña. Para ello se han utilizado distintos métodos como navegación con embarcaciones menores, observación desde puntos fijos y registro de varamientos (Sánchez-Díaz y Meraz 2001, Pérez-Bouchez y Gordillo-Morales 2002, Meraz 2003, Sánchez-Díaz 2006, Lira-Torres 2007, Meraz y Sánchez-Díaz 2008, Villegas-Zurita y Castillejos-Moguel 2013, Villegas-Zurita *et al.* 2016a, 2018). Lo anterior permitió incrementar el número de especies enlistadas para Oaxaca a 13 en la revisión de Santos-Moreno (2014) y, notablemente, a 21 en el trabajo de Villegas-Zurita y colaboradores (2018).

A partir de 2012, se conformó la asociación civil Mamíferos Marinos de Oaxaca, Biodiversidad y Conservación (MMOBIDIC A.C.) que, en colaboración con estudiantes e investigadores de la UMAR, intensificaron el esfuerzo de monitoreo en la misma zona hasta 2018. Estos esfuerzos, en conjunto con el seguimiento posterior por parte de grupos de la UMAR, resultaron en varios registros de especies nuevas para la región costera del estado, entre los que sobresalen cuatro pinnípedos (*Arctocephalus australis*, *A. galapagoensis*, *A. townsendi* y *Eumetopias jubatus*) por ser avistamientos fuera de los límites típicos de distribución, además de ser los primeros reportes documentados en la ZEE-OAX (Castillejos-Moguel y Villegas-Zurita 2011, Villegas-Zurita 2015, Villegas-Zurita *et al.* 2015, 2016b, 2018, Tamayo-Millán *et al.* 2021).

Base documental

En este trabajo se presenta un listado de especies (apéndice 46) que se conformó tomando en cuenta todos los avistamientos disponibles de mamíferos marinos (incluyendo reportes de animales varados), localizados dentro de la ZEE-OAX (figura 4). Se partió de la información documental antes referida, y se complementó con datos obtenidos principalmente a través del Grupo de Mastozoología

³ La nutria marina (*Enhydra lutris*) se considera extinta en México, aunque evidencia reciente sugiere que es probable una futura recolonización en las aguas de la costa occidental de Baja California (Schramm *et al.* 2014).

⁴ La especie número 45 considerada por Medrano González (2006) es el *Mesoplodon* sp. A, pero se dejó fuera del listado, debido a que la evidencia reciente indica que es la misma que *M. peruvianus* (Pitman y Lynn 2001, Pitman y Brownell 2012, Urbán *et al.* 2013), ya incluida en la lista.

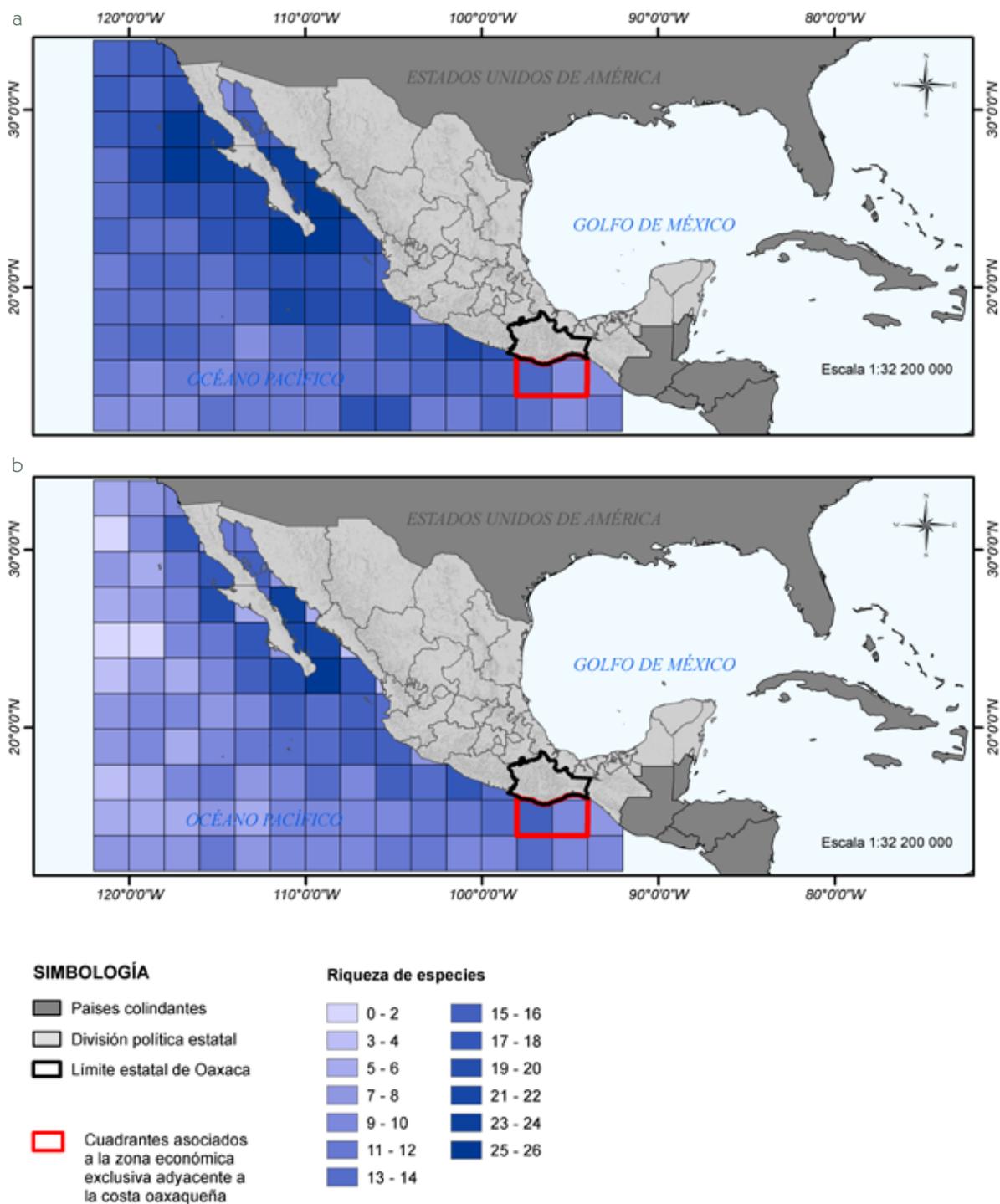


Figura 3. a) Riqueza de especies estimada; b) riqueza de especies observada. Se señalan los cuadrantes asociados a la zona económica exclusiva adyacente a la costa oaxaqueña (ZEE-OAX, delimitados en rojo). Fuente: imagen modificada de Rosales-Nanduca *et al.* 2011.

Marina de la UNAM (FCMM-UNAM) y de la División de Tortugas y Mamíferos Marinos del Centro Científico de Pesquerías del Suroeste de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de Estados Unidos (NOAA-SWFSC).

Los datos del FCMM-UNAM provienen de navegaciones realizadas entre 2005 y 2008 a bordo del buque oceanográfico El Puma o desde buques de la Armada de México, efectuadas con el objetivo de conocer la diversidad y los patrones de distribución de los mamíferos marinos del océano Pacífico mexicano (Medrano González *et al.* 2008). La información de la NOAA-SWFSC, enfocada a entender la riqueza y los cambios en la abundancia de los cetáceos en la zona del Pacífico oriental tropical, se obtuvo a través de la plataforma de acceso libre OBIS-SEAMAP: el centro mundial de datos para información sobre mamíferos marinos, aves y tortugas marinas (Halpin *et al.* 2009), y corresponde a navegaciones que utilizan buques oceanográficos adaptados para realizar observaciones específicas de cetáceos, en el periodo de 1986 a 2009 (Holt y Sexton 1987, 1988, Hill *et al.* 1990, 1991, Mangels y Gerrodette 1994, Kinzey *et al.* 1999, 2000, 2001, Jackson *et al.* 2004, 2008). La plataforma OBIS-SEAMAP también permitió el acceso a datos de seis avistamientos de cachalotes (*Physeter macrocephalus*, figura 5) realizados en 1913 (Townsend 1935) y uno más en 1968 (CTAP-URI 1981), que resultaron relevantes puesto que durante la revisión se encontraron sólo tres registros recientes de dicha especie: dos de ellos observados desde puntos fijos y sin georreferencia (Pérez-Bouchez y Gordillo-Morales 2002) y uno más observado en octubre de 2020 por un prestador de servicios turísticos (NVI 2020).

En resumen, se revisaron 35 publicaciones y reportes (12 de ellos a través del OBIS-SEAMAP) de datos colectados entre 1981 y 2020 por seis instituciones (incluyendo una asociación civil), además de dos fuentes con registros de 1913 y 1968, respectivamente. Asimismo, de la comunicación con miembros del Comité de Varamientos y Medicina Veterinaria de la Sociedad Mexicana de Mastozoología Marina A.C. (quienes llevan algunos años documentando eventos de varamientos en todos los estados costeros de México) se obtuvo información sobre varamientos recientes en las costas de Oaxaca. En conjunto, se compilaron 1 654 registros de mamíferos

marinos identificados a nivel de especie en la ZEE-OAX (cuadro 1). Éstos incluyen 503 datos georreferenciados y 1 151 registros sin georreferencia publicada (ver Villegas-Zurita *et al.* 2018) pero colectados a lo largo de la costa central de Oaxaca entre el límite oeste del municipio Santa María Tonameca y el límite al este de Santa María Huatulco. Se recopilaron registros de 25 especies de mamíferos marinos (20 cetáceos y cinco pinnípedos) dentro de la ZEE-OAX, de las cuales 18 especies fueron confirmadas con más de un avistamiento; mientras que siete contaron con un sólo dato: el lobo fino sudamericano (*Arctocephalus australis*), lobo fino de Galápagos (*A. galapagoensis*), el lobo marino de Steller (*Eumetopias jubatus*), la ballena azul (*Balaenoptera musculus*), el rorcual común (*B. physalus*), el cachalote pigmeo (*Kogia breviceps*) y el calderón de aletas cortas (*Globicephala macrorhynchus*, descartado del listado final).

El lobo fino sudamericano, el lobo fino de Galápagos, la ballena azul y el rorcual común, se documentaron a partir de varamientos en los que se pudo confirmar la identidad de las especies (Lira-Torres 2007, Villegas-Zurita *et al.* 2015, 2016b, Islas Villanueva 2021, Tamayo-Millán *et al.* 2021). El varamiento del lobo marino de Steller cuenta con un registro publicado (Villegas-Zurita *et al.* 2018) y está en preparación una publicación con evidencia que sustenta la identificación del ejemplar (Villegas-Zurita 2018). Para el cachalote pigmeo se tiene un único dato confirmado en la base de registros de mamíferos marinos del Pacífico mexicano del FCMM-UNAM, por lo que se mantuvo en el listado final, pero se considera un registro con alto grado de incertidumbre debido a la carencia de avistamientos de la especie en otras zonas del Pacífico Tropical Mexicano⁵ (figura 6). El calderón de aletas cortas fue excluido del listado debido a que no se pudo confirmar la existencia del dato previamente reportado (cuadro 2).

La compilación y depuración de los registros de mamíferos marinos a nivel específico, permitió reconocer 24 especies documentadas en la ZEE-OAX entre el periodo de 1913 a 2020 (cuadro 2). El listado incluye especies de dos órdenes (Carnivora y Cetacea) y cinco familias: Otariidae, Balaenopteridae, Delphinidae, Physeteridae y Ziphiidae (figura 4).

⁵ Si bien se ha postulado la presencia de *Kogia breviceps* en la ZEE-OAX (Reeves *et al.* 2002, Medrano González 2006), no se encontró ningún otro registro en la ecorregión del Pacífico Tropical Mexicano tras consultar los datos disponibles en OBIS-SEAMAP para todo el Pacífico oriental.

