La biodiversidad en

BAJA California SUR

Estudio de Estado

Volumen 2

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

La biodiversidad en

BAJA California SUR

Estudio de Estado

Volumen 2

ISLA
PNUD
VISIT BAJA CALIFORNIA SUR
Medio Ambiente
Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
CONABIO
COMISIÓN NACIONAL PARA EL CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD
GOBIERNO DEL ESTADO DE BAJA CALIFORNIA SUR

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Primera edición, 2025
Versión Digital
Obra completa: 978-607-8570-85-0 **Volumen II: 978-607-8570-87-4**

Coordinación y seguimiento general:
Andrea Cruz Angón[1]
Erika Daniela Melgarejo[1] Jorge Cruz Medina[1]

Reconocimiento especial por sus actividades de seguimiento y gestión
Rosa Maribel Collins Sánchez[2], María Elena Martínez Delgado[3] y Antonio Cantú Díaz Barriga[3]

Cuidado de la edición:
Claudia Verónica Gómez Hernández
Jorge Cruz Medina[1]
Karla Carolina Nájera Cordero[1]
Erika Daniela Melgarejo[1]

Corrección de estilo:
Elssy Aileen Eyssautier Gómez
Jorge Cruz Medina[1]
Karla Carolina Nájera Cordero[1]

Cartografía:
Jorge Cruz Medina[1]

Diseño y formación:
Claudia Verónica Gómez Hernández/Vector Diseño

Derechos patrimoniales y editoriales
D.R. © 2025 Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)
Liga Periférico - Insurgentes Sur 4903, Parques del Pedregal, Tlalpan, C.P. 14010, Ciudad de México
www.gob.mx/conabio

Nacional Financiera S.N.C., en su carácter de Fiduciaria del Fideicomiso Fondo para la Biodiversidad
Liga Periférico - Insurgentes Sur 4903, Parques del Pedregal, Tlalpan, C.P. 14010, Ciudad de México

Conservación del Territorio Insular Mexicano, A.C. (ISLA)
Calle Dunas No. 155, La Esperanza I, C.P. 23090, La Paz, Baja California Sur
www.isla.org.mx

[1] Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad
[2] Secretaría de Turismo y Economía de Baja California Sur
[3] Conservación del Territorio Insular Mexicano, A.C.

La publicación de esta obra fue financiada por el proyecto "Integración de criterios de la Conservación de la Biodiversidad para el Sector Turístico en México con énfasis en los Ecosistemas Costeros Ricos en Biodiversidad" (KUXATUR) a través del Programa de las Naciones Unidas (PNUD), el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF) y el Fideicomiso de Turismo de Baja California Sur (FITUES).

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

Aurora Breceda Solís Cámara
José Juan Pérez Navarro
Miguel Ángel Leal Jiménez
David Javier López Cortés
Francisco De Lachica Bonilla
Yoav Bashan

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Presentación

La biodiversidad, la inmensa y compleja red de la vida en nuestro planeta, es el pilar que sustenta los procesos ecológicos y el bienestar humano. Es crucial para el funcionamiento de los ecosistemas, para la economía, la cultura y la calidad de vida de las personas. En un mundo donde la actividad humana está alterando continuamente los entornos naturales, es imperante comprender la importancia de la biodiversidad para valorar lo que implica su pérdida, desarrollar estrategias de conservación efectivas y promover un desarrollo sostenible.

La biodiversidad es un pilar fundamental para las actividades económicas como la agricultura, la ganadería y el turismo. Es vital para sustentar la salud de los ecosistemas, lo que a su vez garantiza la provisión de los servicios ecosistémicos esenciales como la regulación del clima, la provisión de agua y la producción de alimentos, entre muchos otros.

El presente documento, ***La biodiversidad en Baja California Sur. Estudio de Estado***, que con gran orgullo y satisfacción presentamos, surge de la necesidad imperante de entender nuestra situación actual, conocer las dinámicas que nos afectan y trazar una ruta hacia la sostenibilidad.

Representa una base fundamental para la conservación, la restauración y recuperación de ecosistemas, el desarrollo sostenible, la toma de decisiones informadas y el diseño de políticas públicas, para lograr áreas urbanas sostenibles y resilientes y, poblaciones rurales con mejores oportunidades de bienestar.

Para el Gobierno del Estado de Baja California Sur es muy gratificante ser parte de esta obra que se inserta en el marco de la iniciativa de las Estrategias Estatales de Biodiversidad coordinada por la CONABIO y que a su vez permite dar cumplimiento a los compromisos establecidos en el Plan Estatal de Desarrollo de Baja California Sur, 2021 – 2027, en la búsqueda de un estado de bienestar, mejores oportunidades, con inclusión y justicia ambiental para la población sudcaliforniana.

Comprender la importancia de la biodiversidad, conocerla, protegerla y preservarla es una responsabilidad de todos. Deseamos que este documento se constituya en un llamado a la conciencia colectiva y participación de todas y todos.

Asimismo, deseo expresar mi más sincero reconocimiento y agradecimiento a las más de 270 mujeres y hombres que, con profundo compromiso y vocación de servicio, aportaron sus conocimientos y experiencia para la elaboración de este Estudio de Estado. Gracias a su dedicación fue posible desarrollar 143 contribuciones que integran información robusta acompañada de mapas, fotografías, gráficas y diagramas, conformando tres volúmenes y cerca de 1 450 páginas.

Este esfuerzo colectivo es un legado invaluable para Baja California Sur. Refleja la grandeza de nuestra comunidad científica, académica, institucional y social, y nos brinda herramientas sólidas para tomar decisiones que protejan nuestra riqueza natural y fortalezcan el bienestar de nuestro pueblo. A todas y todos, mi gratitud y reconocimiento por contribuir a la construcción de un futuro más justo, sostenible y digno para la gente de Baja California Sur.

Prof. Víctor Manuel Castro Cosío
Gobernador Constitucional del Estado de Baja California Sur

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Mensaje

El Gobierno del Estado de Baja California Sur, la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), y un grupo de expertos locales, nacionales e internacionales, han sumado esfuerzos para conformar la obra ***La biodiversidad en Baja California Sur. Estudio de Estado***, que reúne el conocimiento más amplio disponible sobre la riqueza natural de la entidad.

Baja California Sur destaca por albergar una singular biodiversidad, resultado de su historia geológica, sus condiciones de semiaislamiento (dentro de una península, casi isla) y su clima, así como por la variedad de ambientes terrestres y marinos que la conforman. Esta obra –integrada por 143 contribuciones distribuidas en 10 secciones y 3 volúmenes– compila información robusta y confiable sobre la diversidad biológica sudcaliforniana, con datos detallados sobre grupos biológicos y su diversidad genética, además de analizar la dinámica de sus ecosistemas y las principales fortalezas y oportunidades de mejora en distintos ámbitos, para promover un desarrollo socioeconómico en armonía con la naturaleza.

Esta obra está diseñada como una herramienta de referencia para autoridades gubernamentales, instituciones académicas, comunidades locales y sociedad en general, al proporcionar información clave para la planeación, diseño e implementación de políticas públicas orientadas a la conservación del patrimonio natural y al desarrollo sostenible de la entidad.

La biodiversidad en Baja California Sur. Estudio de Estado constituye el diagnóstico estatal número 28 en ser publicado, el cual aporta elementos fundamentales para la implementación de la ***Estrategia Nacional sobre Biodiversidad de México y Plan de Acción al 2030***, así como para el cumplimiento de los compromisos internacionales adquiridos por México en el marco del Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB).

La CONABIO reconoce y agradece el compromiso de los 272 autores pertenecientes a 48 instituciones académicas, gubernamentales y de la sociedad civil que participaron en la elaboración de esta importante obra. Gracias a este trabajo colectivo, Baja California Sur cuenta ahora con un valioso instrumento que permitirá fortalecer la toma de decisiones informada, fomentar la conservación y el uso sostenible de la biodiversidad, y favorecer que las generaciones presentes y futuras sigan beneficiándose de este invaluable patrimonio natural sudcaliforniano.

Raúl Jiménez Rosenberg
Secretario Ejecutivo de la CONABIO

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Índice

9 **Presentación**
11 **Mensaje**
15 **Introducción**

6 Diversidad de especies / Microorganismos, hongos y plantas

25 Resumen ejecutivo
27 Diversidad de virus con genoma de DNA (begomovirus)
36 EC. *Tomato chino La Paz virus*
42 EC. Diversidad microbiana en ambientes hipersalinos
46 EC. Cianobacterias de costras biológicas de suelo
55 Fitoplasmas
67 Avances en el conocimiento de los hongos macromicetos
75 Diatomeas bentónicas marinas y dulceacuícolas
83 Macroalgas marinas
97 Flora vascular
120 EC. Diversidad biológica e importancia de las praderas de pastos marinos
131 Diversidad parasitaria en organismos de ambientes marinos
145 Zooplancton marino



6 Diversidad de especies / Invertebrados

163 Moluscos marinos
172 EC. Gasterópodos holoplanctónicos
176 EC. Babosas marinas (Heterobranchia)
184 EC. Octópodos
192 EC. Picnogónidos (Arthropoda: Pycnogonida)
198 EC. Decápodos nadadores, de fondos suaves y dulceacuícolas
206 EC. Crustáceos decápodos simbiontes de macroinvertebrados
212 EC. Diversidad de especies de langostinos del género *Macrobrachium* (Crustacea) en dos cuencas hidrológicas de alta importancia ecológica
223 Arañas
233 Chinches, cochinillas, pulgones, chicharritas, garapitos y cigarras (Hemiptera)
247 Escarabajos (Coleoptera)
259 Mariposas diurnas y palomillas o polillas (Lepidoptera)
271 Abejas, avispas y hormigas (Hymenoptera)

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

281 Moscas, crisopas, frigáneas, pulgas y otros insectos holometábolos
295 Colémbolos, libélulas, ciempiés, milpiés y otros artrópodos unirramios (Myriapoda y Hexapoda, excepto Hemiptera y holometábolos)
316 EC. Artrópodos de importancia médica



6 Diversidad de especies / Vertebrados
333 Elasmobranquios (tiburones y rayas)
347 Peces de aguas oceánicas profundas
357 Peces marinos costeros
381 Peces asociados a ecosistemas de manglar
392 EC. Diversidad de larvas de peces en bahía Sebastián Vizcaíno
398 EC. Malformaciones en peces óseos y elasmobranquios
407 Peces de oasis
419 Herpetofauna (anfibios y reptiles)
438 EC. Serpientes de cascabel
444 EC. Las tortugas marinas
455 Aves
466 EC. El playero rojizo en Guerrero Negro, el sitio de mayor importancia en la entidad
474 EC. Mascarita peninsular (*Geothlypis beldingi*), un ave en peligro de extinción exclusiva de los oasis sudcalifornianos
482 EC. Avifauna de los oasis de la sierra El Mechudo e involucramiento de niños y jóvenes en su conservación
491 Mamíferos terrestres
502 EC. Mamíferos carnívoros
508 EC. Recuperación del berrendo peninsular
512 EC. Borrego cimarrón
523 Diversidad de mamíferos marinos
554 EC. La ballena gris en laguna San Ignacio
562 EC. Ballena jorobada



574 **Nuestros autores**

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Introducción

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

En este volumen de *La biodiversidad en Baja California Sur. Estudio de Estado*, se presenta información confiable y detallada sobre uno de los niveles fundamentales de organización de la biodiversidad: las especies. A lo largo de sus páginas se aborda información para diferentes grupos biológicos que habitan en el estado, incluyendo su diversidad, distribución e importancia ecológica, económica y cultural, además de documentar factores que amenazan su permanencia, acciones de conservación emprendidas y propuestas para su aprovechamiento sustentable. La información integrada se conduce con solidez científica, pero con un lenguaje accesible a público en general y tomadores de decisiones, con la finalidad de contribuir a la difusión del conocimiento y al diseño de políticas públicas a favor de la riqueza natural sudcaliforniana.

El concepto de *especie*

La especie es el nivel más conocido de la biodiversidad y representa la unidad básica de la clasificación taxonómica (Levin 1979, Mayden 1997). A partir de este nivel se desarrollan marcos legales para proteger la biodiversidad, como la definición de categorías de riesgo o la integración de bases de datos sobre conservación (Iriondo 2000, SEMARNAT 2010). No obstante, dada la complejidad y diversidad de formas de vida en el planeta, resulta difícil establecer un concepto universal de *especie*. Así, dependiendo del enfoque disciplinario con el que se trabaje, se han propuesto más de 20 definiciones distintas del término (Mayden 2002).