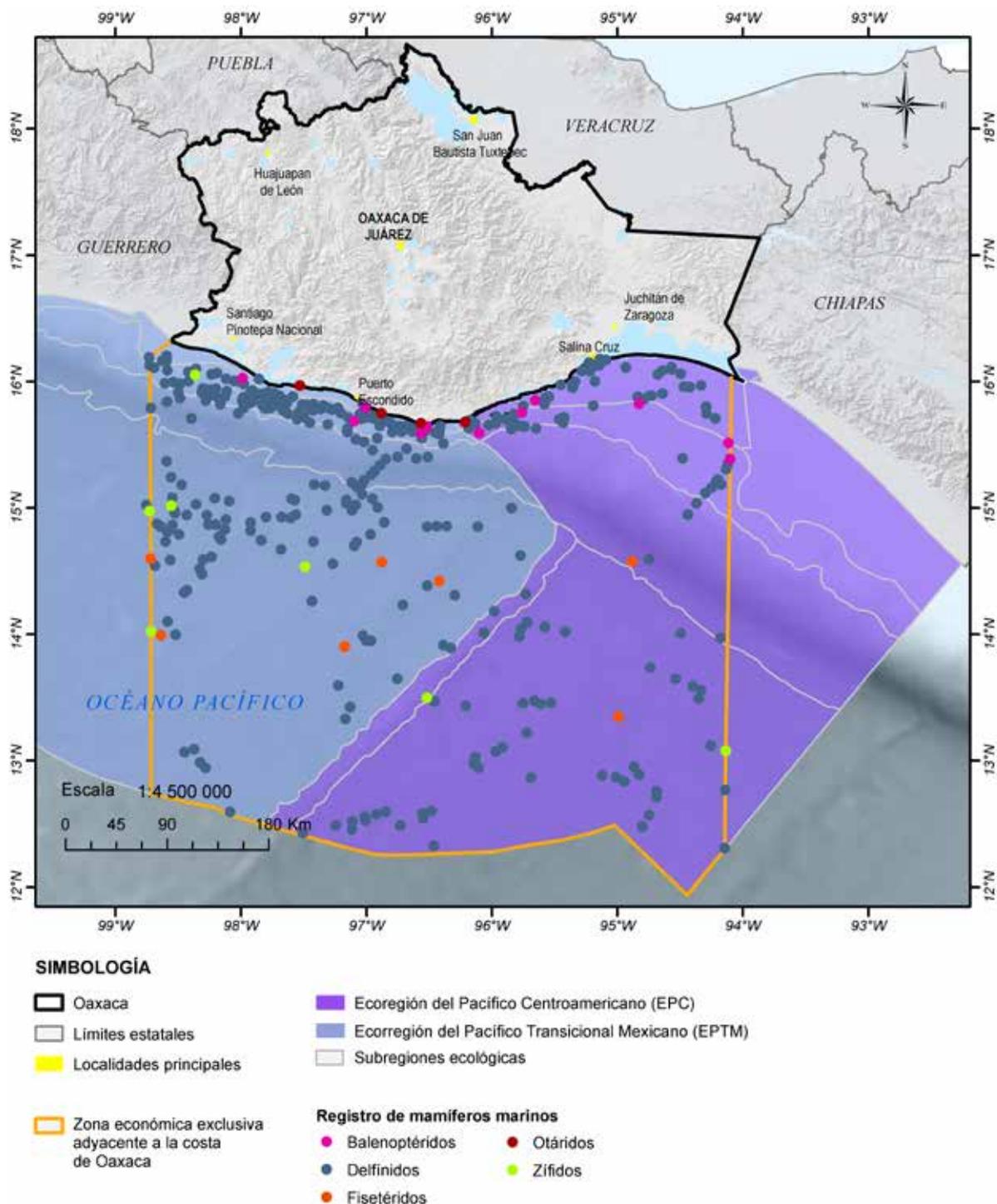


Figura 4. Observaciones de mamíferos marinos por familia en la ZEE-OAX. Se muestran también las ecorregiones del Pacífico Centroamericano y Pacífico Transicional Mexicano, indicando los límites de sus subregiones (líneas blancas). Fuente: elaboración propia con base en Townsend 1935, CTAP-URI 1981, Holt y Sexton 1987, 1988, Hill *et al.* 1990, 1991, Gallo-Reynoso y Solórzano-Velasco 1991, Mangels y Gerrodette 1994, Kinzey *et al.* 1999, 2000, 2001, Sánchez-Díaz y Meraz 2001, Pérez-Bouchez y Gordillo Morales 2002, Meraz 2003, Jackson *et al.* 2004, 2008, Sánchez-Díaz 2006, Lira-Torres 2007, Medrano González *et al.* 2008, Meraz y Sánchez-Díaz 2008, Halpin *et al.* 2009, Wilkinson *et al.* 2009, Castillejos-Moguel y Villegas-Zurita 2011, Villegas-Zurita y Castillejos-Moguel 2013, Villegas-Zurita 2015, García-Grajales *et al.* 2017, Villegas-Zurita *et al.* 2015, 2016a, b, 2018.



Figura 5. Cachalotes (*Physeter macrocephalus*). Fotos: Hiram Rosales Nanduca.

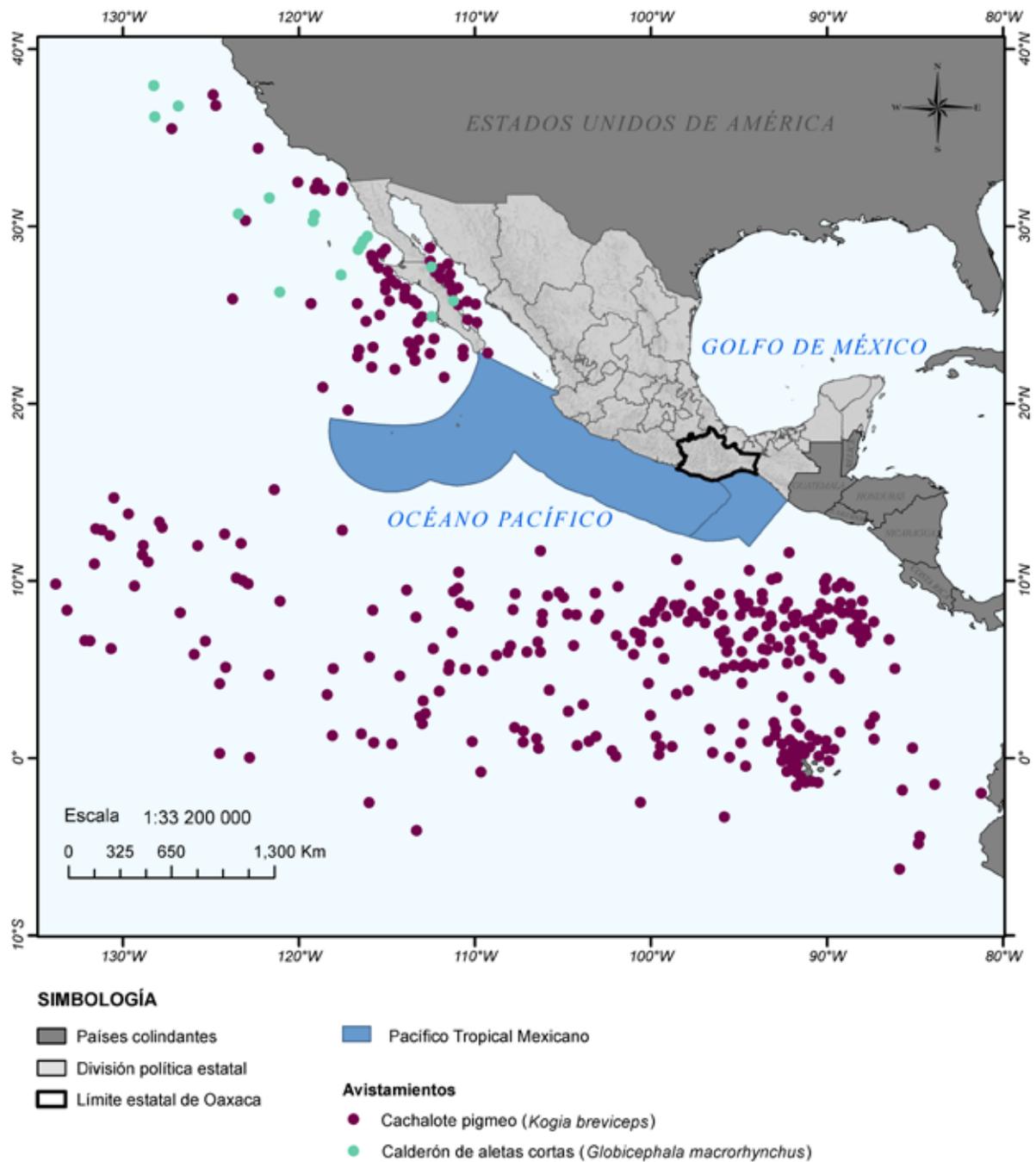


Figura 6. Avistamientos de cachalote pigmeo (*Kogia breviceps*) y calderón de aletas cortas (*Globicephala macrorhynchus*) alrededor de la península de Baja California y en el océano Pacífico oriental para el periodo 1981-2009. Fuente: elaboración propia con información de Halpin et al. 2009.

Cuadro 1. Registros compilados de mamíferos marinos por año e institución.

Año	NOAA-SWFSC	FCMM-UNAM	LM-UNAM	UMAR	UMAR/ MMOBIDIC	URI	WCS	ZSJA	Total
1913							6		6
1968						1			1
1981		6							6
1982		15							15
1983		10							10
1984		10							10
1985		27							27
1986	39								39
1987	36								36
1988	2								2
1989	27		1						28
1990	3								3
1992	26								26
1998	52								52
1999	25								25
2000	34								34
2001				7					7
2003	41								41
2005		7							7
2006	92	1						1	94
2007		11							11
2008		9							9
2009									0
2010									0
2011-2016				4	1 159*				1 163
2017-2020				2					2
Total	377	96	1	13	1 159	1	6	1	1 654

*1 151 de estos registros no cuentan con georreferencia publicada, pero fueron colectados a lo largo de la costa central de Oaxaca entre el límite oeste del municipio Santa María Tonameca y el límite al este de Santa María Huatulco (Villegas-Zurita *et al.* 2018). NOAA-SWFSC: División de Tortugas y Mamíferos Marinos del Centro Científico de Pesquerías del Suroeste-Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de Estados Unidos; FCMM-UNAM: Grupo de Mastozoología Marina de la Universidad Nacional Autónoma de México; LM-UNAM: Laboratorio de Mastozoología de la Universidad Nacional Autónoma de México; UMAR: Universidad del Mar; MMOBIDIC: Mamíferos Marinos de Oaxaca, Biodiversidad y Conservación A.C.; URI: Universidad de Rhode Island; wcs: Wildlife Conservation Society; ZSJA: Zoológico San Juan de Aragón. Fuente: elaboración propia con datos de los grupos de trabajo citados.

Cuadro 2. Mamíferos marinos registrados dentro de la zona económica exclusiva adyacente a la costa oaxaqueña (ZEE-OAX).

Familia	Especie	Esperadas PTM	Esperadas ZEE-OAX	Vista en ZEE-OAX	Número de registros (1913-2020)	Número de registros por institución							
						NOAA-SWFSC	FCMM-UNAM	LM-UNAM	UMAR	UMAR/ MMOBIDIC	URI	WCS	ZS/A
Carnivora													
Otariidae	<i>Arctocephalus australis</i> ^b			SI	1					1 ^a			
	<i>A. galapagoensis</i> ^b	Rara		SI	1				1 ^a				
	<i>A. townsendi</i> ^b			SI	2					1 ^a , 1 ^a			
	<i>Eumetopias jubatus</i> ^b			SI	1					1			
	<i>Zalophus californianus</i> ^b	SI		SI	11			1	7 ^c	2, 1 ^a			
Cetacea													
Balaenopteridae	<i>Balaenoptera acutorostrata</i>	SI	SI										
	<i>B. borealis</i>	SI	SI										
	<i>B. edeni</i>	SI	SI	SI	27	2	1			4, 20			
	<i>B. musculus</i>	SI	SI	SI	1							1 ^a	
	<i>B. physalus</i>		SI	SI	1				1 ^a				
	<i>Eschrichtius robustus</i>	SI											
	<i>Megaptera novaeangliae</i>	SI	SI	SI	279		7		1	264, 7 ^a			
Delphinidae	<i>Delphinus delphis</i>	SI	SI	SI	84	24	5			1, 54			
	<i>Feresa attenuata</i>	SI	SI	SI	8	7	1						
	<i>Globicephala macrorhynchus</i> ^d	SI	SI										
	<i>Grampus griseus</i>	SI	SI	SI	30	23	1			6			
	<i>Lagenodelphis hosei</i>	SI	SI										
	<i>Orcinus orca</i>	SI	SI	SI	18	6	1			1, 10			
	<i>Peponocephala electra</i>	SI	SI										
	<i>Pseudorca crassidens</i>	SI	SI	SI	8	1	2			5			
	<i>Stenella attenuata</i>	SI	SI	SI	708	135	45			525, 3 ^a			
	<i>S. caeruleoalba</i>	SI	SI	SI	3	1	1			1 ^a			
	<i>S. longirostris</i>	SI	SI	SI	118	86	8			22, 2 ^a			
	<i>Steno bredanensis</i>	SI	SI	SI	126	24	1		1 ^a	99, 1 ^a			
	<i>Tursiops truncatus</i>	SI	SI	SI	196	52	22			118, 4 ^a			
Physeteridae	<i>Kogia breviceps</i> ^e	SI	SI	SI	1		1						
	<i>K. sima</i>	SI	SI	SI	10	8				2			
	<i>Physeter macrocephalus</i> ^f	SI	SI	SI	7						1	6	

Cuadro 2. Continuación.