Una definición ampliamente utilizada es el concepto biológico propuesto por Mayr (1963), el cual señala que las especies se conforman de grupos de poblaciones naturales que se entrecruzan, producen descendencia fértil y están reproductivamente aisladas de otros grupos. Esta definición, aunque útil, tiene limitaciones, ya que no considera organismos asexuales (como bacterias y otros microorganismos). Desde una perspectiva más amplia, las especies pueden entenderse como conjuntos de poblaciones que comparten un ancestro común, se desarrollan en un espacio determinado y en ellas actúan fuerzas evolutivas como la selección natural o el flujo genético (Llorente-Bousquets y Ocegueda 2008, Martín Villuendas 2019). Cabe mencionar que, aunque el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) no define el término *especie*, sí reconoce a las *especies domesticadas o cultivadas*, como aquellas cuya evolución ha sido influenciada por el ser humano para satisfacer sus propias necesidades (CDB 1992).

Cruz-Angón, A., J. Cruz-Medina y K. Nájera-Cordero. 2025. Introducción. En: *La biodiversidad en Baja California Sur. Estudio de Estado*. Vol. II. CONABIO/FFB, México, pp. 15-20.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Clasificación de los seres vivos

Uno de los elementos fundamentales para entender y valorar la gran diversidad de seres vivos es a través de su clasificación. Para ello, la ciencia biológica utiliza el sistema taxonómico desarrollado por Carlos Linneo (1758), mediante el cual Linneo describió, catalogó y clasificó más de 4 500 especies de plantas y animales; además de que fue el primero en asignar al ser humano el nombre científico *Homo sapiens* e incluirlo entre los primates (Ramírez-Clavijo 2007). El sistema taxonómico se fundamenta en un esquema jerárquico, donde los diferentes seres vivos se agrupan por medio de siete principales categorías anidadas que reflejan su nivel de parentesco: 1) reino, 2) *phylum* o división, 3) clase, 4) orden, 5) familia, 6) género y 7) especie. Esta clasificación utiliza un sistema binomial para nombrar a cada especie, compuesto por un epíteto genérico (también llamado género) y uno específico (o especie, figura 1). Así, esta organización estandarizada evita confusiones derivadas del uso de nombres comunes en los seres vivos (ya que éstos pueden variar de acuerdo al lugar, la cultura y el idioma) y permite reconocer relaciones evolutivas, cuantificar la diversidad y establecer bases sólidas para la conservación de la biodiversidad (Iriondo 2000).





Clasificación taxonómica		
Plantae	**Reino**	Animalia
Tracheophyta	**División o *Phylum***	Arthropoda
-	***Subphylum***	Crustacea
Magnoliopsida	**Clase**	Malacostraca
Magnoliidae	**Subclase**	Eumalacostraca
Fabales	**Orden**	Decapoda
Fabaceae	**Familia**	Diogenidae
Olneya	**Género**	*Calcinus*
Olneya tesota	**Especie**	*Calcinus californiensis*
A. Gray, 1854	**Autoridad taxonómica**	Bouvier, 1898

Figura 1. Clasificación taxonómica de dos especies que se distribuyen en Baja California Sur consultadas en EncicloVida (2025). El palo fierro (*Olneya tesota*) es una planta característica de los ambientes desérticos del noroeste de México. El ermitaño de patas rojas (*Calcinus californiensis*) es un cangrejo simbionte que se distribuye principalmente en las aguas del golfo de California y el Pacífico mexicano. Ambas especies son nativas de México y el palo fierro se encuentra enlistado en la NOM-059-SEMARNAT-2010, dentro de la categoría sujeta a protección especial. Fotos: Isaí Domínguez Guerrero/Banco de imágenes CONABIO (*Olneya tesota*), Claudio Contreras Koob/Banco de imágenes CONABIO (*Calcinus californiensis*).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Diversidad de especies en México

La biodiversidad no se distribuye de manera uniforme en el planeta. En general, las regiones tropicales albergan mayor riqueza biológica y 17 países concentran cerca del 70% de las especies conocidas mundialmente (CONABIO 2016). México forma parte de este grupo de países megadiversos, ya que en su superficie (equivalente a tan solo 1.5% de la superficie terrestre mundial) se encuentra entre 10 y 12% de las especies registradas globalmente (Llorente-Bousquets y Ocegueda 2008, Sarukhán *et al.* 2017). Además, una alta proporción de las especies en el territorio mexicano son endémicas, es decir, no se distribuyen en ninguna otra parte del mundo; por ejemplo, entre 50 y 60% de las especies de plantas conocidas de México son endémicas al país (Villaseñor 2016), mientras que para reptiles, anfibios y mamíferos las proporciones son 56, 65 y 29% (Sarukhán *et al.* 2017). Cabe resaltar que esta diversidad biológica está estrechamente ligada a la diversidad cultural y constituye un componente esencial del patrimonio natural del país (CONABIO 2016).

Diversidad de especies en Baja California Sur

Baja California Sur es un estado ubicado en el noroeste del país, caracterizado por su aislamiento geográfico, su amplio litoral y su variabilidad climática. Dentro de su territorio se desarrollan desde ambientes desérticos hasta manglares, arrecifes coralinos, selvas secas y bosques templados, entre otros. En conjunto, estas condiciones han favorecido la presencia de una notable riqueza biológica y un alto grado de endemismo. En la presente obra *La biodiversidad en Baja California Sur. Estudio de Estado* se reporta un total de 8 053 especies (8 637 *taxa*) para el territorio sudcaliforniano, distribuidas en distintos grupos biológicos, entre los que se encuentran hongos (64 especies), algas (702), angiospermas (1 920), invertebrados (3 678) y vertebrados (1 606; ver Conteos generales, en los apéndices de esta obra). Dentro de estos últimos, los peces y las aves son los más representativos, al conformar 33.8 y 40.3%, respectivamente, de la riqueza de especies existente para estos grupos a nivel nacional (cuadro 1).

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

Grupo	México	Baja California Sur[a]	Baja California Sur (esta obra)[c]	Baja California Sur respecto al total nacional (%)
Hongos	6 500[b]	ND	64	0.98
Algas	4 758[b]	ND	702	14.75
Pteridofitas	1 067[a]	62	81	7.59
Gimnospermas	150[a]	12	2	1.33
Angiospermas	23 791[a]	484	1 920	8.07
Platelmintos	550[a]	ND	151	27.45
Moluscos	4 100[a]	ND	239	5.83
Equinodermos	503[a]	ND	19	3.78
Insectos	66 275[b]	959	2 802	4.23
Artrópodos no insectos	11 185[b]	593	467	4.18
Peces	2 763[b]	359	935	33.84
Anfibios	399[b]	5	6	1.50
Reptiles	908[b]	68	98	10.79
Aves	1 150[b]	286	464	40.35
Mamíferos	564[b]	114	100	17.73

Fuente: [a]Llorente-Bousquets y Ocegueda 2008, [b]Sarukhán *et al.* 2017, [c]apéndices de esta obra correspondientes a cada grupo biológico.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Por su parte, 290 especies e infraespecies (equivalente a 3.6% del total de la biota sudcaliforniana) se encuentran bajo alguna categoría de riesgo conforme a la Norma Oficial Mexicana 059 (SEMARNAT 2010), siendo las aves, los mamíferos, los reptiles y las plantas los grupos con mayor número de especies enlistadas en esta norma (figuras 2 y 3). Entre las especies en alguna categoría de riesgo se encuentran diversos manglares (p.e. *Avicennia germinans*, *Conocarpus erectus*) y cactáceas (p.e. *Mammillaria halei*, *Ferocactus santa-maria*), el tiburón ballena (*Rhincodon typus*), la totoaba (*Totoaba macdonaldi*), la cascabel de la isla Santa Catalina (*Crotalus catalinensis*), la tortuga laúd (*Dermochelys coriacea*), el águila real (*Aquila chrysaetos*), la mascarita peninsuar (*Geothlypis beldingi*), el murciélago pescador (*Myotis vivesi*) y la ballena gris (*Eschrichtius robustus*). Es importante mencionar que la información sobre los registros de especies en la entidad se obtuvo principalmente de los datos recabados por los investigadores de las diferentes instituciones que participaron en este estudio, así como del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad de México (SNIB) de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).

La información compilada en esta obra pone a disposición un panorama amplio y detallado de la biodiversidad presente en Baja California Sur. Particularmente, en este segundo volumen se documenta el vasto conocimiento que se tiene sobre la diversidad biológica estatal (que va desde microorganismos, hongos y plantas, hasta diversos grupos de invertebrados y vertebrados), lo cual refleja un incremento significativo al registro de la riqueza específica para la mayoría grupos biológicos en la entidad (cuadro 1). Aunque el conocimiento de la biodiversidad sudcaliforniana sigue ampliándose gracias a la fortaleza de las instituciones y los académicos en el estado, la presente obra representa un valioso punto de partida para el diseño e implementación de acciones que permitan avanzar en la valoración, conservación y aprovechamiento sustentable del capital natural de la entidad, en beneficio de sus habitantes.

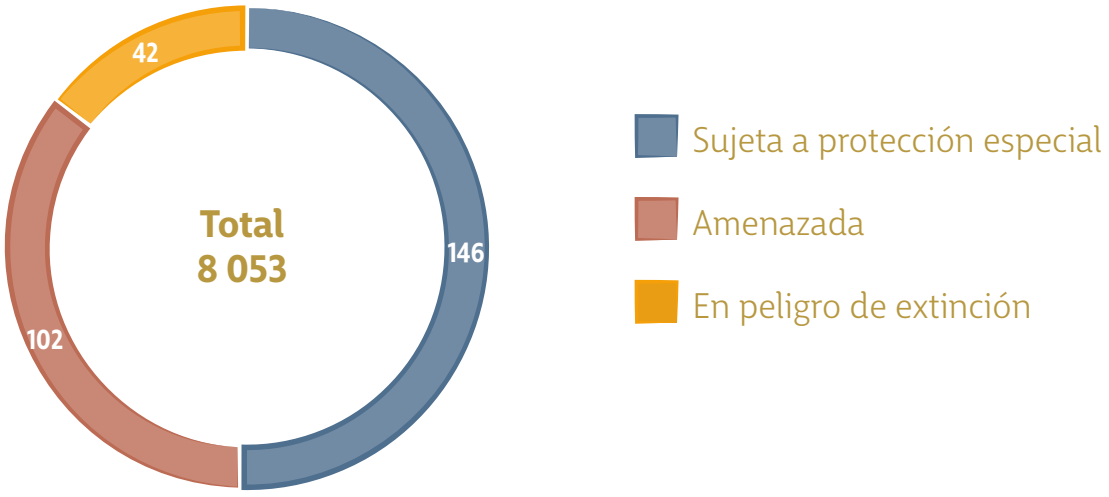


Figura 2. Número de especies dentro de Baja California Sur consideradas en alguna categoría de riesgo conforme a la Norma Oficial Mexicana 059, considerando el total de especies para el estado. Fuente: elaboración propia a partir de los apéndices de esta obra correspondientes a cada grupo biológico.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