Familia	Especie	Esperadas PTM	Esperadas ZEE-OAX	Vista en ZEE-OAX	Número de registros (1913-2020)	Número de registros por institución							
						NOAA-SWFSC	FCMM-UNAM	LM-UNAM	UMAR	UMAR/ MMOBIDIC	URI	WCS	ZSJA
Cetacea													
Ziphiidae	<i>Indopacetus pacificus</i>	Rara											
	<i>Mesoplodon densirostris</i>	SI	SI										
	<i>M. perrini</i>	Rara											
	<i>M. peruvianus</i>	SI	SI	SI	4	2			1, 1 ^a				
	<i>Ziphius cavirostris</i>	SI	SI	SI	9	6				2, 1 ^a			
Total		29	25	24	1 654	377	96	1	13	1 159	1	6	1

Los números en azul indican registros sin georreferencia, pero fueron colectados a lo largo de la costa central de Oaxaca entre el límite oeste del municipio Santa María Tonameca y el límite al este de Santa María Huatulco. Esperadas ZEE-OAX: especies esperadas de acuerdo con Reeves y colaboradores 2002. Esperadas PTM: especies esperadas en el Pacífico Tropical Mexicano de acuerdo con Medrano González 2006. ^aRegistro de un individuo varado. ^bRegistro fuera de los límites de distribución conocidos para la especie. ^cAunque se tienen siete observaciones de *Zalophus californianus* es probable que todas sean del mismo individuo, por lo que para fines del listado se debe considerar como un sólo registro. ^dEl calderón de aletas cortas aparece en listados previos (Aguayo *et al.* 1992, Salinas y Ladrón de Guevara 1993) basados en un registro previo del FCMM-UNAM que no se pudo confirmar; en la revisión de esta base de datos, el único avistamiento de calderón de aletas cortas cercano a la zona se localizó frente a la costa guerrerense (16.5333° N, 100.1667° O; Medrano González 2014); además, se consultaron los 435 avistamientos de *G. macrorhynchus* disponibles en OBIS-SEAMAP para la zona comprendida entre las aguas de la península de Baja California y el Pacífico oriental, sin encontrar ningún avistamiento cercano a la costa oaxaqueña ni a las ecorregiones marinas adyacentes (figura 6). ^eDato con grado alto de incertidumbre ya que no se encontró ningún otro registro de *Kogia breviceps* en la ecorregión del Pacífico Tropical Mexicano tras consultar los datos disponibles en OBIS-SEAMAP para todo el Pacífico oriental (figura 6). ^fDe los nueve avistamientos de *Physeter macrocephalus* documentados, sólo dos corresponden al periodo posterior a 1981 (Pérez Bouchez y Gordillo-Morales 2002), sugiriendo que la especie es muy poco común en la zona; además, los registros recientes se obtuvieron desde puntos fijos y no se cuenta con la georreferencia del sitio ni fue posible confirmar la información con los autores del reporte. Fuente: elaboración propia con información de los grupos de trabajo de NOAA-SWFSC, FCMM-UNAM, LM-UMAR, UMAR, MMOBIDIC, URI, WCS y ZSJA (para desglose de instituciones ver cuadro 1).

Riqueza de mamíferos marinos en la ZEE-OAX

La especie más comúnmente observada fue el delfín moteado (*Stenella attenuata*) representando 43% de los registros, seguida por la ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) con 17% de los registros (la mayoría sin georreferencia específica disponible en este trabajo, pero documentados dentro de la zona de estudio), y la tonina (*Tursiops truncatus*, figura 7) con 12% de los registros. En conjunto, estas tres especies representaron 72% del total de avistamientos registrados. De las 24 especies documentadas para Oaxaca, se considera que ocho

(33% del total registrado en la ZEE-OAX) tienen su origen biogeográfico en aguas antitropicales;⁶ la ballena azul (*Balaenoptera musculus*), el rorqual común (*B. physalus*), la ballena jorobada (*M. novaeangliae*), la orca (*Orcinus orca*), el lobo marino de Steller (*E. jubatus*), el lobo marino de California (*Zalophus californianus*), el lobo fino sudamericano (*Arctocephalus australis*) y el lobo fino de Guadalupe (*A. townsendi*); mientras que el resto son de afinidad tropical (figuras 8 y 9; Medrano González 2006). Por lo tanto, la mastofauna marina oaxaqueña está conformada fundamentalmente por especies tropicales (67%) y su dominancia en la zona se explica por las características oceanográficas predominantes. Aunque existe influencia

⁶ La distribución antitropical se refiere a zonas que se encuentran al norte del trópico de Cáncer y al sur del trópico de Capricornio. En estas zonas prevalecen las aguas templadas o frías, por lo que se consideran especies antitropicales a aquellas tienen afinidad por aguas más frías que las que se encuentran en el trópico (Hubbs 1952).



Figura 7. Toninas (*Tursiops truncatus*) en 2013. Fotos: Hiram Rosales Nanduca.



Figura 8. Ejemplos de especies de origen antitropical observadas en la ZEE-OAX: a) orca (*Orcinus orca*); b) ballena azul (*Balaenoptera musculus*); c) ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*). Fotos: Hiram Rosales Nanduca.



Figura 9. Ejemplos de especies de afinidades tropicales encontradas en la ZEE-OAX: a) delfín de dientes rugosos (*Steno bredanensis*); b) zifio de Cuvier (*Ziphius cavirostris*); c) cachalote enano (*Kogia sima*). Fotos: Hiram Rosales Nanduca.

de aguas frías provenientes de la corriente de California, ésta es ligera y de corta duración, comparada con la dominancia de las aguas del trópico (Lara-Lara *et al.* 2008).

Aunque la mayoría de las especies enlistadas son afines a aguas cálidas, su distribución y recurrencia en la región no son homogéneas. Por ejemplo, *S. attenuata* mostró un número considerablemente

mayor de avistamientos (708) con respecto a las otras especies y una distribución amplia, sugiriendo que es el mamífero marino más común en la zona. Lo anterior concuerda con el patrón general descrito por Medrano González *et al.* (2008) para todo el Pacífico Tropical Mexicano (PTM), en el que esta especie es la de mayor distribución. Por su parte, las especies del listado con

origen antitropical tienen hábitos migratorios (como la ballena jorobada), cosmopolitas (como las orcas) o se encuentran fuera de sus límites geográficos conocidos (como las cinco especies de pinnípedos).

Medrano González y colaboradores (2008) plantearon que es posible que en el PTM se distribuyan hasta 30 especies de mamíferos marinos. El análisis de riqueza esperada de Rosales-Nanduca y colaboradores (2011) predice un máximo de 20 especies para Oaxaca, Guerrero, Chiapas y aguas adyacentes. El listado de 24 especies documentadas en el presente trabajo es mayor las 20 esperadas. Dicha diferencia se debe principalmente a las cinco especies de pinnípedos cuya presencia en las aguas de Oaxaca los ubica fuera de los límites conocidos de su distribución. Por lo tanto, estas especies representan registros extralímite (no esperados para la zona) y parecen estar asociados a eventos climáticos extremos en el Pacífico oriental (Elorriaga-Verplancken *et al.* 2016b, c, Villegas-Zurita *et al.* 2016b), tal y como se ha documentado para otros pinnípedos dentro de la zona económica exclusiva de México (Ceballos *et al.* 2010, Páez-Rosas *et al.* 2017, Elorriaga-Verplancken *et al.* 2020). La única especie que ha sido observada en las aguas aledañas y que no se ha registrado para Oaxaca es el rorcual aliblanco (*Balaenoptera acutorostrata*; Rosales-Nanduca *et al.* 2011).

La riqueza específica en el estado es menor que la diversidad reportada en algunas zonas del mar de Cortés o la costa occidental de la península de Baja California, donde el máximo de especies observadas es mayor y se han documentado hasta 36 (Urbán 2010, Rosales-Nanduca *et al.* 2011). Esto coloca a la ZEE-OAX en un valor intermedio con respecto al interior del golfo de California o la costa occidental de la península de Baja California (Rosales-Nanduca *et al.* 2011, Urbán *et al.* 2012). Dicha diferencia posiblemente es resultado del contraste estacional relacionado con la marcada influencia de la corriente de California sobre las aguas adyacentes a la península de Baja California, permitiendo el uso de esas aguas por especies con afinidades tanto tropicales como templadas (Rosales-Nanduca *et al.* 2011). La riqueza de cetáceos en la ZEE-OAX es similar a la reportada para otras zonas tropicales de México y el mundo, incluidas las aguas de la zona económica exclusiva de Nayarit, para las que se han reportado 21 especies (Arroyo-Cabral *et al.* 2015); o la isla Reunión en el océano

Índico y las Islas Canarias en el Atlántico, con 16 especies registradas de cetáceos (Dulau-Drouot *et al.* 2008, Pérez-Vallazza *et al.* 2008).

Cabe señalar que la riqueza específica documentada se encuentra dominada principalmente por los delfines moteados y las toninas. Se ha sugerido que ambas especies forman subpoblaciones asociadas a distintos ambientes, diferenciándose entre hábitats costeros y oceánicos (Perrin 1975, Schnell *et al.* 1986, Díaz Gamboa 2003, Viloria Gómora 2007). Por lo anterior, se considera que se deben realizar esfuerzos para determinar a qué subpoblaciones pertenecen estas especies en la ZEE-OAX, así como si se forman subpoblaciones aisladas asociadas con las características de alta productividad del golfo de Tehuantepec, que son atípicas de las zonas tropicales (Tapia-García *et al.* 2007, Lara-Lara *et al.* 2008).

Importancia y estado de conservación

Los mamíferos marinos se consideran centinelas del ecosistema, debido a que en ellos se reflejan muchos de los cambios que ocurren en sus ambientes por su alto nivel trófico y su amplia distribución (Moore 2008, Elorriaga-Verplancken *et al.* 2016a, c). Al observar cómo varían las características de sus poblaciones en tiempo y espacio, se pueden identificar problemas en los ecosistemas marinos y definir prioridades de acción para atenderlos. Además, como fauna carismática, los mamíferos marinos permiten dirigir atención pública hacia estos problemas, generar conciencia y ejercer presión para impulsar políticas que integran las preocupaciones ambientales de las poblaciones humanas (Moore 2008).

Desde 2002, todos los mares territoriales de México fueron decretados zona de protección para 21 especies de misticetos y odontocetos⁷ (SEMARNAT 2002). Sin embargo, las amenazas para las poblaciones de mamíferos marinos en la actualidad requieren de acciones locales en conjunto con políticas nacionales e internacionales para su atención. Con la excepción de esfuerzos muy específicos de monitoreo y la regulación de actividades turísticas como la observación de ballenas jorobadas, en general en Oaxaca hay una ausencia de planes y estrategias estatales de manejo y conservación que contemplen a los mamíferos marinos. Esto puede deberse a la falta de in-

⁷ El acuerdo incluye las especies de odontocetos y misticetos registradas en México, mayores a 4 m de longitud.

Cuadro 3. Estatus de riesgo de las especies de mamíferos marinos registradas en la ZEE-OAX.

Orden	Familia	Especie	Categoría	
			NOM-059	UICN
Carnivora	Otariidae	<i>Arctocephalus australis</i> *		LC
		<i>A. galapagoensis</i> *		EN
		<i>A. townsendi</i>	P	LC
		<i>Eumetopias jubatus</i> *		NT
		<i>Zalophus californianus</i>	Pr	LC
Cetacea	Balaenopteridae	<i>Balaenoptera edeni</i>	Pr	LC
		<i>B. musculus</i>	Pr	EN
		<i>B. physalus</i>	Pr	VU
		<i>Megaptera novaeangliae</i>	Pr	LC
	Delphinidae	<i>Delphinus delphis</i>	Pr	LC
		<i>Feresa attenuata</i>	Pr	LC
		<i>Grampus griseus</i>	Pr	LC
		<i>Orcinus orca</i>	Pr	DD
		<i>Pseudorca crassidens</i>	Pr	NT
		<i>Stenella attenuata</i>	Pr	LC
		<i>S. coeruleoalba</i>	Pr	LC
		<i>S. longirostris</i>	Pr	LC
		<i>Steno bredanensis</i>	Pr	LC
		<i>Tursiops truncatus</i>	Pr	LC
	Physeteridae	<i>Kogia breviceps</i>	Pr	LC
		<i>K. sima</i>	Pr	LC
		<i>Physeter macrocephalus</i>	Pr	VU
	Ziphiidae	<i>Mesoplodon peruvianus</i>	Pr	LC
		<i>Ziphius cavirostris</i>	Pr	LC

*La especie no se encuentra en la NOM-059, debido a que los mares mexicanos no forman parte de su distribución conocida. Pr: sujeta a protección especial; P: en peligro de extinción; EN: en peligro; VU: vulnerable; LC: preocupación menor; NT: casi amenazada; DD: datos insuficientes. Fuente: elaboración propia con datos de SEMARNAT 2010, UICN 2021.

formación básica sobre la condición de sus poblaciones en la región, lo que puede afectar su persistencia en el mediano y largo plazo. Aunque el estado cuenta con cuatro áreas naturales protegidas en la costa, dos de ellas son santuarios en playas dirigidos básicamente a la conservación de tortugas marinas,⁸ mientras que las otras dos son parques nacionales⁹ de alcance muy reducido para la movilidad y la protección de mastofauna marina.

No existen especies de mamíferos marinos endémicas en aguas oaxaqueñas, pero todas las especies de este grupo típicamente distribuidas en los mares mexicanos se encuentran bajo la categoría sujetas a protección especial de acuerdo con la NOM-059 (con excepción de *A. townsendi*, catalogada como en peligro de extinción;

SEMARNAT 2010). Además, algunas están clasificadas en la categoría de datos insuficientes por la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), resaltando la necesidad de generar conocimiento que permita entender cuál es la condición de sus poblaciones (cuadro 3; UICN 2021).

La gran movilidad de los mamíferos marinos en un medio difícil de monitorear por el ser humano y la complejidad de los factores que pueden afectar su sobrevivencia y capacidad de reproducción, hacen difícil evaluar el efecto de las actividades humanas sobre sus poblaciones, así como la efectividad de las estrategias de manejo y conservación que se implementan. Lo anterior demanda información, no sólo acerca de la pre-

⁸ Playa de Escobilla y Playa de Chacahua (CONANP 2016).

⁹ El Parque Nacional Lagunas de Chacahua y el Parque Nacional Huatulco (CONANP 2016).

sencia de una especie, sino sobre sus patrones de uso del hábitat que permitan entender dónde, cuándo y cómo puede estar interactuando (directa o indirectamente) con los seres humanos. Por lo anterior, es necesario aumentar el esfuerzo de investigación en la zona para realizar análisis sistemáticos, no sólo de riqueza específica, sino dirigidos a determinar cuáles son las especies comunes y las raras, qué tan abundantes son, cómo es su distribución a través del año y de qué especies se alimentan, entre otros. Esto con el objeto de diseñar e implementar estrategias de manejo y conservación que minimicen su vulnerabilidad ante los posibles efectos negativos de las actividades antropogénicas, y que sean adecuadas a las necesidades, tanto de las especies marinas como de las comunidades humanas locales.

Amenazas potenciales

Tanto la EPTM como la EPC presentan problemas de sobrepesca, además de contaminación por agroquímicos, hidrocarburos y metales pesados (Botello *et al.* 1995, Tapia García 1998, Wilkinson *et al.* 2009, Arreguín-Sánchez y Arcos-Huitrón 2011). Ambos problemas se señalan como fuentes de impactos negativos directos e indirectos para los mamíferos marinos (Ross 2002, O'Hara y O'Shea 2005, Plagány y Butterworth 2005, Read 2008). Estos impactos pueden incluir lesiones o muerte por interacción con artes de pesca (como enmallamientos) o por colisión con embarcaciones, estrés por la disminución de alimento como resultado de la sobrepesca, debilitamiento del sistema inmune de los animales por la exposición a contaminantes o exclusión de zonas del hábitat por tráfico de embarcaciones, entre otros (Ross 2002, Lusseau 2005, O'Hara y O'Shea 2005, Plagány y Butterworth 2005, Read 2008, Lusseau *et al.* 2009, Santora *et al.* 2020).

En la zona costera oaxaqueña, el turismo y la pesca son actividades de importancia económica que a la vez son causa de perturbaciones ecológicas, pues incluyen prácticas como la pesca de camarón con redes de arrastre (técnica utilizada en la pesca comercial en el golfo de Tehuantepec; Medina 2011), que tiene un impacto negativo sobre muchas especies capturadas incidentalmente, desde corales y otros invertebrados hasta peces, tortugas, mamíferos marinos e incluso aves (Lewison *et al.* 2011, Medina 2011).

En particular, el golfo de Tehuantepec presenta las tasas más altas del país de captura incidental en la pesca de camarón por arrastre (Medina 2011). Algunas de estas prácticas productivas ponen en riesgo a quienes dependen y se benefician económicamente de ellas, debido a que han demostrado ser insostenibles (Sarukhán *et al.* 2009, Fernández *et al.* 2011). Por ejemplo, las estimaciones de Arreguín-Sánchez y Arcos-Huitrón (2011) indicaron que sólo 11.4% de las pesquerías del golfo de Tehuantepec tenían potencial de desarrollo; mientras que 31.4% ya habían alcanzado su máximo aprovechamiento, 31.4% estaban sujetas a sobrepesca y 25.7% habían colapsado. La situación requiere particular atención si se toma en cuenta que la región del golfo de Tehuantepec presenta una intensa actividad pesquera, tanto de camarón como de peces demersales, y que en los últimos años se considera que otras especies (p.e. calamares) tienen gran potencial de ser explotadas (Alejo-Plata *et al.* 2015). La preocupación se extiende a los mamíferos marinos, pues se considera que en la actualidad la interacción con las pesquerías es el principal problema para estos animales, seguido del creciente impacto de las actividades turísticas (Medrano González *et al.* 2007, Ramp *et al.* 2021). Sin embargo, como ya se mencionó, aún se conoce muy poco sobre la presencia y los patrones locales de distribución de los mamíferos marinos en las aguas de la costa oaxaqueña (y aún menos sobre las interacciones con las pesquerías), lo que hace difícil evaluar cómo están siendo o serán afectados por las actividades humanas que ahí se desenvuelven.

La distribución de los organismos con respecto a la distancia a la costa, puede servir como indicador de susceptibilidad al impacto de las actividades humanas. En la ZEE-OAX la mayoría de estas actividades se concentran a menos de 50 km de la línea de costa, y es también en esas áreas donde se ubicaron cerca de la mitad de los registros georreferenciados documentados en este trabajo (figuras 10 y 11).

En particular, los delfines moteados, los delfines tonillo, las toninas y las ballenas jorobadas, que se pueden considerar entre las especies más comunes, fueron avistadas frecuentemente cerca de la costa, por lo que sus hábitos costeros pueden aumentar la probabilidad de que sean afectados directamente por las actividades de pesca y turismo, además de la contaminación que se

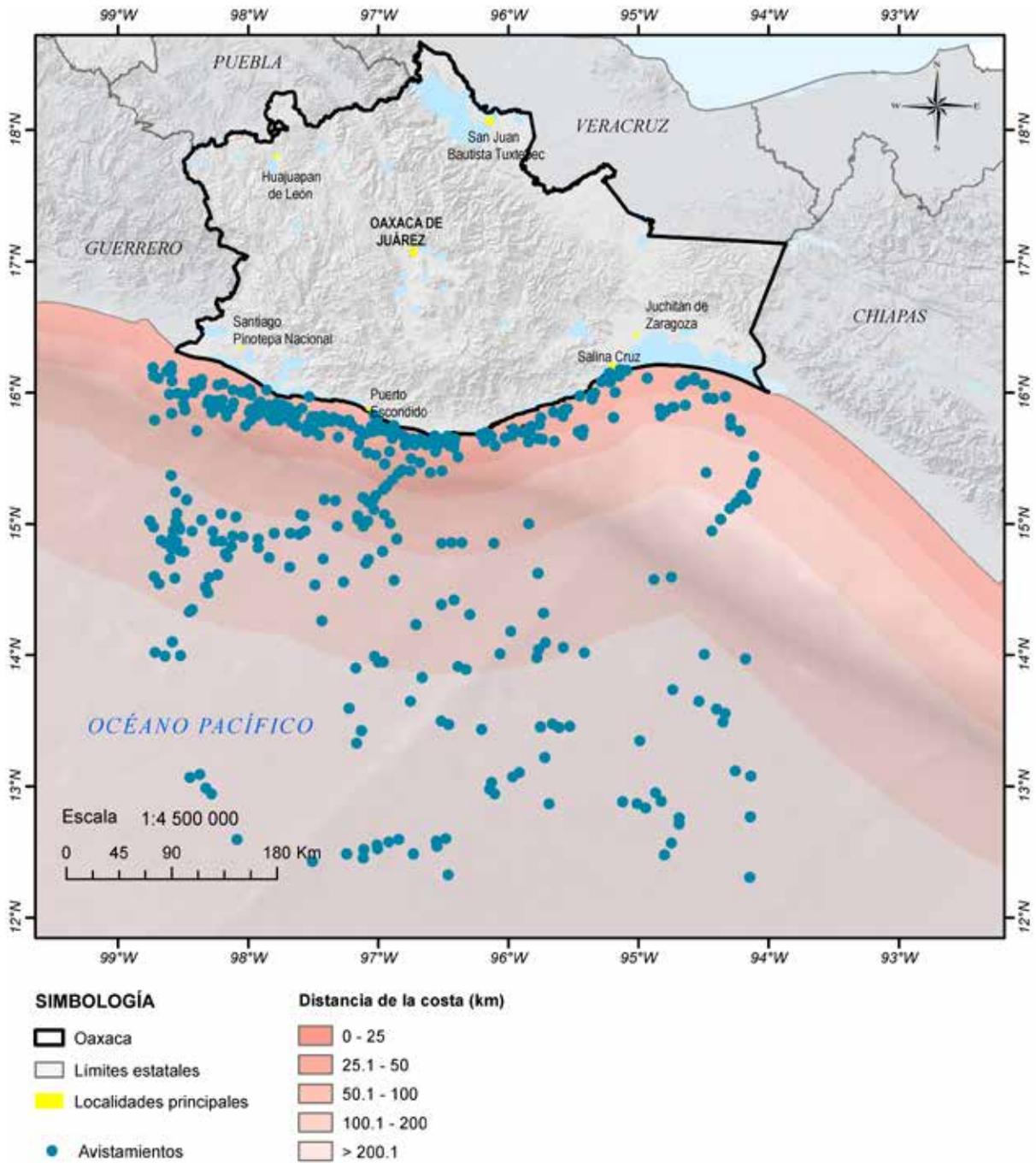


Figura 10. Avistamientos documentados en la ZEE-OAX, indicando el intervalo de distancia de la costa. Fuente: elaboración propia basada en los mismos datos de la figura 4.

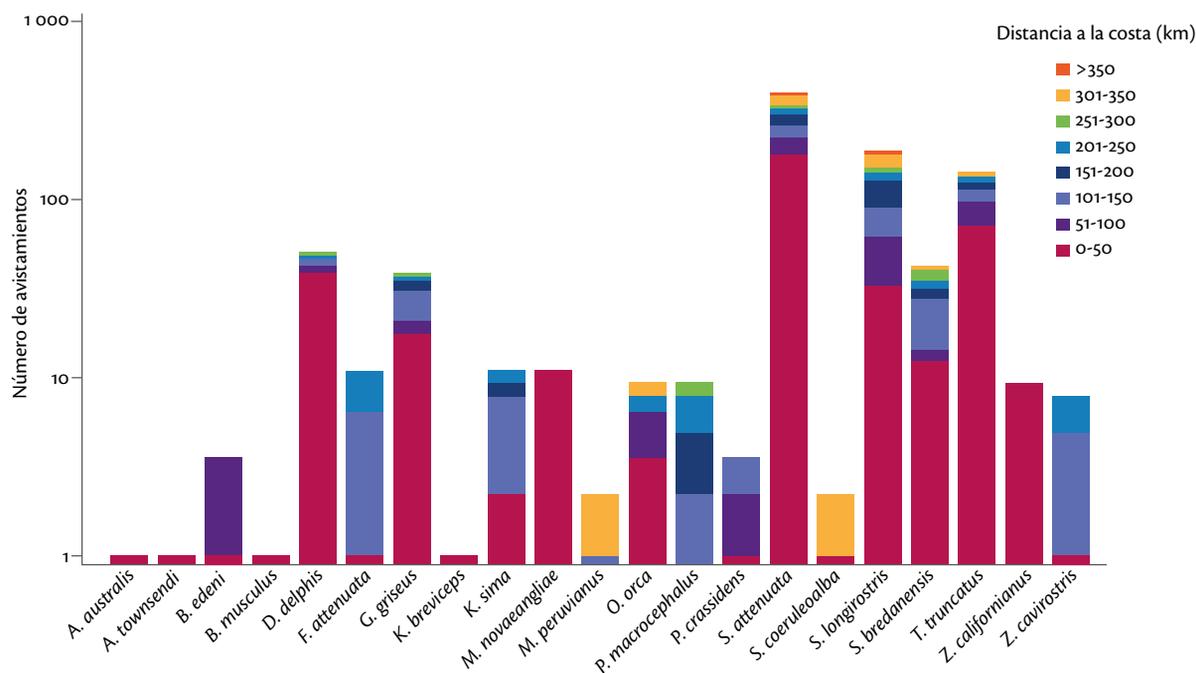


Figura 11. Frecuencia de avistamientos por especie en función de la distancia de la costa. La escala del eje vertical es logarítmica. Fuente: elaboración propia basada en los mismos datos de la figura 4.

registra en la zona (Botello *et al.* 1995, Wilkinson *et al.* 2009). Esto resalta aún más la necesidad de su estudio y monitoreo, para determinar su estatus poblacional actual en la ZEE-OAX y así evaluar el impacto de dichas actividades humanas (Gales *et al.* 2003).