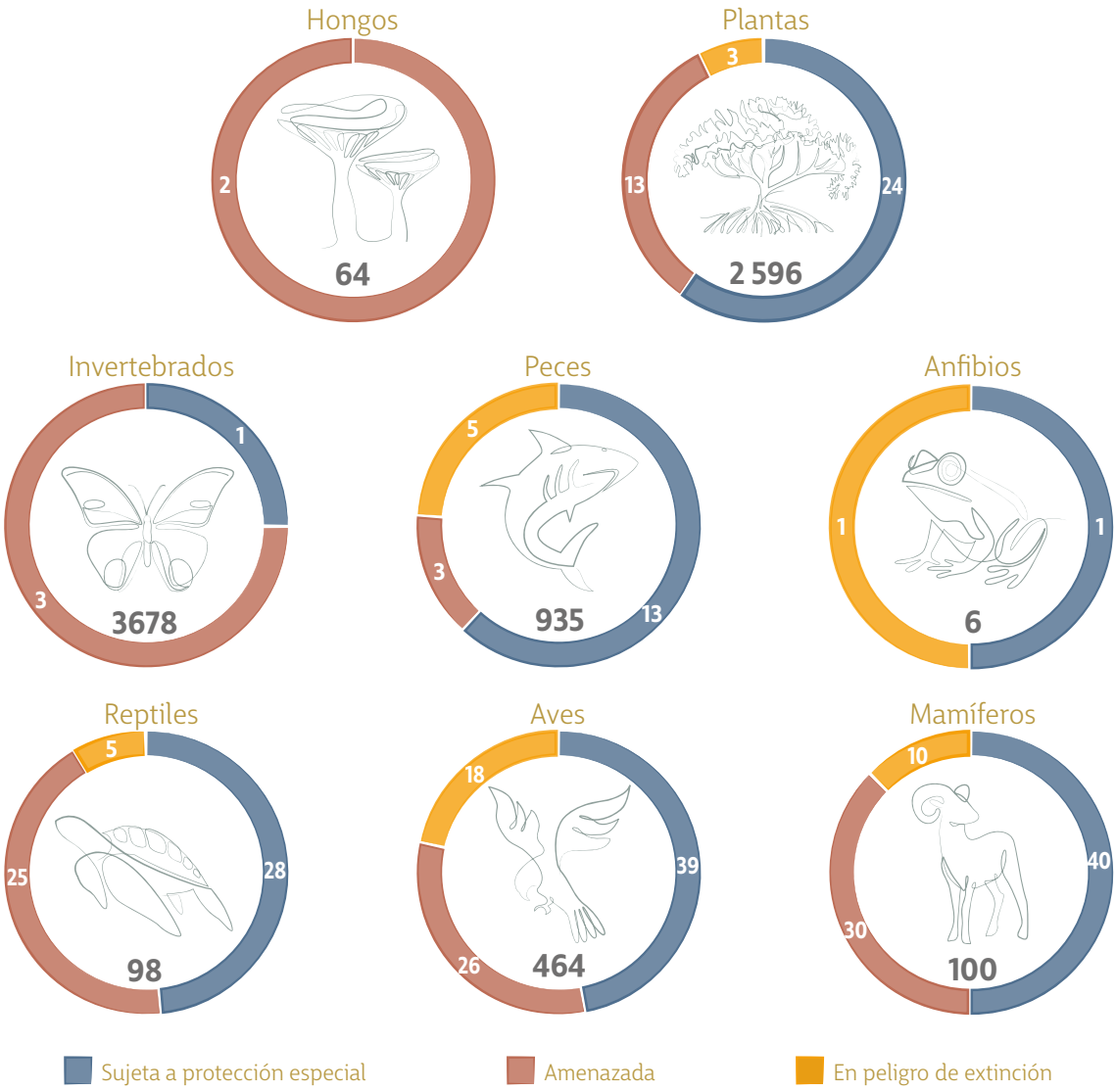


Figura 3. Número de especies dentro de Baja California Sur consideradas en alguna categoría de riesgo conforme a la Norma Oficial Mexicana 059, considerando el total estatal de especies en cada grupo taxonómico. Fuente: elaboración propia a partir de los apéndices de esta obra correspondientes a cada grupo biológico.

Referencias

CDB. Convenio sobre la Diversidad Biológica. 1992. *Diversidad biológica. Uso de términos*. En: <https://www.cbd.int/convention/articles/?a=cbd-02>, última consulta: septiembre de 2025.

CONABIO. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2016. *Estrategia Nacional sobre Biodiversidad de México y Plan de Acción 2016-2030*. CONABIO, México.

EncicloVida. 2025. Plataforma digital de la CONABIO para conocer a las especies de plantas, hongos y animales de México. En: <http://www.enciclovida.mx/>, última consulta: octubre de 2025.

Iriondo, J.M. 2000. Taxonomía y conservación: dos aproximaciones a un mismo dilema. *Portugaliae Acta Biologica* 19(1-4):1-7.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Levin, D.A. 1979. The nature of plant species. *Science* 204:381-384.

Linneo, C. 1758. *Sistema natural, en tres reinos de la naturaleza, según clases, órdenes, géneros y especies, con características, diferencias, sinónimos, lugares*. Theodorum Haak, Leiden.

Llorente-Bousquets, J. y S. Ocegueda. 2008. Estado del conocimiento de la biota. En: *Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad*. CONABIO, México, pp. 283-322.

Martín Villuendas, M.M. 2019. Una discusión en torno a los límites del concepto especie. *Revista de Humanidades de Valparaíso* 14:241-273.

Mayden, R.L. 1997. A hierarchy of species concepts: the denouement in the saga of the species problem. En: *Species: the units of biodiversity*. M.F. Hawah y M.R. Wilson (eds.). Chapman and Hall, Londres, pp. 381-424.

—. 2002. On biological species, species concepts and individuation in the natural world. *Fish and Fisheries* 3(3):171-196.

Mayr, E. 1963. *Populations, Species, and Evolution*. Harvard University Press, Cambridge.

Ramírez-Clavijo, S. 2007. Linneo: la pasión de un médico por la clasificación de los seres vivos. *Revista Ciencias de la Salud* 5(1):101-103.

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.

Villaseñor, J.L. 2016. Checklist of the native vascular plants of Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 87:559-902.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

6

Diversidad de especies

Microorganismos, hongos y plantas

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Resumen ejecutivo

Enrique Alejandro Gómez Gallardo Unzueta

Baja California Sur es un estado principalmente árido donde predomina el clima muy seco, seco y semiseco, y solo una pequeña fracción del territorio tiene un clima templado subhúmedo (en la región de la Sierra La Laguna). Por otro lado, la entidad tiene el mayor litoral del país al colindar en su costa oriental con el golfo de California y en su costa occidental con el océano Pacífico (Pérez *et al*. 1999, INEGI 2024). En general, se considera que Baja California Sur, por la interacción de sus diferentes condiciones ambientales y la diversidad de sus ecosistemas costeros, es un lugar de residencia estacional o permanente para un elevado número de especies acuáticas, algunas con cierto grado de endemismo (Pérez-Ramírez y Lluch-Cota 2012).

En relación con las plantas terrestres, existe una gran riqueza tanto florística como de comunidades vegetales, lo que provoca que, de las once formaciones forestales reconocidas a nivel nacional, se presenten 8 en el estado. Lo anterior derivado de la ubicación geográfica del territorio estatal, donde convergen diferentes condiciones fisiográficas, geológicas, edáficas y climáticas, que en conjunto han dado origen a la formación de diversas condiciones ecológicas (CONAFOR 2024).

Para el caso de la fauna, Baja California Sur destaca en su diversidad de especies de peces marinos costeros, con más de 40% de la riqueza específica en México y ~65% de las especies del Pacífico oriental tropical, resultado del amplio litoral y las características distintivas de los ambientes marinos orientales y occidentales de la entidad (Robertson y Allen 2015). En relación con los anfibios y reptiles, la diversidad de especies es limitada respecto a otras zonas del país, debido principalmente al clima seco con vegetación desértica (Flores-Villela y García-Vázquez 2014). Caso distinto es para las tortugas marinas, pues en el estado se presentan 5 de las 6 especies presentes en México, y es en territorio sudcaliforniano donde realizan sus actividades de alimentación y/o de reproducción. Para el caso de los mamíferos, el estado destaca por la presencia de cetáceos (ballenas y delfines) y diversos roedores; además, diferentes especies de mamíferos en la entidad presentan un alto grado de endemismo (De la Paz *et al*. 2014).

En esta sección se presenta información para los principales grupos que representan al elenco florístico y faunístico en el estado, haciendo hincapié en algunos grupos mediante estudios de caso. La sección integra un total de 49 contribuciones; los temas van de desde la diversidad de microrganismos (virus, bacterias, arqueas, fitoplasmas y cianobacterias), pasando por la diversidad de hongos y plantas (macroalgas, flora vascular y pastos marinos), hasta invertebrados (zooplancton, moluscos, y diversos artrópodos), peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos.

Gómez-Gallardo U., A. 2025. Resumen ejecutivo. Diversidad de especies. En: *La biodiversidad en Baja California Sur. Estudio de Estado*. Vol. II. CONABIO/FFB, México, pp. 25-26.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Como se podrá observar dentro de esta sección, el recorrido por la diversidad de especies, tanto terrestre como marina, es amplio y muy diverso, lo que refleja la riqueza en recursos bióticos en Baja California Sur. A pesar de esta gran riqueza, las especies y los ecosistemas de los que forman parte pueden ser vulnerables (en particular los terrestres), debido a las condiciones de aridez en una buena parte del territorio (Flores-Villela y García 2014). Debido a ello, el monitoreo constante de los recursos bióticos del estado y generar información científica de las especies es imprescindible, con el fin de que este conocimiento sirva como insumo para que las instituciones ambientales que regulan el uso de estos recursos, tengan elementos para una adecuada planeación y administración de los mismos. A partir de ello se podrán generar programas de manejo y conservación que permitan preservar esta riqueza biológica, y se promueva una cultura de uso sustentable para las generaciones presentes y futuras.

Referencias

CONAFOR. Comisión Nacional Forestal. 2024. *Programa Operativo de Sanidad Forestal de Baja California Sur*. Comité Técnico Estatal de Sanidad Forestal, México.

CONANP. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 2024. Áreas naturales protegidas. *Numeralia*. En: <https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/compendio_2021/dgeiawf.semarnat.gob.mx_8080/ibi_apps/WFServlet57e2.html>, última consulta: agosto de 2025.

De la Paz, C.M., E. Ríos y S.T. Álvarez-Castañeda. 2014. Los Mamíferos del Estado de Baja California Sur. *Revista Mexicana de Mastozoología* nueva época 4(1):24-39.

Flores-Villela, O. y U.O. García-Vázquez. 2014. Biodiversidad de reptiles en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85:467-475.

INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2024. *Aspectos geográficos de Baja California Sur: Compendio 2022*. INEGI, México.

Pérez-Ramírez, M. y S.E. Lluch-Cota (eds.). 2012. *Biodiversidad y vulnerabilidad de ecosistemas costeros en Baja California Sur*. CIBNOR, México.

Pérez, N.J.J., J.L. Leoón de la Luz, C.M. Domínguez *et al.* 1999. *Inventarios florísticos en Baja California Sur (II): Vegetación costera*. Informe final SNIB-CONABIO proyectos No. H181. CIBNOR, 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/sftep/es/pages>, última consulta: agosto de 2025.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Diversidad de virus con genoma de DNA (begomovirus)

Diana Medina Hernández, Mayela Vargas Salinas, Omar Aranda López,
Jesús Ricardo Hernández Barrera y Ramón Jaime Holguín Peña

Introducción

Las epidemias virales en plantas tienen gran importancia como amenaza a la biodiversidad vegetal y la seguridad alimentaria. Éstas se relacionan con un sistema de tres componentes (virus, vector y hospedero) que interactúa con el medio ambiente. Los begomovirus (*Begomovirus* spp.) son virus de plantas de la familia *Geminiviridae* muy importantes desde el punto de vista agrícola, por sus efectos devastadores en términos económicos. Su importancia como problema ecológico se ha incrementado, pues se reportan en flora silvestre y plantas endémicas, lo cual altera la diversidad del ecosistema. Estos virus poseen un genoma[1] de ácido desoxirribonucleico (ADN o DNA por sus siglas en inglés), con la capacidad de formar nuevas variantes que dan lugar a una diversidad que permite que sus poblaciones se adapten rápidamente al ambiente.

El comportamiento ecológico y evolutivo de los begomovirus depende de la interacción con otros patógenos (infecciones mixtas), cambios en el clima, hospederos, movimiento de vectores, y actividades antrópicas. Además, a nivel molecular intervienen factores como la mutación, la recombinación y la pseudorecombinación. La presencia recurrente de begomovirus en Baja California Sur ha despertado el interés en la comunidad agro-científica, debido a que la entidad se encuentra aislada geográficamente de otros lugares con problemas ocasionados por estos patógenos. Por esa razón, el potencial de estudio de la diversidad de los begomovirus en el estado es alto y en el futuro este conocimiento aportará información para comprender estas complejas interacciones.