Además de las actividades humanas costeras, el cambio climático puede tener efectos sobre sus poblaciones y patrones de distribución. Por ejemplo, se ha propuesto que la masa anómala de aguas cálidas registrada en el Pacífico norte entre 2014 y 2016 pudo provocar una compresión del hábitat de las ballenas jorobadas que se alimentan en la zona (Santora *et al.* 2020) y pudo contribuir a un descenso en la tasa reproductiva de la población del Pacífico norte de la especie (Cartwright *et al.* 2019). La presencia de especies con afinidades antitropicales en Oaxaca, como la ballena jorobada, parece relacionarse con la influencia estacional de aguas provenientes de la corriente de California. En consecuencia, un escenario de cambio climático con calentamiento de las aguas tropicales podría desplazar el límite del alcance de la corriente de California más al norte de la ZEE-OAX, lo cual podría limitar la distribución de algunas especies a zonas más al norte en donde encuentren aguas menos cálidas (Medrano González *et al.* 2007).

Por otra parte, los avistamientos de los cinco pinnípedos documentados –lobo marino de Steller (*E. jubatus*; Villegas-Zurita *et al.* 2018), lobo fino sudamericano (*Arctocephalus australis*; Villegas-Zurita *et al.* 2016b), lobo fino de Galápagos (*A. galapagoensis*; Tamayo-Millán *et al.* 2021), lobo fino de Guadalupe (*A. townsendi*; Villegas-Zurita *et al.* 2015) y lobo marino de California (*Zalophus californianus*; Meraz 2003)– se encuentran fuera de sus zonas de distribución conocida. Esto los suma al creciente número de registros extralímites de pinnípedos dentro del Pacífico mexicano en los últimos 10 años, que incluyen a *Arctocephalus galapagoensis*, *A. townsendi*, *Eumetopias jubatus*, *Mirounga leonina*, *Phoca vitulina*, *Zalophus californianus* y *Z. wollebaeki* (Aurióles-Gamboa *et al.* 2004, Ceballos *et al.* 2010, Gallo-Reynoso *et al.* 2010, Ortega-Ortiz *et al.* 2013, 2019, Villegas-Zurita *et al.* 2015, Elorriaga-Verplancken *et al.* 2020). Lo anterior podría ser indicio de un proceso de dispersión de mayor escala que se esté llevando a cabo en la actualidad, relacionado con cambios ambientales, principalmente en las variaciones de temperatura y productividad (Aurióles-Gamboa *et al.* 2004, Ceballos *et al.* 2010, Gallo-Reynoso *et al.* 2010, Ortega-Ortiz *et al.* 2013, Elorriaga-Verplancken *et al.* 2016a, b, c).

En particular, el registro del lobo fino sudamericano a más de 4 000 km del límite más próximo de su distribución podría relacionarse con un fenómeno extremo de La Niña, que provocó temperaturas superficiales inusualmente frías entre Perú y Ecuador, extendiéndose hacia el norte en un periodo que coincide con el varamiento reportado (Villegas-Zurita *et al.* 2016b). El aumento en la frecuencia de eventos extremos de este tipo en el contexto actual de cambio climático, ilustra la relevancia y urgencia de monitorear las poblaciones de mamíferos marinos y la manera en que usan su hábitat, para entender cómo se ven impactadas por estos fenómenos (Moore 2008, Cai *et al.* 2015, Widlansky *et al.* 2015, Elorriaga-Verplancken *et al.* 2016c).

Conclusiones y recomendaciones

A través de la consulta de publicaciones y de dos bases de datos de avistamientos, así como de la comunicación directa con grupos de investigación, se conformó un listado de 24 especies de mamíferos marinos registradas para Oaxaca. Esto involucró la eliminación de *G. macrorhynchus* (por evidencia muy dudosa) y la inclusión de *A. galapagoensis*, *B. physalus*, *P. macrocephalus* y *K. breviceps* (aunque esta última con alto grado de incertidumbre) con respecto al listado previo más reciente (Villegas-Zurita *et al.* 2018). La riqueza específica documentada en la ZEE-OAX indica que la diversidad de mamíferos marinos del estado está conformada fundamentalmente por especies con afinidad a aguas tropicales, con presencia ocasional de especies antitropicales como la ballena jorobada. Esta diversidad responde a la variedad de ambientes asociados con dos ecorregiones marinas.

Como se resalta a lo largo del texto, aún falta mucho por saber sobre los patrones estacionales de distribución y riqueza de especies en la costa oaxaqueña, así como sus variaciones a diferentes escalas de tiempo y espacio. Por lo tanto, se recomienda fomentar estudios locales que permitan entender el contexto ecológico relacionado con los patrones de distribución de las distintas especies y diseñar estrategias de manejo y conservación adecuadas para este grupo de animales y sus ecosistemas. Por último, se recomienda que el delfín moteado y la tonina se consideren especies prioritarias en el desarrollo de estudios sistemáticos dirigidos a entender la estructura y dinámica comunitaria de la mastofauna marina de las aguas oaxaqueñas.

Agradecimientos

Se agradece especialmente a los doctores Luis Medrano González, Tim Gerrodette y Lisa T. Ballance por permitir el uso de las bases de avistamientos del FCMM-UNAM y del NOAA-SWFSC. Sin estos datos, la realización del presente listado no hubiera sido posible y no se hubiera podido avanzar en el conocimiento general de la mastofauna marina de Oaxaca. Los datos de la NOAA-SWFSC pudieron ser consultados gracias a la plataforma OBIS-SEAMAP que dejó ver el valor y utilidad de los sistemas de acceso público a información científica.

También se agradece al equipo de observadores del FCMM-UNAM, que durante distintos periodos aportaron información, esfuerzo y dedicación para la obtención de los datos que conforman la base del ahora Grupo de Mastozoología Marina de la Facultad de Ciencias-UNAM. Agradecemos a J. Urbán, L. Rojas, M. Salinas, L.F. Bourillon, C.M. Álvarez, C. Esquivel, I. Fuentes, M.C. García, P. Hernández, L.D. Johnson, J.L. López, B. Morales, S. Nolasco, A.M. Padilla, A. Perdomo, R.E. Sánchez, V.H. Sánchez, I. Vomend y J. Zacarías por su trabajo durante los cruces realizados entre 1981 a 1984, así como a L. Vilorria, A.D. Enríquez, A.G. Fernández, A. Frisch, R.A. Juárez, C.A. López, S. Martínez, J. Nolasco, S. Pompa, T. Ruíz, J.M. Sánchez y C. Saldaña por su trabajo en los cruces de 2003 a 2006. Por su participación en la captura de datos agradecemos además a M.J. Vázquez, I.C. Díaz, M.J. Hernández y C. Villar. Agradecemos y reconocemos a V. Islas Villanueva y su equipo de trabajo, por su disposición para compartir información sobre observaciones y varamientos recientes en la costa oaxaqueña. También agradecemos a la tripulación del buque oceanográfico El Puma y queremos hacer una mención especial al Dr. Anelio Aguayo Lobo, por su labor pionera en el estudio de los mamíferos marinos de México.

Asimismo, se agradece a los doctores Luis Medrano González, Anelio Aguayo Lobo y Juan Meraz por su tiempo y comentarios que permitieron aclarar y ampliar la información sobre diversos datos y detalles históricos mencionados. Además, se da las gracias a Claire Auzias, Selene García y tres revisores anónimos por valiosos comentarios que permitieron mejorar el texto. Finalmente, agradecemos a A. de Ávila y a S. Salas por la motivación que nos llevó a escribir este texto.

Referencias

- Aguayo-Lobo, A. 1989. Aprovechamiento de los mamíferos marinos en América Latina. En: *Memorias del 2° simposio Internacional sobre Vida Silvestre*. México.
- Aguayo-Lobo, A., S. Gaona, G. López-Ortega y M. Salinas-Zacarias. 1992. Mamíferos marinos dulceacuícolas, semiacuícolas y con tendencia al agua. En: *Atlas Nacional de México*. Tomo II, sección IV. Instituto de Geografía-UNAM, México, pp. 8-9.
- Alejo-Plata, M.C., J.L. Gómez-Márquez y J.E. Herrera-Galindo. 2015. Tallas, sexos y madurez gonádica del calamar dardo *Lolliguncula diomedae* (Cephalopoda: Loliginidae) en el Golfo de Tehuantepec, México. *Research Journal of the Costa Rican Distance Education University* 7:79-87.
- Arreguín-Sánchez, F. y E. Arcos-Huitrón. 2011. La pesca en México: estado de la explotación y uso de los ecosistemas. *Hidrobiológica* 21(3):431-462.
- Arroyo-Cabrales, J., L. León-Paniagua, C.A. Ríos-Muñoz et al. 2015. Mamíferos de Nayarit. *Revista Mexicana de Mastozoología* 5(1):33-62.
- Aurioles-Gamboa, D. 1993. Biodiversidad y estado actual de los mamíferos marinos en México. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural* 44:397-412.
- Aurioles-Gamboa, D., Y. Schramm y S. Mesnick. 2004. Galapagos fur seals *Arctocephalus galapagoensis*, in Mexico. *Latin American Journal of Aquatic Mammals* 3(1):77-80.
- Bastida-Zavala, J.R., M.S. García-Madrigal, E.F. Rosas-Alquicia et al. 2013. Marine and coastal biodiversity of Oaxaca, México. *Check List* 9(2):329-390.
- Boege, E. 2008. *El patrimonio biocultural de los pueblos indígenas de México*. INAH/CDI, México.
- Botello, A.V., S. Villanueva, G. Díaz y Y. Pica. 1995. Contaminación por hidrocarburos aromáticos policíclicos en sedimentos y organismos del puerto de Salina Cruz, Oaxaca, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 11(1):21-30.
- Caballero, J., L. Cortés, M.A. Martínez-Alfaro y R. Lira Saade. 2004. Uso y manejo tradicional de la diversidad vegetal. En: *Biodiversidad de Oaxaca*. A.J. García-Mendoza, M.J. Ordoñez y M. Briones-Salas (eds.). Instituto de Biología-UNAM/Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza/wwf, México, pp. 541-564.
- Cai, W., G. Wang, A. Santoso et al. 2015. Increased frequency of extreme La Niña events under greenhouse warming. *Nature Climate Change* 5:132-137.
- Cartwright, R., A. Venema, V. Hernandez et al. 2019. Fluctuating reproductive rates in Hawaii's humpback whales, *Megaptera novaeangliae*, reflect recent climate anomalies in the North Pacific. *Royal Society Open Science* 6:181463.
- Castillejos-Moguel, F. y F. Villegas-Zurita. 2011. Primer registro de *Delphinus delphis* (Mammalia: Cetartiodactyla) en la costa de Oaxaca, México. *Ciencia y Mar* 15(42):35-39.
- Ceballos, G., S. Pompa, E. Espinoza y A. García. 2010. Extralimital distribution of Galapagos (*Zalophus wollebaeki*) and Northern (*Eumetopias jubatus*) sea lions in Mexico. *Aquatic Mammals* 36(2):188-194.
- CEC. Comission for Environmental Cooperation. 2009. *Marine ecoregions of North America 2008 (vector digital data)*. CEC, Montreal.
- Centeno-García, E. 2004. Configuración geológica del estado. En: *Biodiversidad de Oaxaca*. A.J. García-Mendoza, M.J. Ordoñez y M. Briones-Salas (eds.). Instituto de Biología-UNAM/Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza/wwf, México, pp. 29-42.
- Cervantes Hernández, P., S. Ramos Cruz y A. Gracia Gasca. 2006. Evaluación del estado de la pesquería de camarón en el golfo de Tehuantepec. *Hidrobiológica* 16(3):233-239.
- Chacón Sánchez, M.I. 2009. Darwin y la domesticación de plantas en las Américas: el caso del maíz y el frijol. *Acta Biológica Colombiana* 14:351-364.
- CONEVAL. Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social. 2020. *Medición multidimensional de la pobreza en México 2018-2020 (Resumen ejecutivo)*. CONEVAL, México.
- CONANP. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 2016. *Dirrección regional frontera sur, Istmo y Pacífico sur*. En: <http://sig.conanp.gob.mx/website/pagsig/imgmapoteca/map_regiones/region_fronteraSur.pdf>, última consulta: 1 de junio 2016.
- CTAP-URI. Cetacean and Turtle Assessment Program, University of Rhode Island. 1981. *A characterization of marine mammals and turtles in the mid- and north-Atlantic areas of the U.S. outer continental shelf, Annual Report for 1979*. Bureau of Land Management, Washington.
- De Ávila Blomberg, A. 2004. La clasificación de la vida en las lenguas de Oaxaca. En: *Biodiversidad de Oaxaca*. A.J. García-Mendoza, M.J. Ordoñez y M. Briones-Salas (eds.). Instituto de Biología-UNAM/Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza/wwf, México, pp.481-539.
- De la Lanza Espino, G. 1991. *Oceanografía de mares mexicanos*. AGT, México.
- Díaz Gamboa, R. 2003. *Diferenciación entre tursiones (Tursiops truncatus) costeros y oceánicos en el golfo de California por medio de isótopos estables de carbono y nitrógeno*. Tesis de maestría en manejo de recursos marinos. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas-IPN, México.
- Dulau-Drouot, V., V. Boucaud y B. Rota. 2008. Cetacean diversity off La Reunion Island (France). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 88(6):1263-1272.