Para entender la diversidad y la evolución de los begomovirus se debe estudiar toda una población, y posteriormente cada variante a nivel molecular. Este capítulo se centra en la diversidad genética de los begomovirus asociada con su estructura genética y su distribución dentro y entre poblaciones. El estudio de este grupo de fenómenos ayudará a entender la diversidad y la variación de los begomovirus para prevenir, detectar, identificar y controlar de forma rápida y certera las enfermedades que ocasionan estos patógenos, además de comprender su diversidad y evolución. Por ello, los begomovirus son un modelo

1 El genoma se refiere a la secuencia total de material genético que posee una especie.

Medina-Hernández, D., M. Vargas-Salinas, O. Aranda-López, J.R. Hernández-Barrera y R.J. Holguín-Peña. 2025. Diversidad de virus con genoma de DNA (begomovirus). En: *La biodiversidad en Baja California Sur. Estudio de Estado*. Vol. II. CONABIO/FFB, México, pp. 27-34.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

interesante para establecer patrones de variabilidad genética.

Begomovirus

Los geminivirus son una familia de virus de DNA de cadena sencilla extremadamente pequeños, cuyo genoma circular (2 500 a 5 200 pares de bases) puede estar formado por uno o dos componentes (A y B; Lazarowitz y Shepherd 1992). Morfológicamente son como partículas de apariencia geminada con forma icosaédrica. Esta familia se divide en nueve géneros: *Becurtovirus*, *Begomovirus*, *Capulavirus*, *Curtovirus*, *Eragrovirus*, *Grablovirus*, *Mastrevirus*, *Topocuvirus* y *Turncurtovirus*, que colectivamente reúnen más de 701 especies (Zerbini *et al.* 2017), de los cuales *Begomovirus* es el género más numeroso (596).

Los hospederos más comunes de este tipo de virus son plantas de interés agrícola de la familia Solanaceae como el chile (*Capsicum annuum*), el tomate (*Lycopersicon esculentum*) y la calabacita (*Curcubita pepo*); aunque recientemente se han reportado en hospederos alternos como plantas medicinales, aromáticas y nativas/silvestres (*Withania somnifera*, *Mentha* spp., *Rosa* spp., *Mucuna pruriens*, *Salvia hispanica*; Saeed y Samad 2017). Los begomovirus se transmiten por el complejo mosquita blanca (*Bemisia tabaci*; De Barro *et al.* 2011), quien juega un papel primordial en la aparición y/o emergencia de nuevos begomovirus en México y en el mundo.

Epidemiología y diversidad

Los begomovirus generan enfermedad en las plantas porque codifican proteínas que redirigen la maquinaria del hospedero. Para establecer su infección, reprogramen el ciclo celular, interfieren con la señalización celular y suprimen los mecanismos de defensa, entre otras. La presencia de enfermedad y la diversidad de begomovirus están estrechamente correlacionados con el aumento de las poblaciones de mosquita blanca.

En la década de los ochenta se dio un importante evento de invasión que culminó en epidemia, el cual se originó en el medio oriente y se propagó en más de 54 países, para convertirse en una amenaza para la seguridad alimentaria mundial. Este insecto vector de begomovirus aún ocasiona importantes epidemias como lo demuestra el estudio de su genoma, que ha evidenciado la presencia de genes asociados a la resistencia a insecticidas, desintoxicación y transmisión de virus, así como numerosos genes transferidos horizontalmente de bacterias y hongos (De Barro *et al.* 2011).

La movilidad y distribución del vector transmisor promueve que los begomovirus tengan presencia en países con clima templado de todos los continentes, como el caso del *Tomato yellow leaf curl virus* (TYLCV), el cual es un begomovirus que ha generado pérdidas millonarias a los agricultores en todo el mundo. En Estados Unidos de América, el segundo productor mundial de tomate (con un ingreso de más de dos mil millones de dólares al año), el TYLCV ha provocado pérdidas de decenas de millones de dólares, por lo que un gran número de campos agrícolas han llegado a presentar pérdidas de hasta 100% de su producción (Fonsah 2018).

En México los begomovirus se distribuyen desde la Península de Yucatán hasta la Península de Baja California. En Yucatán se reporta la presencia de TYLCV, *Rhynchosia yellow mosaic* Yucatán virus (RhYMYuV), *Pepper huasteco yellow virus* (PHYVV), *Pepper golden mosaic virus* (PepGMV) y *Tomato mottle virus* (ToMoV); mientras que en Baja California Sur se cuenta con registros de *Tomato chino La Paz virus* (ToChLPV), PepGMV, TYLCV y *Squash leaf curl virus* (SLCuV; Ascencio-Ibáñez *et al.* 1999, Holguín-Peña *et al.* 2004, 2006, Hernández-Zepeda *et al.* 2010, Cárdenas-Conejo *et al.* 2010, Medina-Hernández *et al.* 2019).

Además, se ha reportado la presencia de coinfección o infección mixta entre estos patógenos; por lo que la diversidad de especies begomovirales dentro de un mismo cultivo aumenta la complejidad del patosistema (interacción entre hospedero-vector-patógeno) y la aparición de nuevas especies recombinantes y enfermedades mixtas, donde se involucran dos a más especies en un mismo hospedero o nicho ecológico (Varma y Malathi 2003). Ejemplos importantes de infecciones mixtas son:

- Begomovirus monopartitas *Tomato yellow leaf curl Sardinia virus* (TYLCSV) y TYLCV, los cuales emergieron y causaron una epidemia en plantas de tomate, en la que se reportaron pérdidas de

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

hasta 100% en la producción de tomate (Moriones y Navas-Castillo 2000).

- El *African cassava mosaic virus* (ACMV) y el *East african cassava mosaic virus* (EACMV), causantes de la pandemia producida por la enfermedad del *Virus del mosaico de la yuca* (CMD), los cuales afectaron a nueve países en África oriental/central, en un área de 2.6 millones de km^2 y causaron pérdidas de 47% de la producción en los países afectados, con una pérdida estimada de 34 millones de toneladas (Fondong *et al*. 2000). Cabe resaltar que además se observó un sinergismo debido a la recombinación de ambos begomovirus (Legg *et al*. 2006).
- Infección mixta entre PHYVV y PepGMV, reportado en México y que causó graves daños en diversos hospederos y se ampliaron sus áreas geográficas de infección (Rentería-Canett *et al*. 2011). En La Paz se ha reportado la co-infección entre virus TYLCV con ToChLPV en plantas de chile (Cárdenas-Conejo *et al*. 2010).

Estas evidencias llevan al planteamiento de puntos clave para futuras investigaciones en Baja California Sur, como la búsqueda de mutaciones y recombinaciones, así como la identificación de posibles amenazas de virus autóctonos que pueden cruzar la interfaz entre la vegetación natural y las plantas cultivadas. Lo anterior, debido a que estos virus posteriormente podrían distribuirse en todo el mundo a través del comercio mundial en rápida expansión de plantas y productos vegetales.

Cambios genómicos como marcadores evolutivos

El conocimiento de la evolución y estructura genética de los begomovirus es crucial para el desarrollo de estrategias de control estables (Seal *et al.* 2006). Por ello, se han iniciado múltiples estudios a nivel genético, proteico y ecológico, permitiendo identificarlos como sistemas biológicos sorprendentes y poco conocidos en aspectos como la estructura de su genoma, su ciclo de vida y su relación con sus hospederos, además de algunos procesos biológicos únicos, como la replicación viral.

Una de las características más sobresalientes en los begomovirus es su potencial evolutivo, es decir, la característica de cambiar su material genético para adaptarse a los cambios o a nuevos hospederos. Esta característica se debe a su genoma pequeño y a su estructura mono-bipartita;[2] por ello, pequeñas variaciones en su genoma pueden resultar en cambios en su capacidad de infección. Estos cambios son resultado de diversos fenómenos y estrategias, como la mutación, la recombinación y la pseudorecombinación (Preiss y Jeske 2003, Navas *et al*. 2011).

Las mutaciones son cambios en la secuencia nucleotídica del genoma por las sustituciones o adiciones/deleciones de bases en las cadenas de DNA o RNA. Generalmente, en este tipo de eventos solo participan la maquinaria de replicación del virus y la de su hospedero, y son consecuencia de errores durante la replicación del genoma. Quizá los eventos de adición o deleción tienen mayor impacto que los de sustitución, debido a que modifican el tamaño del genoma y pueden derivar en proteínas aberrantes (secuencia peptídica diferente a la secuencia original).

Por otro lado, los procesos de recombinación y pseudo-recombinación tienen un rol principal en la generación de nuevas variantes o especies, ya que contribuyen a la variabilidad genética. En los virus la recombinación sucede cuando dos virus que se encuentran en un mismo hospedero aportan información a su descendencia o recombinante por replicación; es por ello que, en las infecciones begomovirales mixtas es necesario detectar las evidencias de recombinación o no recombinación dentro del genoma de cada virus (Froissart *et al*. 2005, García-Andrés *et al*. 2006, Lefeuvre *et al*. 2009, Lima *et al*. 2017). Estos fenómenos son la fuente de la variación genética y por ello son la causa de la diversidad de los begomovirus, pero también sirven para entender su evolución y origen, así como las enfermedades que causan.

2 Su genoma puede estar constituido por uno o dos componentes.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

¿Cómo medir la diversidad de los begomovirus?

Los primeros métodos de análisis de la diversidad en begomovirus se basaban en la caracterización de sus propiedades biológicas, el rango de hospederos, los síntomas que les provocan, y la asociación e identificación de los vectores. El desarrollo de nuevas estrategias como la caracterización de proteínas y genomas, permite tipificar otras variantes con base en su estructura genética.

En la actualidad, el desarrollo de la bioinformática[3] permite la creación de programas como el RDP4, que permite alinear genomas virales y hacer búsquedas repetitivas miles de veces hasta encontrar la validación estadística de las mutaciones, así como caracterizar patrones de recombinación. Además, cumplen tareas específicas como el estudio de la recombinación entre begomovirus, y permiten medir el porcentaje de homología que existe entre dos o más secuencias begomovirales, que actualmente es el criterio para definir una especie o cepa nueva (Martin *et al.* 2015).

Herramientas de detección y caracterización de genomas begomovirales

El análisis de polimorfismos de longitud de fragmentos de restricción (RFLP por sus siglas en inglés), fue la primera técnica de marcadores moleculares utilizada para la detección e identificación puntual y específica de los begomovirus. Se basa en el uso de enzimas de restricción (endonucleasas) para reconocer secuencias específicas de bases nitrogenadas en los nucleótidos del DNA, y permite generar mapas genéticos e identificar algunas enfermedades.

Posteriormente, la detección se benefició del desarrollo de otras técnicas moleculares como las sondas de hibridación y la reacción en cadena de la polimerasa (PCR por sus siglas en inglés), las cuales han mejorado la eficiencia en el diagnóstico y la clonación de virus con genomas de DNA circular como los begomovirus. Asimismo, la polimerasa phi29 permite amplificar genomas virales completos mediante el mecanismo de amplificación de círculo rodante (ACR), incluso cuando el título viral[4] es muy bajo. Actualmente, la combinación las herramientas RFLP y ACR con técnicas de nueva generación como la secuenciación masiva, son útiles en el diagnóstico de begomovirus (Haible *et al.* 2006, Jeske 2007).

Filogenia y filogeografía

El estudio filogenético de los begomovirus se realiza con el fin de establecer relaciones de proximidad entre especies bajo el supuesto de la existencia de un ancestro común, donde las relaciones se representan mediante distancias en un diagrama de árbol o dendograma. Este tipo de estudios suelen realizarse a través de dos criterios: morfológicos y moleculares. Sin embargo, para muchos microorganismos y algunas especies crípticas[5] el análisis filogenético se limita al estudio de secuencias/regiones de ácidos nucleicos altamente conservadas. Las especies del género *Begomovirus* son un ejemplo de especies crípticas, por lo que los análisis filogenéticos se realizan comúnmente por medio del uso del genoma A, la región intergénica (RI) y la cubierta proteica (CP).

La correlación de análisis filogenéticos con la distribución geográfica es el objeto de estudio de la filogeografía. En el caso de los begomovirus, los estudios filogeográficos son importantes por dos principales motivos: 1) conocer y explicar la distribución actual de los begomovirus en el planeta; y 2) poder predecir los eventos de transferencia genética horizontal entre especies. En estos estudios se debe de considerar que la distribución actual obedece a fenómenos naturales, el desplazamiento de sus vectores, así como a actividades humanas relacionadas al manejo y la comercialización de material vegetal (Hosseinzadeh *et al.* 2014, Martin *et al.* 2015, Madzokere 2015, Wu *et al.* 2015).

Diversidad genética de los begomovirus en el estado

Las condiciones geográficas de la península son un modelo interesante para el estudio de la diversidad,

3 Estudios biológicos asistidos por herramientas computacionales.
4 Se refiere al número de partículas virales dentro de una muestra.
5 Organismos que tienen morfologías muy similares.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

porque favorece el endemismo y limita el desplazamiento de virus hacia o desde el exterior. Actualmente, se ha documentado la presencia de seis begomovirus con genoma monopartita como el TYLCV; y bipartitas como *Tomato chino Calandrio virus* (TChCV), ToChLPV, *Tomato chino Baja California Sur virus* (TChBCSV), PepGMV y recientemente SLCuV (cuadro 1), este último con alta similitud al clado del medio oriente.

Estos patógenos se encuentran distribuidos geográficamente en La Paz (24° 4 48.4'' N, 110° 23' 20.1'' O), El Carrizal (23° 50' 24.87'' N, 110° 18' 27.17'' O), Los Planes (23° 55' 56.44'' N, 109° 54' 22.58'' O), El Pescadero (23° 23' 40.1'' N, 110° 10' 29.9'' O), Melitón Albañez (23° 40' 6.8'' N, 110° 25' 43.4'' O) y Santo Domingo (25° 31' 23.9'' N, 111° 48' 59'' O; figura 1). A la par, se ha detectado e identificado como vector de transmisión a la mosquita blanca, su recurrencia en el tiempo y su distribución en diferentes áreas de cultivo de la península. Cabe señalar que el estudio de la diversidad de begomovirus en el estado ha generado estudios en la frontera de la ciencia. Con una región en común del genoma de PepGMV y ToChLPV se diseñaron vectores que activan el mecanismo de silenciamiento génico para el control de la infección (Medina-Hernández *et al.* 2013).

Conclusiones

Los begomovirus sirven como modelo para entender la evolución biológica, debido a su pequeño genoma de fácil estudio, pero que cuenta con las bases genómicas para poder extrapolarse. Se deben generar estudios sobre la compleja interacción vector-hospedero-begomovirus, para generar medidas de control y manejo integrado que permitan disminuir la propagación de epidemias sobre la producción agrícola y controlar su infección sobre hospederos alternos nativos.

A pesar de que existen pocos estudios en hospederos silvestres, está documentado que los begomovirus recombinantes de esta adaptación ecológica presentan nuevas propiedades patógenas que pueden promover su propagación a largo plazo. Hasta el momento, en la entidad se tienen identificados seis begomovirus con genoma monopartito y bipartito, algunos detectados en infecciones mixtas. Sin embargo, aún se requiere generar información para conocer sus procesos, historia evolutiva y evaluar su presencia en nichos nativos.

Cuadro 1. Identidad de los genomas de begomovirus reportados en la Península de Baja California.

Virus	Acrónimo actualizado ICTV (2017)	Secuencia	Porcentaje de identidad (%)	Referencia
Tomato chino La Paz geminivirus segment A	ToChLPV-A[MX:BLP:02]	AY339618		Holguín-Peña *et al.* 2004
Tomato chino Calandrio Baja California virus	(TChCV)	AY336088	87	Holguín-Peña *et al.* 2004
Tomato chino La Paz virus [Baja California Sur] segment A	ToChLPV-A[MX:BEC:02]	AY339619	92	Holguín-Peña *et al.* 2006
Tomato chino La Paz virus isolate pepper segment A	ToChLPV-B[MX:BCS:08]	HM459852	92	Holguín-Peña *et al.* 2004
Tomato yellow leaf curl virus isolate Baja California, complete	TYLCV	HM459851	74	Cárdenas-Conejo *et al.* 2010
Pepper golden mosaic virus isolate La Paz BCS Rep protein and coat protein genes, partial cds	PepGMV	AY368336	78	Holguín-Peña *et al.* 2004
Squash leaf curl virus isolate SLCuV-Mx:BCS:La Paz, complete genome	SLCuV	MF187211	77	Medina-Hernández *et al.* 2019

Fuente: elaboración propia.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

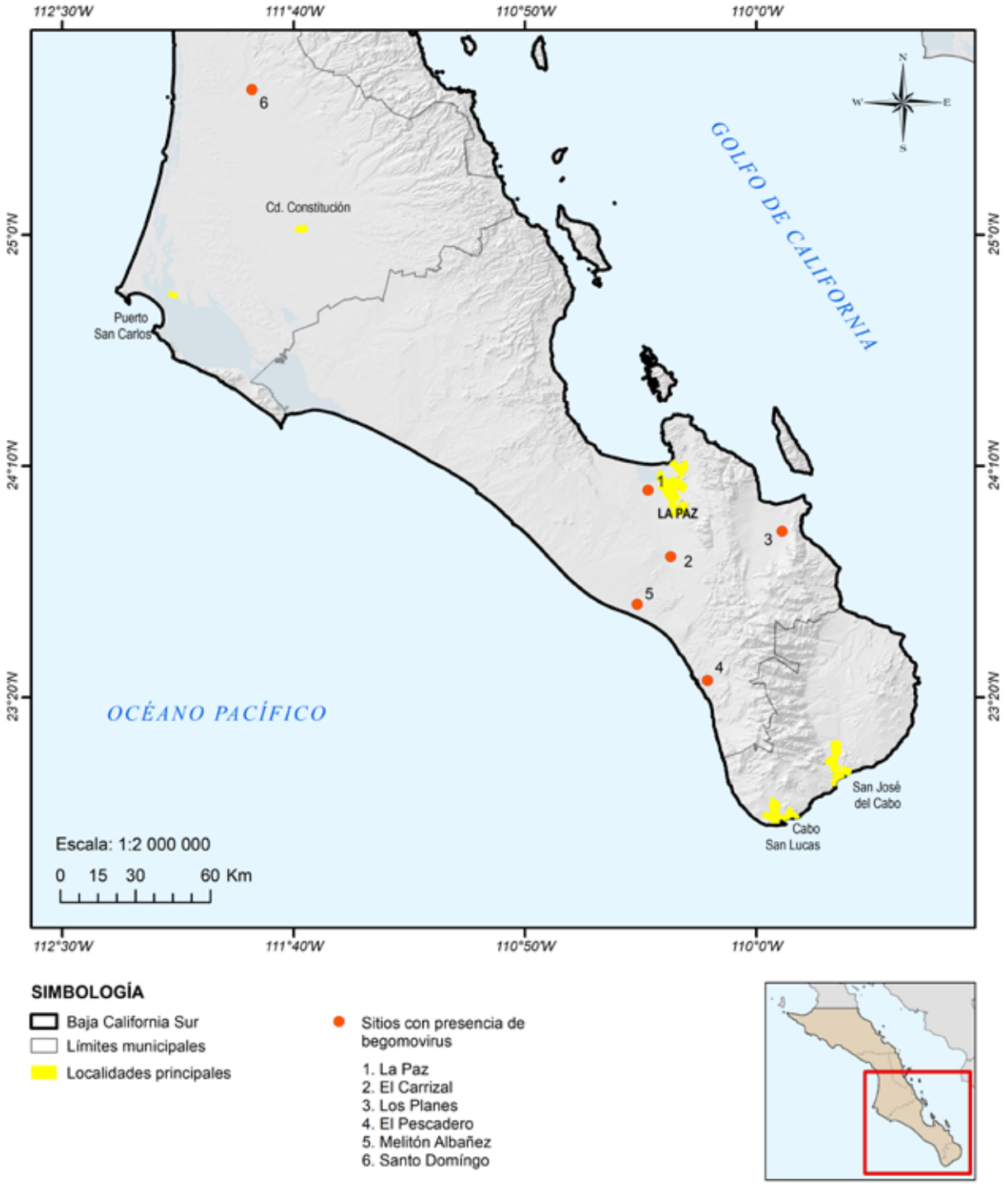


Figura 1. Distribución geográfica de los begomovirus. Fuente: elaboración propia.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Referencias

Ascencio-Ibáñez, J.T., R. Díaz-Plaza, J. Méndez-Lozano *et al.* 1999. First report of Tomato Yellow Leaf Curl Geminivirus in Yucatán, México. *Plant Disease* 83(12):1178.

Cárdenas-Conejo, Y., G. Argüello-Astorga, A. Poghosyan *et al.* 2010. First report of *Tomato yellow leaf curl virus* co-infecting pepper with *Tomato chino La Paz virus* in Baja California Sur, México. *Plant Disease* 94:1266-1266.

De Barro, P., S. Liu, L.M. Boykin y A.B. Dinsdale. 2011. *Bemisia tabaci*: A statement of species status. *Annual Review of Entomology* 56:1-19.

Fondong, V.N., J.S. Pita, M.E.C. Rey *et al.* 2000. Evidence of synergism between *African cassava mosaic virus* and a new double-recombinant geminivirus infecting cassava in Cameroon. *Journal of General Virology* 81:287-297.

Fonsah, E.G. 2018. Economic productivity and profitability analysis for whiteflies and *Tomato Yellow Leaf Curl Virus* (TYLCV) management options. *Journal of Agriculture and Environmental Sciences* 7(1):1-9.

Froissart, R., D. Roze, M. Uzest *et al.* 2005. Recombination every day: abundant recombination in a virus during a single multi-cellular host infection. *PLOS Biology* 3:289-395.

García-Andrés, S., F. Monci, J. Navas-Castillo y E. Moriones. 2006. Begomovirus genetic diversity in the native plant reservoir *Solanum nigrum*: evidence for the presence of a new virus species of recombinant nature. *Virology* 350:433-442.

Haible, D., S. Kober y H. Jeske. 2006. Rolling circle amplification revolutionizes diagnosis and genomics of geminiviruses. *Journal of Virological Methods* 135:9-16.

Hernández-Zepeda, C., J.K. Brown, O.A. Moreno-Valenzuela *et al.* 2010. Characterization of *Rhynchosia yellow mosaic* Yucatan virus, a new recombinant begomovirus associated with two fabaceous weeds in Yucatan, Mexico. *Archives of Virology* 155:1571-1579.

Holguín-Peña, R.J., R. Vázquez Juárez y R.F. Rivera Bustamante. 2004. Rango de hospedantes, incidencia y filogenia del virus del mosaico dorado del chile (PepGMV) en Baja California Sur, México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 22:206-215.

Holguín-Peña, R.J., G.R. Arguello-Astorga, J.K. Brown *et al.* 2006. A new strain of *Tomato chino La Paz virus* associated with a leaf curl disease of tomato in Baja California Sur, México. *Plant Disease* 90:973-973.

Hosseinzadeh, M.R., M. Shams-Bakhsh, S.K. Osaloo *et al.* 2014. Phylogenetic relationships, recombination analysis, and genetic variability among diverse variants of *Tomato yellow leaf curl virus* in Iran and the Arabian Peninsula: further support for a TYLCV center of diversity. *Archives of Virology* 159:485-497.

ICTV. International Committee on Taxonomy of Viruses. 2017. *Official taxonomic resources*. En: <https://ictv.global/>, última consulta: octubre de 2025.

Jeske, H. 2007. Replication of Geminiviruses and the use of Rolling Circle Amplification for their diagnosis. En: *Tomato yellow leaf curl virus* disease. H. Czosnek (ed.). Springer, Dordrecht, pp. 141-156.

Lazarowitz, S.G. y R.J. Shepherd. 1992. Geminiviruses: genome structure and gene function. *Critical Reviews in Plant Sciences* 11(4):327-349.

Lefeuvre, P., J.M. Lett, A. Varsani y D.P. Martin. 2009. Widely conserved recombination patterns among single-stranded DNA viruses. *Journal of Virology* 83:2697-2707.

Legg, J.P., B. Owor, P. Sseruwagi y J. Ndunguru. 2006. Cassava mosaic virus disease in East and Central Africa: epidemiology and management of a regional pandemic. *Advances in Virus Research* 67:355-418.