- Elorriaga-Verplancken, F.R., H. Rosales-Nanduca, A. Paniagua-Mendoza *et al.* 2016a. First record of pygmy killer whales (*Feresa attenuata*) in the gulf of California, México: diet inferences and probable relation with warm conditions during 2014. *Aquatic Mammal* 42(1):20-26.
- Elorriaga-Verplancken, F.R., H. Rosales-Nanduca y R. Robles. 2016b. Unprecedented records of Guadalupe fur seals in La Paz Bay, Southern gulf of California, Mexico, as a probable result of warm conditions in the northeastern Pacific. *Aquatic Mammals* 42:261-267.
- Elorriaga-Verplancken, F.R., G.E. Sierra-Rodríguez, H. Rosales-Nanduca *et al.* 2016c. Impact of the 2015 El Niño-southern oscillation on the abundance and foraging habits of Guadalupe fur seals and California sea lions from the San Benito Archipelago, Mexico. *PLoS ONE* 11(5):e0155034.
- Elorriaga-Verplancken, F.R., A. Blanco-Jarvio, C.A. Silva-Segundo *et al.* 2020. A southern elephant seal (*Mirounga leonina*) in the Gulf of California; Genetic confirmation of the northernmost record to date. *Aquatic Mammals* 46:137-145.
- Fernández, J.I., P. Álvarez-Torres, F. Arreguín-Sánchez *et al.* 2011. Coastal fisheries of Mexico. En: *Coastal fisheries of Latin America and the Caribbean*. Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 544. S. Salas, R. Chuenpagdee, A. Charles y J.C. Seijo (eds.). FAO, Roma, pp. 231-284.
- Gales, N., M. Hindell y R. Kirkwood (eds.). 2003. *Marine mammals: fisheries, tourism and management issues*. CSIRO Publishing, Melbourne.
- Galindo-Leal, C. 2004. La guelaguetza de la biodiversidad. En: *Biodiversidad de Oaxaca*. A.J. García-Mendoza, M.J. Ordoñez y M. Briones-Salas (eds.). Instituto de Biología-UNAM/Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza/WWF, México, pp. 15-16.
- Gallo-Reynoso, J.P. y J.L. Solórzano-Velasco. 1991. Two new sightings of California sea lions on the southern coast of Mexico. *Marine Mammal Science* 7(1):96.
- Gallo-Reynoso, J.P., M.O. Maravilla-Chávez y C.J. Navarro-Serment. 2010. New records of non-resident pinnipeds from the gulf of California, Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 81:209-213.
- García-Grajales, J., S.A. Buenrostro, E. Rodríguez-Rafael y J. Meraz. 2017. Biological observations and first stranding record of *Mesoplodon peruvianus* from the central Pacific coast of Oaxaca, Mexico. *Therya* 8:179-184.
- García-Mendoza, A.J., M.J. Ordoñez y M. Briones-Salas (eds.). 2004. *Biodiversidad de Oaxaca*. Instituto de Biología-UNAM/Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza/WWF, México.
- Gillet, R. 2010. *Estudio mundial sobre las pesquerías del camarón*. Documento técnico de pesca 475. ONU/FAO, Roma.
- Halpin, P.N., A.J. Read, E. Fujioka *et al.* 2009. OBIS-SEAMAP: The world data center for marine mammal, sea bird, and sea turtle distributions. *Oceanography* 22(2):104-115.
- Hill, P.S., A. Jackson y T. Gerrodette. 1990. *Report of a marine mammal survey of the Eastern Tropical Pacific aboard the R/V David Starr Jordan, July 29-December 7, 1989*. NOAA, Estados Unidos.
- Hill, P.S., R.C. Rasmussen y T. Gerrodette. 1991. *Report of a marine mammal survey of the Eastern Tropical Pacific aboard the R/V David Starr Jordan, July 28-December 6, 1990*. NOAA, Estados Unidos.
- Holt, R.S. y S.N. Sexton. 1987. *Report of a marine mammal survey of the Eastern Tropical Pacific aboard the research vessel David Starr Jordan, July 29-December 5, 1986*. NOAA, Estados Unidos.
- . 1988. *Report of a marine mammal survey of the Eastern Tropical Pacific aboard the R/V David Starr Jordan, August 8-December 10, 1987*. NOAA, Estados Unidos.
- Hubbs, C.L. 1952. Antitropical distribution of fishes and other organisms. *Proceedings of the 7th Pacific Science Congress* 3:324-329.
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2011. *Panorama sociodemográfico de México*. INEGI, México.
- Islas Villanueva, V. 2021. Profesora investigadora y Cátedra CONACYT en el Instituto de Genética de la Universidad del Mar. Comunicación personal, abril 2021.
- Jackson, A., T. Gerrodette, S.J. Chivers *et al.* 2004. *Marine mammal data collected during a survey in the eastern tropical Pacific aboard the NOAA ships McArthur II and David Starr Jordan, July 29-December 10, 2003*. NOAA, Estados Unidos.
- . 2008. *Marine mammal data collected during a survey in the eastern tropical Pacific ocean aboard NOAA ships David Starr Jordan and McArthur II, July 28-December 7, 2006*. NOAA, Estados Unidos.
- Kessler, W.S. 2006. The circulation of the eastern tropical Pacific: a review. *Progress in Oceanography* 69:181-217.
- Kinzey, D., T. Gerrodette, J. Barlow *et al.* 1999. *Marine mammal data collected during a survey in the eastern tropical Pacific ocean aboard the NOAA ships McArthur and David Starr Jordan and the UNOLS ship Endeavor July 31-December 9, 1998*. NOAA, Estados Unidos.
- . 2000. *Marine mammal data collected during a survey in the eastern tropical Pacific ocean aboard the NOAA ships McArthur and David Starr Jordan, July 28-December 9, 1999*. NOAA, Estados Unidos.
- Kinzey, D., T. Gerrodette, A.E. Dizon *et al.* 2001. *Marine mammal data collected during a survey in the eastern tropical Pacific ocean aboard the NOAA ships McArthur and David Starr Jordan, July 28-December 9, 2000*. NOAA, Estados Unidos.
- Lara-Lara, J.R., V. Arenas Fuentes, C. Bazán Guzmán *et al.* 2008. Los ecosistemas marinos. En: *Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad*. CONABIO, México, pp. 135-159.
- Lazos, E. y M. Chauvet. 2011. *Análisis del contexto social y biocultural de las colectas de maíces nativos en México*. En: <http://www.biodiversidad.gob.mx/genes/pdf/proyecto/Anexo9_Analisis_Especies

- listas/Lazos%20y%20Chauvet%202011.pdf>, última consulta: 24 de marzo de 2014.
- Lewisohn, R.L., L.B. Crowder, A.J. Read y S.A. Freeman. 2011. Understanding impacts of fisheries bycatch on marine megafauna. *Trends in Ecology and Evolution* 19(11):598-604.
- Lira-Torres, I. 2007. Nuevo registro de *Balaenoptera musculus* Linnaeus, 1758 (Mysticeti: Balaenopteridae) para la costa de Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Mastozoología* 11:69-72.
- Lusseau, D. 2005. Residency pattern of bottlenose dolphins *Tursiops truncatus* spp. in Milford Sound New Zealand. *Marine Progress Series* 295:265-272.
- Lusseau, D., D.E. Bain, R. Williams y J.C. Smith. 2009. Vessel traffic disrupts the foraging behavior of southern resident killer whales *Orcinus orca*. *Endangered Species Research* 6:211-221.
- Mangels, K.F. y T. Gerrodette. 1994. *Report on cetacean sightings during a marine mammal survey in the Eastern Tropical Pacific ocean aboard the NOAA Ships McArthur and David Starr Jordan, July 28-November 2, 1992*. NOAA, Estados Unidos.
- Medina, J. 2011. *Elasmobranchios capturados por la pesquería de arrastre camaronero en el golfo de Tehuantepec*. Tesis de licenciatura en biología marina. Universidad del Mar, México.
- Medrano González, L. 2006. Hacia una dinámica de la mastofauna marina mexicana: análisis de composición funcional y de algunas estructuras genéticas poblacionales. En: *Genética y mamíferos mexicanos: presente y futuro*. E. Vázquez-Domínguez y D.J. Hafner (eds.). New Mexico Museum of Natural History and Science Bulletin, Estados Unidos, pp. 9-19.
- . 2014. Profesor Investigador del Grupo de Mastozoología Marina, Departamento de Biología Evolutiva, Facultad de Ciencias-UNAM. Comunicación personal, marzo.
- Medrano González, L., E. Peters Recagno, M.J. Vázquez Cuevas e H. Rosales-Nanduca. 2007. Los mamíferos marinos ante el cambio ambiental en el Pacífico Tropical Mexicano. *Biodiversitas* 75:8-11.
- Medrano González, L., H. Rosales-Nanduca, M.J. Vázquez Cuevas et al. 2008. Diversidad, composiciones comunitarias y estructuras poblacionales de la mastofauna marina en el pacífico mexicano y aguas circundantes. En: *Avances en el estudio de los mamíferos marinos de México*. Vol. II. C. Lorenzo, E. Espinoza y J. Ortega (eds.). Publicaciones Especiales Asociación Mexicana de Mastozoología A.C., México, pp. 469-492.
- Meraz, J. 2003. Primer registro del lobo marino de California (*Zalophus californianus*) en Oaxaca, México. *Ciencia y Mar* 21:50-53.
- Meraz, J. y V.M. Sánchez-Díaz. 2008. Los mamíferos marinos en la costa central de Oaxaca. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 79:143-151.
- Moore, S. 2008. Marine mammals as ecosystem sentinels. *Journal of Mammalogy* 89(3):534-540.
- NVI. Grupo Noticias Voz e Imagen de Oaxaca. 2020. *Sorprendente hallazgo de cachalote en la Costa de Oaxaca, fue grabado por turistas*. En: <<https://www.nvinoticias.com/prevenccion/oaxaca/sorprendente-hallazgo-de-cachalote-en-la-costa-de-oaxaca-fue-grabado-por-turistas/98985>>, última consulta: diciembre de 2021.
- O'Hara, T. y T. O'Shea. 2005. Assessing impacts of environmental contaminants. En: *Marine mammal research. Conservation beyond crisis*. J.E. Reynolds III, W.F. Perrin, R. Reeves et al. (eds.). The John Hopkins University Press, Baltimore, pp. 64-83.
- Ortega-Ortiz, C.D., F. Elorriaga-Verplancken., L. Rodríguez-Téllez et al. 2013. First record of a neonate of California sea lion (*Zalophus californianus*) in Manzanillo, Colima, Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 84:705-708.
- Ortega-Ortiz, C.D., M. Vargas, A. Olivos et al. 2019. Guadalupe fur seal encounters in the Mexican Central Pacific during 2010-2015: Dispersion related to the species recovery? *Aquatic Mammals* 45:244-252.
- Páez-Rosas, D., L.A. Valdovinos y F.R. Elorriaga-Verplancken. 2017. Northernmost record of the Galapagos fur seal (*Arctocephalus galapagoensis*): A consequence of anomalous warm conditions around the Galapagos archipelago. *Aquatic Mammals* 43:629-634.
- Pérez-Bouchez, D. y G. Gordillo-Morales. 2002. Avistamientos y primeros registros de varamientos de mamíferos marinos en las costas de Oaxaca (Huatulco-puerto Escondido) de febrero de 1998 a mayo de 1999. En: *Memorias de la xxvii Reunión internacional para el estudio de los mamíferos marinos, Veracruz*. Veracruz.
- Pérez-Vallazza, C., R. Álvarez-Vázquez, L. Cardona et al. 2008. Cetacean diversity at the west coast of La Palma Island (Canary Islands). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 88(6):1289-1296.
- Perrin, W.F. 1975. Distribution and differentiation of populations of dolphins of the genus *Stenella* in the Eastern tropical Pacific. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 32:1059-1067.
- Pitman, R.L. y J.R. Brownell Jr. 2012. *Review of current knowledge on pygmy beaked whale Mesoplodon peruvianus including identification of knowledge gaps and suggestions for future research*. SC/64/SM30. Report presented to the Scientific Committee of the International Whaling Commission, Panamá.
- Pitman, R.L. y M.S. Lynn. 2001. Biological observations of an unidentified mesoplodont whale in the eastern tropical pacific and probable identity: *Mesoplodon peruvianus*. *Marine Mammal Science* 17:648-657.
- Plagány, E.E. y D.S. Butterworth. 2005. Indirect fishery interactions. En: *Marine mammal research. Conservation beyond crisis*. J.E. Reynolds III, W.F. Perrin, R. Reeves et al. (eds.). The John Hopkins University Press, Baltimore, pp. 19-45.