Lima, A., J.C. Silva, F.N. Silva *et al.* 2017. The diversification of begomovirus populations is predominantly driven by mutational dynamics. *Virus Evolution* 3(1):vex005.

Madzokere, E. 2015. *The phylogeography, epidemiology and determinants of maize streak virus dispersal across Africa and the adjacent Indian Ocean Islands*. Tesis de maestría. South African National Bioinformatics Institute (SANBI)-University of the Western Cape, Sudáfrica.

Martin, D.P., B. Murrell, M. Golden *et al.* 2015. RDP4: detection and analysis of recombination patterns in virus genomes. *Virus Evolution* 1(1):vev003.

Medina-Hernández, D., R.F. Rivera-Bustamante, F. Tenllado y R.J. Holguín-Peña. 2013. Effects and effectiveness of two RNAi constructs for resistance to *Pepper golden mosaic virus* in *Nicotiana benthamiana* plants. *Viruses* 5:2931-2945.

Medina-Hernández, D., M.G. Caamal-Chan, M. Vargas-Salinas *et al.* 2019. Molecular characterization and phylogenetic analysis of a *Squash leaf curl virus* isolate from Baja California Sur, Mexico. *PeerJ* 7:e6774.

Moriones, E. y J. Navas-Castillo. 2000. *Tomato yellow leaf curl virus*, an emerging virus complex causing epidemics worldwide. *Virus Research* 71:123-134.

Navas, L.F., H. Reed, M. Akam *et al.* 2011. Integration of RNA processing and expression level control modulates the function of the Drosophila Hox gene Ultrabithorax during adult development. *Development* 138:107-116.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Preiss, W. y H. Jeske. 2003. Multitasking in replication is common among geminiviruses. *Journal of Virology* 77:2972-2980.

Rentería-Canett, I., B. Xoconostle-Cázares, R. Ruiz-Medrano y R.F. Rivera-Bustamante. 2011. Geminivirus mixed infection on pepper plants: synergistic interaction between PHYVV and PepGMV. *Virology Journal* 8:104.

Saeed, S.T. y A. Samad. 2017. Emerging threats of begomoviruses to the cultivation of medicinal and aromatic crops and their management strategies. *VirusDisease* 28:1-17.

Seal, S.E., F. VandenBosch y M.J. Jeger. 2006. Factors influencing begomovirus evolution and their increasing global significance: implications for sustainable control. *Critical Reviews in Plant Sciences* 25:23-46.

Varma, A. y V.G. Malathi. 2003. Emerging geminivirus problems: a serious threat to crop production. *Annals of Applied Biology* 142:145-164.

Wu, B., X. Shang, J. Schubert *et al.* 2015. Global-scale computational analysis of genomic sequences reveals the recombination pattern and coevolution dynamics of cereal-infecting geminiviruses. *Scientific Reports* 5:8153.

Zerbini, F.M., R.W. Briddon, A. Idris *et al.* 2017. ICTV Virus taxonomy profile: geminiviridae. *Journal of General Virology* 98:131-133.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Tomate chino La Paz virus

Diana Medina Hernández, Mayela Vargas Salinas, Omar Aranda López, Jesús Ricardo Hernández Barrera y Ramón Jaime Holguín Peña

Introducción

Los virus están presentes en todos los entornos, debido a sus propiedades estructurales y bioquímicas que les permiten adaptarse y abarcar diversos anfitriones. En humanos, uno de los más conocidos es el virus de inmunodeficiencia humana (VIH), de la familia Retroviridae; en bacterias se tiene al virus de pseudoalteromonas virus PM2 (Corticoviridae); en hongos macroscópicos ascomicetos y basidiomicetos están los virus del género *Alphapartitivirus*; y en plantas se encuentran virus conformados por ácido desoxirribonucleico (ADN o DNA por sus siglas en inglés) del género *Begomovirus* (Geminiviridae), los cuales están ampliamente distribuidos en América y Europa.

Entre los virus de plantas reportados en Baja California Sur se encuentran *Pepper golden mosaic virus* (PepGMV; Holguín-Peña *et al*. 2004), *Tomato yellow mosaic virus* (TYLCV; Cárdenas-Conejo *et al*. 2010), *Squash leaf curl virus* (SLCuV; Medina-Hernández *et al*. 2019) y el *Tomato chino La Paz virus* (ToChLPV), de los cuales este último es el sujeto del presente trabajo.

Tomato chino La Paz virus

En 2001, los productores de tomate en Baja California Sur reportaron disminuciones dramáticas en la producción debido a que en algunas áreas agrícolas se presentaron brotes de enfermedad similar a las asociadas a geminivirus, además de la presencia de altas poblaciones de mosca blanca (*Bemisia tabaci*). En marzo de 2002, se recolectaron muestras de hojas de plantas de tomate que mostraban síntomas similares a los del año anterior (figura 1).

A partir de estas muestras se extrajo el DNA y se procedió a su amplificación a través la reacción en cadena de la polimerasa (PCR por sus siglas en inglés) con cebadores degenerados específicos de begomovirus. El análisis de las secuencias de DNA mostró una identidad de 73.8% con *Tomato severe leaf curl virus-Guatemala* (ToSLCV-GT) con número de acceso del GenBank AF130415, seguido de 79.6% de identidad con el *Tomato severe leaf curl virus-Nicaragua* (ToSLCV-NI) con número de acceso del GenBank AJ508784 (Rojas *et al*. 2005).

En general, la similitud de secuencia con otros begomovirus de América fue muy baja (menos de 70% de identidad). Por lo anterior, según las demarcaciones del Comité Internacional de Taxonomía de Virus (ICTV por sus siglas en inglés) se catalogó como un begomovirus nuevo y se nombró como *Tomato chino La Paz virus* (ToChLPV) con número de acceso del GenBank AY339618 (Holguín-Peña *et al*. 2006).

Medina-Hernández, D., M. Vargas-Salinas, O. Aranda-López, J.R. Hernández-Barrera y R.J. Holguín-Peña. 2025. *Tomate chino La Paz virus*. En: *La biodiversidad en Baja California Sur. Estudio de Estado*. Vol. II. CONABIO/FFB, México, pp. 36-41.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Figura 1. Síntomas asociados a infecciones por *Tomato chino La Paz virus,* en plantas de tomate: a) reducción en el tamaño de las hojas terminales y forma acucharada; b) planta de aspecto erecto; c) planta enchinada, entrenudos cortos, enanismo severo y hojas rugosas; d) transmisión de síntomas en invernadero por medio de mosquitas blancas (nótese el acucharamiento y tamaño reducido de las hojas). Fotos: Ramón Jaime Holguín-Peña 2004.

En 2012, ToChLPV se reportó en San Luis Potosí (Bañuelos-Hernández *et al.* 2012), con lo cual mostró su habilidad y/o capacidad para adaptarse a otros hospederos de interés agrícola como plantas de chile (*Capsicum annuum*) y tomatillo (*Physalis ixocarpa*), así como plantas arvenses que son hospederos alternos a los cultivos como el toloache (*Datura discolor*).

Este virus se catalogó como un begomovirus bipartita (dos moléculas de DNA-A y DNA-B), porque en la caracterización del genoma A (figura 2) no se encontraron los genes de movimiento, debido a que estos genes se encuentran en otro componente genómico (el nombrado genoma B), que solo poseen los begomovirus de América, por lo que se especula que posea

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

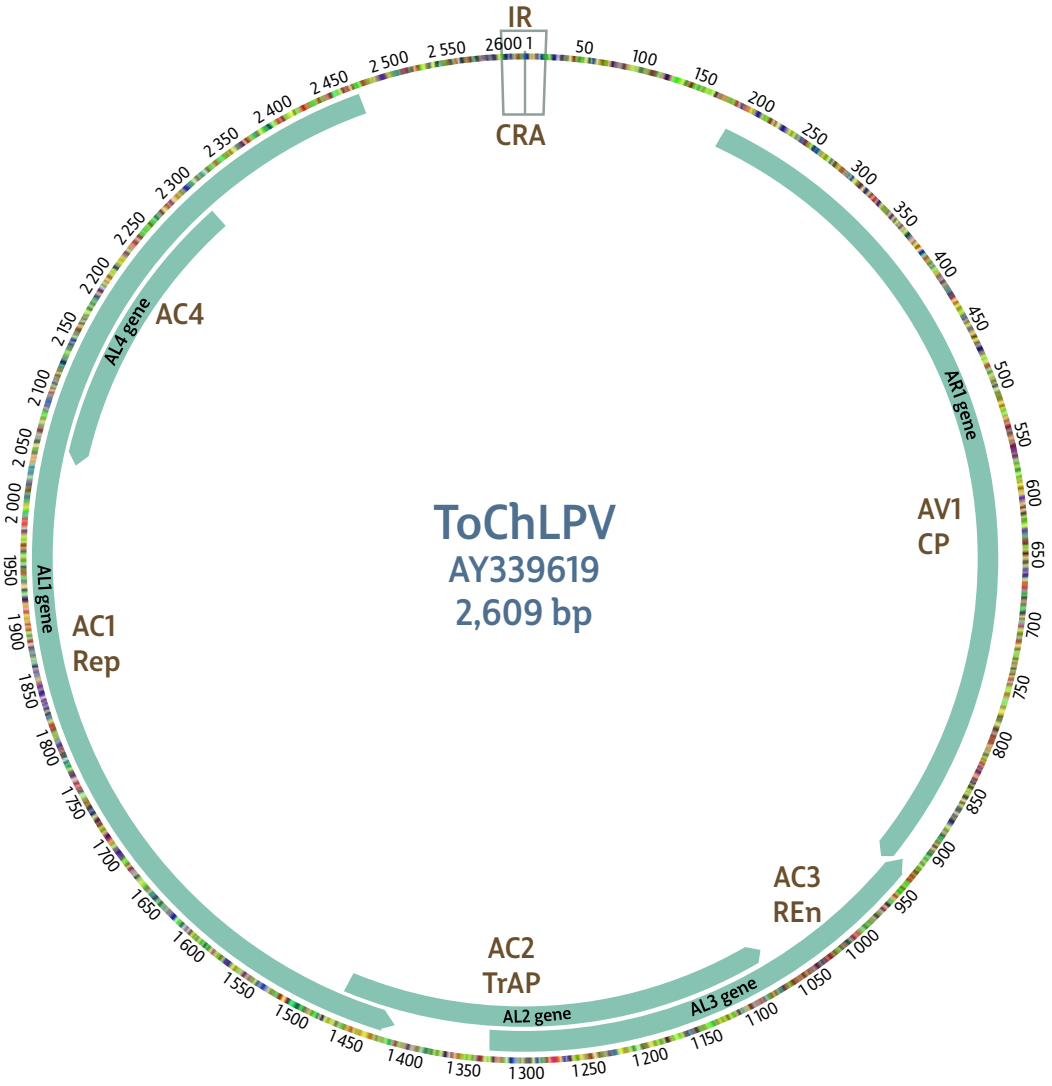


Figura 2. Mapa genómico de ToChLPV que indica la posición de los genes que codifican para las proteínas Rep, TrAP, REn, AC4, CP, IR. Fuente: elaboración propia.

un genoma DNA-B que aún no ha sido caracterizado. El genoma A del ToChLPV tiene la región común (RC) rica en (GC, guanina y citocina), la región intergénica (IR), la región de la replicación, seguida del gen AC1 (Rep) asociado a la proteína de la replicación[1] (figura 2).

El siguiente gen es el AV1 que codifica para la proteína de la cubierta proteica (CP), la cual tiene como función proteger y aislar el material genómico del virus; el gen AC2 (TrAP) que es un potenciador de la transcripción de AV1 y BV1; el gen AC3 (REn) relativo a la proteína que potencia la replicación y la acumulación de DNA; y el gen AC4 involucrado en la expresión de síntomas.

1 Aunque los virus no tienen maquinaria para replicarse, esta región contiene la información necesaria que le permite al virus usar la maquinaria del hospedero para este fin.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Al realizar un análisis bioinformático de las regiones que regulan la transcripción y la replicación (iterones, secuencias repetidas de ocho nucleótidos), entre los begomovirus encontrados en el estado, se observó que ToChLPV tiene variaciones en su número, posición y dirección. Por ejemplo, ToChLPV tiene tres iterones (figura 3); mientras que PepGMV-La Paz tiene cinco y *Tomato chino Calandrio virus* (TChCV) cuentan con cuatro. La dirección de tres iterones se conservó, mientras los iterones de la caja TATA dirigidos a CP son distintos y varían entre ellos. Esta información muestra la diversidad genética begomoviral lo cual hace que cada uno genere síntomas y características diferentes.

Relación evolutiva con otros virus de la región

La filogenia del genoma A de este begomovirus es algo que debe considerarse dentro de sus peculiaridades, debido a las diferencias que muestra con otros virus encontrados en la entidad como TYLCV (Cárdenas-Conejo *et al.* 2010) y recientemente *Squash leaf curl virus* (SLCuV; Medina-Hernández *et al.* 2019), los cuales no son muy diferentes a sus homólogos de la región del noroeste. El análisis filogenético de ToChLPV lo agrupa en un clado (especies emparentadas por un antepasado en común) bien definido y separado claramente de otras especies reportadas para el estado. Sin embargo, se podría considerar que las secuencias analizadas de este virus podrían ser variantes poco distantes entre ellas. El árbol filogenético (figura 4) de los virus de la región muestra que, a excepción de ToChLPV, los virus que afectan a cultivos de tomate y chile pueden agruparse en diferentes clados; mientras que el SLCuV (que afecta a calabazas, pepinos, sandías y parientes) se agrupa en un clado con PepGMV.

Vector de transmisión y coexistencia con otros patógenos

En algunas áreas agrícolas del estado (Los Planes, El Carrizal, Valle de Santo Domingo, El Pescadero, Todos Santos y La Paz), se informó de la presencia de mosca blanca (*Bemisia tabaci*) que es vector de begomovirus en una proporción 3:1 respecto al umbral económico. Además, se confirmó que eran portadoras del virus nativo ToChLPV (Holguín-Peña *et al.* 2004). Estas variaciones en las poblaciones de mosca blanca se relacionan con los cambios de temporada y los factores climáticos relativos a la situación geográfica de la pe-

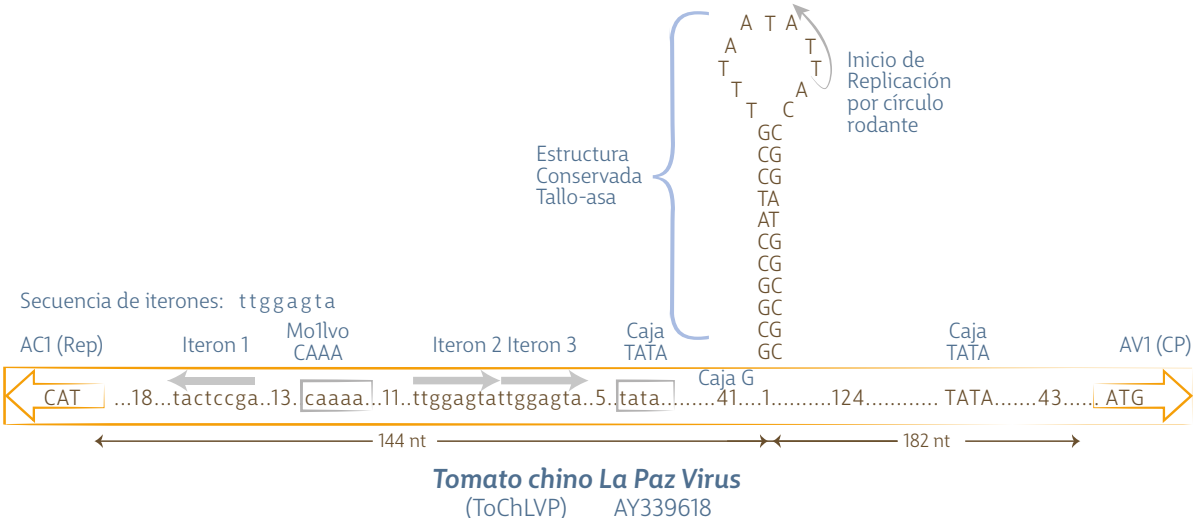


Figura 3. Representación esquemática de la organización genómica de región intergénica de ToChLPV. Se observa el origen de replicación, las secuencias conservadas iterones y sus respectivas direcciones, inicio de Rep y CP. Fuente: elaboración propia con base en Holguín-Peña 2004.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

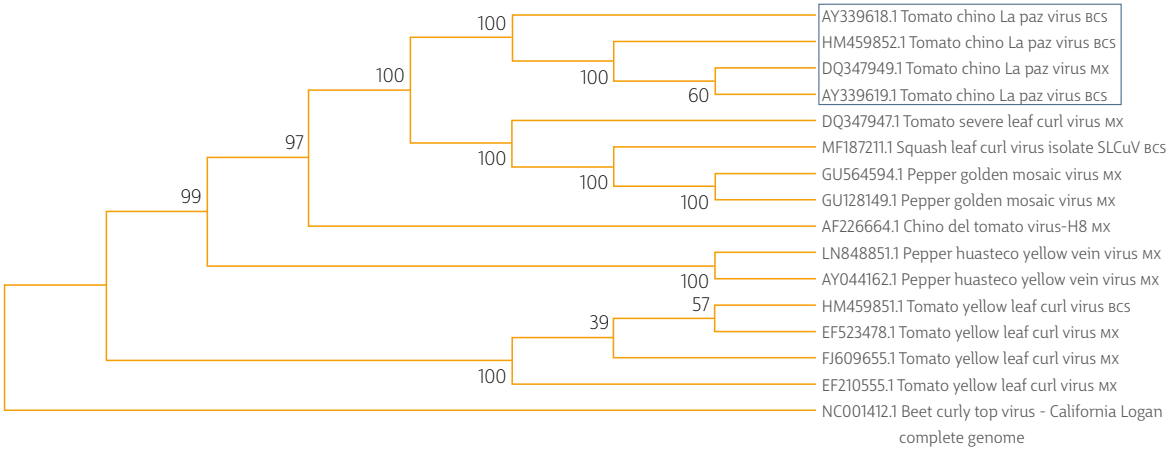


Figura 4. Árbol filogenético de ToChLPV elaborado por el método de máxima similitud, en el que se observa que las secuencias reportadas de este begomovirus forman un clado separado de otros miembros de la familia reportados en la región. Fuente: elaboración propia.

nínsula (huracanes entre los meses julio-septiembre). En este sentido, en 2001 con el impacto del huracán Juliet, las poblaciones de moscas blancas fueron suprimidas temporalmente, aunque en los siguientes ciclos agrícolas las poblaciones fueron las más altas registradas, lo cual coincidió con la primera observación de ToChLPV (Holguín-Peña 2004).

Este virus ataca plantas bajo un esquema de infección mixta (compartiendo hospedero con otros patógenos). Cárdenas-Conejo y colaboradores (2010) reportaron a ToChLPV en coinfección con TYLCV en plantas de chile. Estos eventos de coexistencia son de gran importancia, debido a que pueden ocurrir eventos de recombinación, pseudorecombinación o mutaciones, y deben monitorearse porque la recombinación puede potenciar la virulencia de los begomovirus, y con ello causar mayor impacto en las actividades agrícolas.

Conclusiones

No es una tarea fácil dilucidar si se trata de un virus bipartita atípico que carece de un componente B o simplemente este componente no ha podido ser aislado por razones técnicas. Pero gracias a los avances en la tecnología de secuenciación de ácidos nucleicos ahora existe un mayor número de estrategias con las que se puede enfrentar este problema.

Una de ellas es el uso de nuevas herramientas de biología molecular (la secuenciación masiva de nueva generación) que permite la detección de distintos tipos de virus a partir de diferentes ácidos nucleicos, sin conocimiento previo de los virus presentes en una muestra. Además, gracias a los avances en esta área se desarrollan mejores técnicas de control y/o resistencia a las enfermedades virales causadas por las diferentes variantes de ToChLPV. De hecho, existe actualmente una construcción de ácido ribonucleico de interferencia (RNAi) basada en el genoma de este virus (Medina-Hernández *et al.* 2013) que ha demostrado ser poderosa en el control del virus o la atenuación de los síntomas asociados.

Desde el punto de vista ecológico, ToChLPV parece ser una especie de virus en proceso de diversificación. El estudio de su gran variabilidad genética permitirá dirigir estrategias de control que consideren la evolución de estos virus y su relación con el medio ambiente.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Referencias

Bañuelos-Hernández, B., J.A. Mauricio-Castillo, Y. Cárdenas-Conejo *et al.* 2012. A new strain of *Tomato severe leaf curl virus* and a unique variant of *Tomato yellow leaf curl virus* from Mexico. *Archives of Virology* 157:1835-1841.

Cárdenas-Conejo, Y., G. Arguello-Astorga, A. Poghosyan *et al.* 2010. First report of *Tomato yellow leaf curl virus* co-infecting pepper with *Tomato chino La Paz virus* in Baja California Sur, México. *Plant Disease* 94:1266-1266.

Holguín-Peña, R.J. 2004. *Geminivirus en tomate en Baja California Sur: identificación, caracterización y epidemiología*. Tesis de doctorado. CIBNOR, La Paz.

Holguín-Peña, R.J., R. Vázquez Juárez y R.F. Rivera Bustamante. 2004. Rango de hospedantes, incidencia y filogenia del virus del mosaico dorado del chile (PepGMV) en Baja California Sur, México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 22:206-215.

Holguín-Peña, R.J., G.R. Argüello-Astorga, J.K. Brown *et al.* 2006. A new strain of *Tomato chino La Paz virus* associated with a leaf curl disease of tomato in Baja California Sur, México. *Plant Disease* 90:973-973.

Medina-Hernández, D., R.F. Rivera-Bustamante, F. Tenllado *et al.* 2013. Effects and effectiveness of two RNAi constructs for resistance to Pepper golden mosaic virus in *Nicotiana benthamiana* plants. *Viruses* 5:2931-2945.

Medina-Hernández, D., M.G. Caamal-Chan, M. Vargas-Salinas *et al.* 2019. Molecular characterization and phylogenetic analysis of a *Squash leaf curl virus* isolate from Baja California Sur, Mexico. *PeerJ* 7:e6774.

Rojas, A., A. Kvarnheden, D. Marcenaro *et al.* 2005. Sequence characterization of *Tomato leaf curl Sinaloa virus* and *Tomato severe leaf curl virus*: phylogeny of New World begomoviruses and detection of recombination. *Archives of Virology* 150:1281-1299.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Diversidad microbiana en ambientes hipersalinos

Alejandro López Cortés y José Quinatzin García Maldonado

Introducción

El conocimiento sobre la diversidad microbiana ha aumentado considerablemente en las últimas décadas, en gran parte debido a la realización de estudios filogenéticos moleculares que relacionan organismos. Los árboles filogenéticos basados en secuencias de genes son mapas en los cuales se engloba la biodiversidad de especies (Hugenholtz *et al.* 1998a). De este modo, el análisis comparativo de algunos genes –como los que codifican para el ácido ribonucleico (16S-rRNAr) o la subunidad pequeña del ribosoma (18S-rRNAr)– ha permitido desarrollar una nueva clasificación en la que todas las formas de vida del planeta se agrupan en tres dominios primarios: Bacteria, Arquea y Eucarya (Woese *et al.* 1990, Woese 1994).

Los ambientes hipersalinos (con concentraciones de sal muy elevadas) albergan distintos organismos de estos grupos; entre ellos, las cianobacterias (Bacteria), también llamadas algas azul-verdes, quienes usan la luz como fuente de energía y fijan dióxido de carbono para la síntesis de nutrientes. En el caso de Arquea, los ejemplos serían los microorganismos generadores de metano (metanógenas) y aquellos adaptados a las altas salinidades de estos ambientes, quienes emplean la productividad generada por las cianobacterias, para su crecimiento y desarrollo. Por su parte, del dominio Eucarya se pueden encontrar algas, hongos, insectos y gusanos, con papeles ecológicos diversos, ya sea como productores y/o degradadores de la materia orgánica que sostiene la vida en estos ambientes.

La información obtenida para la elaboración de árboles filogenéticos basados en el RNA ribosomal, muestra que los organismos con una mayor biodiversidad en el planeta, corresponde al componente microbiano; sin embargo, su evaluación se ha limitado al estudio de microorganismos cultivados en laboratorio (Hugenholtz *et al.* 1998a). Lo anterior, a pesar de que se estima que más de 99% de los microorganismos presentes en la naturaleza no son cultivables bajo estas condiciones (Amann *et al.* 1995).

Recientemente, se han propuesto métodos para identificar microorganismos de comunidades microbianas sin la necesidad de cultivarlos (Amann *et al.* 1995, Hugenholtz y Peace 1996, Hugenholtz *et al.* 1998b). Los ecólogos microbianos tienen un particular interés en la diversidad y riqueza de microorganismos, debido a que muchas comunidades tienen miembros aún desconocidos (Locey y Lennon 2016), con aplicaciones potenciales para la industria química, la medicina, la agricultura y para la generación de energía (véase *Fuente de innovación en biotecnología en la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno*, en esta obra).

López-Cortés, A. y J.Q. García-Maldonado. 2025. Diversidad microbiana en ambientes hipersalinos. En: *La biodiversidad en Baja California Sur. Estudio de Estado*. Vol. II. CONABIO/FFB, México, pp. 42-45.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Diversidad microbiana de tapetes y endoevaporitas

Las comunidades de microbios en ambientes extremos hipersalinos son capaces de construir tapetes microbianos[1] o endoevaporitas.[2] Los resultados que se presentan en este trabajo incluyen ambos tipos de organizaciones microbianas, y corresponden a comunidades que se encuentran en planicies de inundación de las lagunas Ojo de Liebre y San Ignacio en Baja California Sur. Estas comunidades se desarrollan a distintas salinidades, por lo que presentan diferente composición de unidades taxonómicas operativas (OTU por sus siglas en inglés), es decir, se componen por diferentes especies de los dominios Bacteria y Arquea, y tienen diferentes índices de diversidad (cuadro 1).

En general, los valores mayores en el número de OTU para el dominio Bacteria se explican por la presencia de representantes mejor adaptados a diversas concentraciones de salinidad; por su parte, se sugiere que los valores menores de OTU para el dominio Arquea son resultado de una mayor especialización de los organismos para sobrevivir y desarrollarse de manera óptima en salinidades mayores a 10%, por lo que se denominan halófilos. El índice de diversidad de Shannon se usa para medir la diversidad de especies y en este caso particular considera el número de OTU y la abundancia de cada una. Los valores entre 2 y 3 se consideran normales, y los superiores a 3 son altos en diversidad de especies o en este caso, OTU.

Los sitios analizados se seleccionaron por ser ambientes protegidos, que forman parte de la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno, además de ser poco o nulamente estudiados desde la perspectiva ecológica. Las comunidades microbianas de los estanques de la empresa Exportadora de Sal S.A. (ESSA) son promovidas por actividad humana (artificiales); mientras que las de la laguna San Ignacio (LSI) se desarrollan de forma natural. De los cinco sitios estudiados, se detectaron 6 477 OTU: 4 652 pertenecientes al dominio Bacteria (con valores mayores para todos los sitios y en particular para ESSA), y 1 666 pertenecientes a Arquea (con valores mayores para LSI), así como 159 no clasificados, donde los valores de índices de diversidad fueron mayores en muestras con baja salinidad y menores en muestras con alta salinidad (cuadro1, figura 1).

Se detectaron un total de 34 *phyla* (categoría taxonómica superior) para los cinco sitios analizados, 29 de Bacteria y 5 de Arquea. Del grupo Bacteria dominaron los *phyla* Bacteroidetes y Proteobacteria, que se caracterizan por su variedad de estrategias para la obtención de energía (luz: fotosintéticos; materia orgánica: quimiótrofos; materia inorgánica: litotrófos), sus diferentes niveles de adaptación a la salinidad (tolerantes: halotolerantes; los que la necesitan para crecer: halófilos), así como a la disponibilidad de oxígeno (aerobios y anaerobios). Por su parte, la comunidad

Cuadro 1. Sitios de estudio y sus valores de salinidad, riqueza de unidades taxonómicas operativas (OTU) e índices de diversidad de Shannon.

Sitios	Salinidad (%)	Número de OTU Bacteria	Número de OTU Arquea	OTU sin clasificar	Índice de Shannon (H')
LSI-S3	28	365	209	31	3.18
LSI-H8	11	1 153	682	18	5.03
LSI-H7	9	643	273	26	4.51
ESSA-A1	6	1 962	440	74	4.80
ESSA-A9	17	529	62	10	3.57
Total		**4 652**	**1 666**	**159**	

Endoevaporitas: LSI-S3 y ESSA-A9; tapetes microbianos: LSI-H7, LSI-H8 y ESSA-A1. Fuente: elaboración propia.

1 Los tapetes microbianos se caracterizan por la presencia de una macroestructura blanda de biomasa laminada formada por microorganismos y pocos minerales.

2 Las endoevaporitas son comunidades de microorganismos organizados en capas dentro de una matriz de cristales de yeso ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) y sal común (NaCl).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

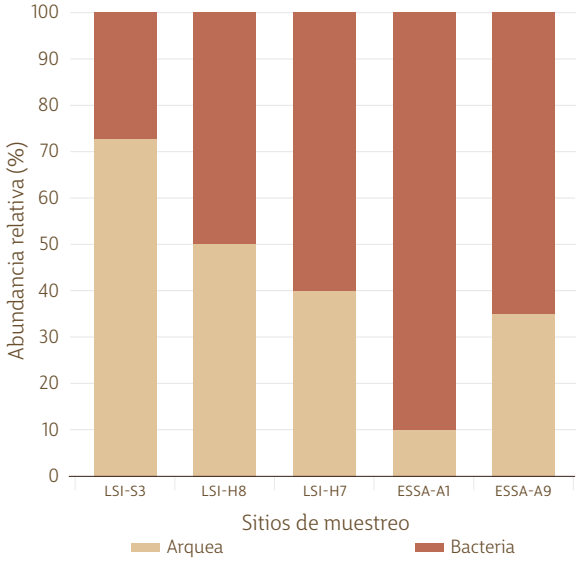


Figura 1. Abundancia relativa de la comunidad microbiana a nivel de dominio de los sitios de estudio. Fuente: elaboración propia.

de Arquea fue dominada por Halobacteria (bacterias que necesitan altas concentraciones de sales totales para su crecimiento y reproducción), a quienes se ha propuesto estar involucradas en la calidad y cantidad de producción de sal (López-Cortés 1998). Asimismo, se encontraron Arqueas productoras de metano, con menos de 5% de abundancia relativa para todos los sitios de la laguna San Ignacio, y de 30 a 40% de abundancia relativa para las muestras de ESSA. Cabe señalar que estos microorganismos son de relevancia en la búsqueda de energías alternas a los combustibles fósiles.

En Baja California Sur existen al menos tres sitios más con tapetes, endoevaporitas u otro tipo de organización microbiana (oncoides, con laminación microbiana concéntrica), con altos grados de deterioro y bajo amenaza de desaparecer en Puerto San Carlos, Playa Santispac y bahía de La Paz (López-Cortés 1998). Por ello, se recomienda la estrategia combinada de conservación *ex situ* (criopreservación de cepas de microorganismos) e *in situ* (promover nuevas reservas biológicas), para continuar con los estudios que permitan conocer su estructura, función en el ecosistema y aprovechamiento para la generación de nuevos materiales y energía. De no ser así, su perdida tiene implicaciones ecológicas y de aprovechamiento económico y biotecnológico, debido a que se perdería un capital biológico muy difícil de sustituir.

Conclusión

Las comunidades microbianas de tapetes y endoevaporitas de cinco sitios hipersalinos en la entidad, fueron altamente diversas en el intervalo de 574 a 2 402 OTU por sitio, heterogéneas, distintivas y dependientes de la salinidad. Asimismo, destacó la gran riqueza de miembros no cultivables, cuyas capacidades metabólicas son desconocidas hasta el momento. Otros estudios han identificado hasta 12 227 OTU en la empresa Exportadora de Sal S.A., por lo que es reconocido como el sitio más estudiado y diverso de la zona (Harris *et al.* 2013). En este sentido, la protección y conservación de los ambientes hipersalinos es de gran relevancia biológica y estratégica para su aprovechamiento en biotecnología (véase *Fuente de innovación en biotecnología en la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno*, en esta obra).

Referencias

Amann, R.I., W. Ludwig y K.H. Schleifer. 1995. Phylogenetic identification and *in situ* detection of individual microbial cells without cultivation. *Microbiology Review* 59:143-169.

Harris, J.K., J.G. Caporaso, J.J. Walker *et al.* 2013. Phylogenetic stratigraphy in Guerrero Negro hypersaline microbial mat. *ISME Journal* 7:50-60.

Hugenholtz, P. y N.R. Pace. 1996. Identifying microbial diversity in the natural environment: a molecular phylogenetic approach. *Trends in Biotechnology* 14:190-197.

Hugenholtz, P., B.M. Goebel y N.R. Pace. 1998a. Impact of culture-independent studies on the emerging phylogenetic view of bacterial diversity. *Journal of Bacteriology* 180:4765-4774.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Hugenholtz, P., C. Pitulle, K.L. Hershberge *et al*. 1998b. Novel division level bacterial diversity in a Yellowstone hot spring. *Journal of Bacteriology* 180:366-376.

Locey, K.J. y J.T. Lennon. 2016. Scaling laws predict global microbial diversity. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 113:5970-5975.

López-Cortés, A. 1998. Ecología y biotecnología de las comunidades microbianas. *Ciencia y Desarrollo* 24(138):10-17.

Woese, C.R. 1994. There must be a prokaryote somewhere: Microbiology's search for itself. *Microbiological Reviews* 58:1-9.

Woese, C.R., S. Winker y R.R. Gutell. 1990. Architecture of ribosomal RNA: constraints on the sequence of tetra-loops. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 87:8467-8471.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Cianobacterias de costras biológicas de suelo

Yolanda Lourdes Maya Delgado

Introducción

Los primeros organismos que colonizan el suelo de las zonas áridas y semiáridas en condiciones naturales no son las plantas superiores (con tallo y hojas verdes), sino comunidades de organismos conocidas como costras biológicas de suelo (CBS), las cuales crecen entre o sobre las partículas de suelo en apenas unos cuantos milímetros de su superficie (Belnap y Garner 1993). En ecosistemas en los que la vegetación está ausente o restringida por las condiciones ambientales, las que realizan la fotosíntesis son las CBS, porque muchos de los organismos que las construyen tienen clorofila, como es el caso de las cianobacterias (García-Pichel y Belnap 1996).

Además de su importante papel en los ecosistemas como contribuyentes en la producción primaria (por la fotosíntesis), son mejoradoras del suelo, porque reducen la pérdida de sedimento por la fuerza erosiva del agua y del viento, debido a que los filamentos y los exudados de los microorganismos forman una trama que contribuye a retener las partículas y aumentan la estabilidad de los terrones. Asimismo, aumentan las tasas de infiltración y, por la capacidad de algunas especies de cianobacterias para fijar nitrógeno atmosférico, mejoran la fertilidad del suelo (Belnap y Gardner 1993, Verrecchia *et al.* 1995).

Costras biológicas en áreas erosionadas de Sierra La Laguna

Antiguamente a las CBS se les asociaba con ecosistemas silvestres prístinos (Johansen 1993, Belnap y Lange 2001). Sin embargo, en la Sierra La Laguna, que se encuentra entre los municipios de La Paz y Los Cabos al sur del estado, se registró su presencia en zonas fuertemente erosionadas, principalmente a causa de actividades relacionadas con la ganadería, como el pastoreo y la deforestación para la apertura de caminos y la construcción de corrales (Maya-Delgado 2004). Lo más interesante fue observar que sobre ellas crecían los pastos en la temporada húmeda, en tanto que en áreas con ausencia de costras el suelo se había erosionado casi totalmente (figura 1a).

Con el objetivo de conocer las especies de cianobacterias que construyen las CBS y determinar su capacidad como estabilizadoras de sedimentos, se realizó un estudio sobre muestras colectadas en una zona fuertemente erosionada de la Sierra La Laguna (figura 1b). Por su apariencia, desde un inicio las costras se