- Ramos-Elorduy, J. y J.M. Pino Moreno. 2004. Persistencia del consumo de insectos. En: *Biodiversidad de Oaxaca*. A.J. García-Mendoza, M.J. Ordoñez y M. Briones-Salas (eds.). Instituto de Biología-UNAM/Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza/WWF, México, pp. 565-584.
- Ramp, C., D. Gaspard, K. Gavrilchuk et al. 2021. Up in the air: drone images reveal underestimation of entanglement rates in large rorqual whales. *Endangered Species Research* 44:33-44.
- Read, A.J. 2008. The looming crisis: interactions between marine mammals and fisheries. *Journal of Mammalogy* 89(3):541-548.
- Reeves, R.R., B.S. Stewart., P.J. Clapham y J.A. Powell. 2002. *Guide to marine mammals of the world*. National Audubon Society/Alfred A. Knopf, Nueva York.
- Rosales-Nanduca, H. 2011. *Diversidad y distribución de la mastofauna marina en el océano Pacífico mexicano y aguas adyacentes*. Tesis de doctorado. Facultad de Ciencias-UNAM, México.
- Rosales-Nanduca, H., T. Gerrodette, J. Urbán et al. 2011. Macroecology of marine mammal species in the Mexican Pacific ocean: diversity and distribution. *Marine Ecology Progress Series* 431:281-291.
- Ross, P.S. 2002. The role of immunotoxic environmental contaminants in facilitating the emergence of infectious diseases in marine mammals. *Human and Ecological Risk Assessment* 8(2):277-292.
- Salinas, M. y P. Ladrón de Guevara. 1993. Riqueza y diversidad de los mamíferos marinos. *Ciencias* 7:85-93.
- Sánchez-Díaz, V.M. 2006. *Diversidad y abundancia de mamíferos marinos en la porción central de la costa de Oaxaca*. Tesis de licenciatura en biología marina. Campus Puerto Ángel-Universidad del Mar, México.
- Sánchez-Díaz, V. y J. Meraz. 2001. Registro de depredación sobre *Dermodochelys coriacea*, en las costas de Oaxaca por *Orcinus orca*. *Ciencia y Mar* 5:51-54.
- Santora, J.A., N.J. Mantua, I.D. Schroeder et al. 2020. Habitat compression and ecosystem shifts as potential links between marine heat wave and record whale entanglements. *Nature Communications* 11:1-12.
- Santos-Moreno, A. 2014. Los mamíferos del estado de Oaxaca. *Revista Mexicana de Mastozoología nueva época* 4(2):18-32.
- Sarukhán, J., P. Koleff, J. Carabias et al. 2009. *Capital natural de México. Síntesis: conocimiento actual, evaluación y perspectivas de sustentabilidad*. CONABIO, México.
- Schnell, G.D., M.E. Douglas y D.J. Hough. 1986. Geographic patterns of variation in offshore spotted dolphins (*Stenella attenuata*) of the eastern tropical Pacific ocean. *Marine Mammal Science* 2(3):186-213.
- Schramm, Y., G. Heckel, A. Sáenz-Arroyo et al. 2014. New evidence for existence of southern sea otters (*Enhydra lutris nereis*) in Baja California, México. *Marine Mammal Science* 30(3):1264-1271.
- SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2002. *Acuerdo por el que se establece como área de refugio para proteger a las especies de grandes ballenas de los subórdenes Mysticeti y Odontoceti, las zonas marinas que forman parte del territorio nacional y aquellas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción*. Publicado el 24 de mayo de 2002 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.
- . 2010. *Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010*. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación. Última reforma publicada el 14 de noviembre de 2019.
- Tamayo-Millán, C.J., M.A. Ahumada-Sempoal, A. Cortés-Gómez et al. 2021. Identificación molecular del primer lobo fino de Galápagos (*Arctocephalus galapagoensis*) registrado en la costa central de Oaxaca. *Ciencias Marinas* 47(3):201-209.
- Tapia García, M. 1998. *El golfo de Tehuantepec: el ecosistema y sus recursos*. Unidad Iztapalapa-UAM, México.
- Tapia-García, M., M.C. García-Abad, A. Carranza-Edwards y F. Vázquez-Gutiérrez. 2007. Environmental characterization of the continental shelf of the gulf of Tehuantepec. *Geofísica Internacional* 46(4):249-260.
- Torres, A., C. Esquivel y G. Ceballos. 1995. Diversidad y conservación de los mamíferos marinos de México. *Revista Mexicana de Mastozoología* 1:22-43.
- Townsend, C.H. 1935. The distribution of certain whales as shown by logbook records of American whaleships. *Zoologica* 19(1):1-50.
- UICN. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. 2021. *The IUCN Red List of Threatened Species. Versión 2021-2*. En: <<http://www.iucnredlist.org>>, última consulta: diciembre de 2021.
- Urbán, J. 2010. Marine mammals of the Gulf of California: An overview of diversity and conservation status. En: *The Gulf of California: biodiversity and conservation*. R.C. Brusca (ed.). The University of Arizona Press, Tucson, pp. 188-210.
- Urbán, J., G. Cárdenas y A. Gómez-Gallardo. 2012. Cetaceans of the gulf of California's Southwest Coast. En: *Los Cabos: prospective for a natural and tourism paradise*. P. Ganster, O. Arzipe y A. Ivanova (eds.). San Diego State University Press, San Diego, pp. 101-123.
- Urbán, J., L. Viloria y L.A. Valdovinos. 2013. *Molecular determination of the identity of Mesoplodon sp. A. SC/65a/SM28*. Report presented to the Scientific Committee of the International Whaling Commission, Corea del Sur.
- Viloria Gómora, L. 2007. *Determinación de morfotipos de toninas (Turpiops truncatus) y de su identidad poblacional en la bahía de Bandejas, México*. Tesis de maestría. UNAM, México.
- Villegas-Zurita, F. 2015. Primer registro de *Steno bredanensis* (Cetartiodactyla: Delphinidae) en la costa de Oaxaca, México. *Therya* 6(2):483-488.

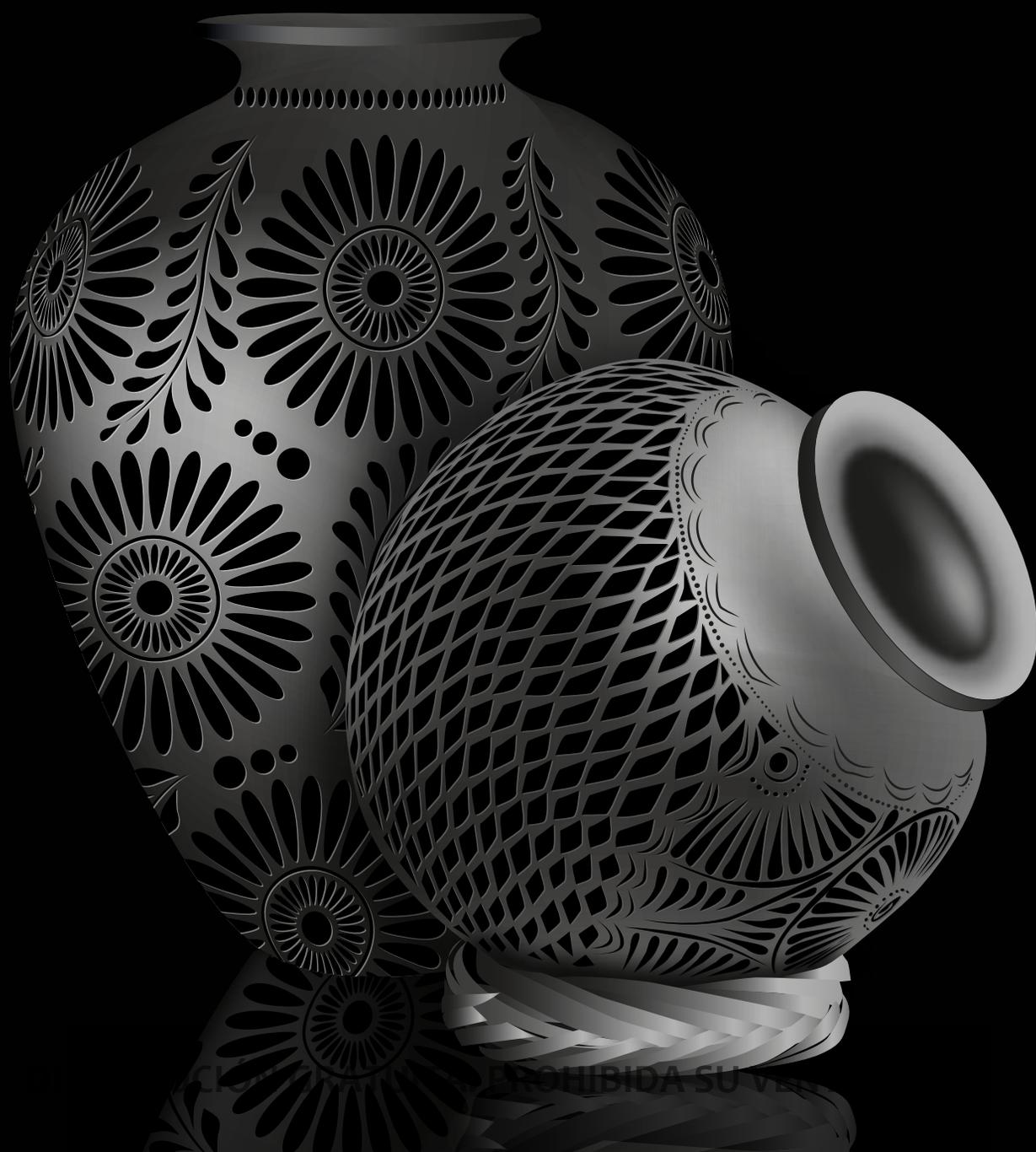
- . 2018. Profesor investigador, Universidad del Mar. Comunicación personal, noviembre 2018.
- Villegas-Zurita, F. y F. Castillejos-Moguel. 2013. Primer registro de alimentación oportunista de ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) en la costa de Oaxaca, México. *Therya* 4(1):113-119.
- Villegas-Zurita, F., F. Castillejos-Moguel y F.R. Elorriaga-Verplancken. 2015. Southernmost presence of the Guadalupe fur seal (*Actocephalus townsendi*) in the mexican south Pacific. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 86(2015):1107-1109.
- Villegas-Zurita, F., F. Castillejos-Moguel, S. Cabrera-Núñez y R.F. Ramírez-Barragán. 2016a. First records of *Balaenoptera edeni* (Cetiodactyla: Balaenopteridae) in the coast of Oaxaca, Mexico. *Therya* 7:499-503.
- Villegas-Zurita, F., F. Elorriaga-Verplancken y F. Castillejos-Moguel. 2016b. First report of a South American fur seal (*Arctocephalus australis*) in Mexico. *Aquatic Mammals* 42(1):42-46.
- Villegas-Zurita, F., F. Castillejos-Moguel, F. Benítez-Villalobos y J. Urbán-Ramírez. 2018. Alpha diversity of marine mammals of the Mexican South Pacific. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 89:898-909.
- Widlansky, M.J., A. Timmermann y W. Cai. 2015. Future extreme sea level seesaws in the tropical Pacific. *Science Advances* 1(8):e1500560.
- Wilkinson, T., E. Wiken, J. Bezaury Creel et al. 2009. *Ecorregiones marinas de América del norte*. Comisión para la Cooperación Ambiental, Montreal.



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Autores



Abascal Vásquez Jennifer Elvira
abasjen_02@hotmail.com

Aceves Medina Gerardo
gaceves@ipn.mx
Instituto Politécnico Nacional

Acosta Castellanos José Salvador
salvacst@gmail.com
Instituto Politécnico Nacional

Anta Fonseca Salvador
salvanta@yahoo.com.mx
Consejo Civil Mexicano para la Silvicultura Sostenible A.C.

Antonio Pérez Virgilio
hoy.bucea@gmail.com
Buceo Huatulco

Arredondo Bernal Hugo César
hcesarab@hotmail.com
Servicio Nacional de Sanidad e Inocuidad
y Calidad Agroalimentaria

Ávalos Hernández Omar
omaravalosh@ciencias.unam.mx
Universidad Nacional Autónoma de México

Báez Montes Oscar
biologo.oscarbaez@gmail.com
Universidad Autónoma de Guadalajara

Báez Santacruz Jezabel
jeza.baez@gmail.com
Universidad Veracruzana

Barrientos Luján Norma Arcelia
blujana@angel.umar.mx
Universidad del Mar

Bastida Zavala José Rolando
rolando_bastida@yahoo.com.mx
Universidad del Mar

Bautista Hernández Silvia
sbautistah@ipn.mx
Instituto Politécnico Nacional

Becerra Soria Carlos Omar
carlos.omar.becerra@gmail.com
Universidad Nacional Autónoma de México

Beltrán Casanova Emma

Benítez Inzunza Esteban Eduardo
benitezinzunza@gmail.com
Consultor independiente

Benítez Villalobos Francisco
fbv@angel.umar.mx
Universidad del Mar

Botello López Francisco Javier
francisco.botello@ib.unam.mx
Universidad Nacional Autónoma de México

Brailovsky Alperowitz Harry
coreidae@ib.unam.mx
Universidad Nacional Autónoma de México

Buzzetti Filippo Maria
buzzettifilippo@fondazionemcr.it
Fondazione Museo Civico di Rovereto

Calderón Aguilera Luis Eduardo
leca@cicese.mx
Centro de Investigación Científica y de Educación
Superior de Ensenada, Baja California

Camacho Cruz Karla Andrea
krla_2307@hotmail.com
Instituto Politécnico Nacional

Cano Santana Zenón
zcs@ciencias.unam.mx
Universidad Nacional Autónoma de México

Canseco Márquez Luis
lcanseco@gmail.com

Carballo Cenizo Juan José Luis
jlcarballo@ola.icmyl.unam.mx
Universidad Nacional Autónoma de México

Castellanos Vargas Iván Israel

icv@ciencias.unam.mx

Universidad Nacional Autónoma de México

Cerdenares Ladrón de Guevara Genoveva

gcerdenares@angel.umar.mx

Universidad del Mar

Cervantes Peredo Luis[†]**Choe Hyeyeong****Cortés Carrasco Fernando**

corcafacuatico@gmail.com

Universidad Metropolitana de Puebla

Cruz Angón Andrea

acruz@conabio.gob.mx

Comisión Nacional para el Conocimiento
y Uso de la Biodiversidad**Cruz Arenas Eufemia**

astyanaxaeneus@hotmail.com

Consultor independiente

Cruz Martínez Alicia

a.cruz@correo.ler.uam.mx

Universidad Autónoma Metropolitana

Cruz Medina Jorge

jcruz@conabio.gob.mx

Comisión Nacional para el Conocimiento
y Uso de la Biodiversidad**Cruz Piñón Gabriela**

gacruz@uabcs.mx

Universidad Autónoma de Baja California Sur

Cruz Ruiz Gabriel Isaías

gicr_99201361@hotmail.com

Instituto Politécnico Nacional

De la Maza Elvira Roberto Gonzalo

Kolijke@hotmail.com

Sociedad Mexicana de Lepidopterología A.C.

Díaz Carballido Pedro Luis

luis25-carb@hotmail.com

Universidad del Mar

Durán González Alicia

aliciad@cmarl.unam.mx

Escudero Leyva Efraín

efrain.escudero@ucr.ac.cr

Instituto Politécnico Nacional

Esqueda González María del Carmen

carmen.esqueda@academicos.udg.mx

Universidad de Guadalajara

Fontana Paolo

paolo_api.fontana@fmach.it

Fondazione Edmund Mach

García Jiménez Jesús

jgarjim@yahoo.com.mx

Tecnológico Nacional de México

García López Deisy Yazmín

deisyazmin@gmail.com

Instituto Politécnico Nacional

García Madrigal María del Socorro

ms_garcia_m@hotmail.com

Universidad del Mar

García Meza Diego

dgm@ciencias.unam.mx

Universidad Nacional Autónoma de México

Gay González Alfonso Daniel

espa_1529@hotmail.com

Instituto Politécnico Nacional

Gold Morgan Michele

mlitagmorgan@gmail.com

Universidad Nacional Autónoma de México

Gómez Peralta Marlene

marlenegomezperalta@gmail.com

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Gómez Ugalde Rosa María

rosa.gu@voaxaca.tecnm.mx
Tecnológico Nacional de México

González Jaramillo Surya Ivonne

surya_ivonne@ciencias.unam.mx
Universidad Nacional Autónoma de México

González Resendiz María Laura

mlauragonzalez@gmail.com
Universidad Autónoma Metropolitana

González Soriano Enrique

esoriano@ib.unam.mx
Universidad Nacional Autónoma de México

González Valencia Leonardo Salomón

lgonzalezvalencia@yahoo.com.mx
Universidad Nacional Autónoma de México

Granja Fernández Rebeca

beckygranja@gmail.com
Universidad de Guadalajara

Grosselet Manuel Olivier

birdinnet@yahoo.com.mx
Tierra de Aves A.C.

Guevara López Lázaro

llg@ib.unam.mx
Universidad Nacional Autónoma de México

Gutiérrez Trejo Nayeli

ngutierrez@amnh.org
American Museum of Natural History

Hendrickx Reners Michel Edmond

michel@ola.icmyl.unam.mx
Universidad Nacional Autónoma de México

Hernández Mejía Blanca Claudia

claudia_hernandezm@hotmail.com
Universidad Autónoma del Estado de México

Hernández Ramos Balbina

Universidad del Mar

Hernández Santana José Ramón

santana@igg.unam.mx
Universidad Nacional Autónoma de México

Kohlmann Cuesta Bert Carlos

bkohlman@earth.ac.cr
Universidad EARTH

Laguarda Figueras Alfredo

laguarda@cmarl.unam.mx
Universidad Nacional Autónoma de México

León Avendaño Hugo Humberto

hugo.la@voaxaca.tecnm.mx
Tecnológico Nacional de México

León Tejera Hilda Patricia

hlt@ciencias.unam.mx
Universidad Nacional Autónoma de México

Llorente Bousquets Jorge Enrique

jlb@ciencias.unam.mx
Universidad Nacional Autónoma de México

López López Porfirio Simón

porfiriosll@hotmail.com
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales
Agrícolas y Pecuarias

López Pérez Ramón Andrés

alopez@xanum.uam.mx
Universidad Autónoma Metropolitana

López Sánchez Claudia

claudina1963@gmail.com
Tecnológico Nacional de México

Luis Martínez Moisés Armando

alm@ciencias.unam.mx
Universidad Nacional Autónoma de México

Mariño Pérez Ricardo

ricmp@umich.edu
University of Michigan

Martínez Blancas Alejandra

alemtzb@ciencias.unam.mx

Universidad Nacional Autónoma de México

Martínez Oriol Fausto Hernán

faustohernan@hotmail.com

Universidad Nacional Autónoma de México

Martínez Ramírez Emilio

emmartinez@ipn.mx

Instituto Politécnico Nacional

Martorell Delgado Carlos

martorell@ciencias.unam.mx

Universidad Nacional Autónoma de México

Mateo Cid Luz Elena

luzmcyd@gmail.com

Instituto Politécnico Nacional

Matus Vicente Diego Alberto

Consultor independiente

Meave del Castillo María Esther Angélica[†]**Méndez Linares Ana Patricia**

patyml@igg.unam.mx

Universidad Nacional Autónoma de México

Mendoza González Ángela Catalina

mcati8585@gmail.com

Instituto Politécnico Nacional

Meza Oliva Jesús Vinicio

viniomeza@hotmail.com

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales

Mora Franz

fmora@conabio.gob.mx

Comisión Nacional para el Conocimiento
y Uso de la Biodiversidad**Moreno Alcántara María**

mmorenoa1300@alumno.ipn.mx

Instituto Politécnico Nacional

Moreno Derbez Carlos[†]**Morfin Méndez Joel Felipe**

biol.j.morfinmendez@gmail.com

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural

Nájera Cordero Karla Carolina

knajera@conabio.gob.mx

Comisión Nacional para el Conocimiento
y Uso de la Biodiversidad**Nava Olvera Rocio**

rnavao@ipn.mx

Instituto Politécnico Nacional

Nieto Castañeda Irma Gisela

irmanieto@zicatela.umar.mx

Universidad del Mar

Noguera Martínez Felipe Arturo

fnoguera@unam.mx

Universidad Nacional Autónoma de México

Ortega Salas Héctor

hector.ortegasalas@naturalis.nl

Naturalis Biodiversity Center

Pacheco Mota Armida Leticia

pacheco@xanum.uam.mx

Universidad Autónoma Metropolitana

Pacheco Ramírez Cotsikayala

cotsi.pacheco@gmail.com

Universidad del Mar

Palma Cruz Felipe de Jesús

felipepalmacruz@gmail.com

Tecnológico Nacional de México

Parra Olea Gabriela

gparra@ib.unam.mx

Universidad Nacional Autónoma de México

Pérez Delgado Pilar Enriqueta

Pérez Enriquez Viviana Isabel

peev@live.com.mx
Universidad del Mar

Pérez Hernández Cisteil Xinum

cxinum@gmail.com
Universidad Nacional Autónoma de México

Ramírez Chávez Eduardo Juventino

lutjanus@gmail.com
Universidad del Mar

Ramírez García Enrique

eramgar@ib.unam.mx
Universidad Nacional Autónoma de México

Ramírez González Cynthia Grisell

eternia19@hotmail.com
Consultor independiente

Rangel Osornio Violeta

violeta.rangel@gmail.com
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Raymundo Ojeda Tania

traymundo@ipn.mx
Instituto Politécnico Nacional

Reyes Bonilla Héctor

hreyes@uabcs.mx
Universidad Autónoma de Baja California Sur

Ríos Jara Eduardo

eduardo.rios@academicos.udg.mx
Universidad de Guadalajara

Ríos Ureña Dulce Noemi

dulcenoemi22@gmail.com
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Rivera García Raúl

rriverag@ipn.mx
Instituto Politécnico Nacional

Rodríguez Almaraz Gabino Adrián

gabino.rodriguez@uanl.edu.mx
Universidad Autónoma de Nuevo León

Rodríguez Vélez Beatriz

beatriz_rv@yahoo.com
Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural

Romero Mata Ariana

arianromat@yahoo.com.mx
Universidad Nacional Autónoma de México

Rös Matthias

mros@ipn.mx
Instituto Politécnico Nacional

Rosales Nanduca Hiram

hrosales@uabcs.mx
Universidad Autónoma de Baja California Sur

Rovito Sean Michael

sean.rovito@cinvestav.mx
Instituto Politécnico Nacional

Ruiz Michael Georgita

Salas Morales Silvia Hortensia

Salinas Gutiérrez José Luis

heliopetes@gmail.com
Universidad Nacional Autónoma de México

Santibáñez López Carlos Eduardo

santibanezlopezc@wcsu.edu
Western Connecticut State University

Schwartz Mark

Smith Aguilar Sandra Elizabeth

galadriellent@yahoo.com
Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca

Soberanes Santín Álvaro

Solís Jerónimo Sandra Janet

ssolis@conabio.gob.mx
Comisión Nacional para el Conocimiento
y Uso de la Biodiversidad

Solís Marín Francisco Alonso

fasolis@cmarl.unam.mx

Universidad Nacional Autónoma de México

Thorne James

Torres Huerta Ana María

anamaria@angel.umar.mx

Universidad del Mar

Trujano Huerta Gerardo

gtrujanohuerta1pm@gmail.com

Centro de Innovación en Tecnología Apropiada
Agropecuaria S.C.

Trujano Ortega Marysol

marysol_trujano@yahoo.com.mx

Universidad Nacional Autónoma de México

Valenzuela Garza Ricardo

rvalenzg@ipn.mx

Instituto Politécnico Nacional

Vargas Fernández Isabel

vf@ciencias.unam.mx

Universidad Nacional Autónoma de México

Vásquez Dávila Marco Antonio

marco.vd@voaxaca.tecnm.mx

Tecnológico Nacional de México

Vázquez Ribera Carmen

Universidad Nacional Autónoma de México

Vega Juárez Cristina

crizezita@hotmail.com

Velásquez Cepeda María Cristina

Venegas Suárez Peredo Carlos David

Universidad Nacional Autónoma de México

Villalobos Rodríguez José María

Villaseñor Sánchez Emma Inés

villasenor.sanchez.emma@gmail.com

Centro de Investigaciones y Estudios Superiores
en Antropología Social

Warren Andrew David

awhesp@gmail.com

University of Florida

Williams John

jnwill@ucdavis.edu

University of California

Zamudio Resendiz María Eugenia

maruzare@gmail.com

Universidad Autónoma Metropolitana

Zaragoza Caballero Santiago

zaragoza@ib.unam.mx

Universidad Nacional Autónoma de México

Zepeda Martínez Verónica Noemí

verozepeda@ciencias.unam.mx

Universidad Nacional Autónoma de México

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Compilación y edición técnico-científica de todas las secciones:

Karla Carolina Nájera Cordero¹

¹Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad

Revisión técnica de textos^a y listas de especies:^b

Oscar Báez Montes,^{a,b} Esteban Eduardo Benítez Inzunza,^a Ana Laura García López,^a Sara González Pérez,^a Rafael Pompa Vargas,^a Yajaira García Fera,^a Jorge Cruz Medina,^{a,b} Karla Carolina Nájera Cordero.^{a,b}

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 Alejandro de Ávila Bloomberg, Susana Alejandre, Héctor Perdomo y Ana Victoria Contreras Ruíz Esparza, quienes estuvieron involucrados en etapas iniciales de la elaboración de esta obra.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Forma de citar:

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) y Gobierno del Estado de Oaxaca. 2022.
La biodiversidad en Oaxaca. Estudio de Estado. CONABIO, México.

Los apéndices de esta obra se encuentran en forma digital en: <http://www.biodiversidad.gob.mx/region/EEB/estudios.html>

Versión digital

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Versión digital publicada en junio de 2022
Familia tipográfica Cronos Pro

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



CONABIO
COMISIÓN NACIONAL PARA
EL CONOCIMIENTO Y USO
DE LA BIODIVERSIDAD

Oaxaca
JUNTOS CONSTRUIMOS EL CAMBIO



Gobierno del Estado

SEMAEDES
Secretaría del Medio Ambiente, Energías
y Desarrollo Sustentable

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA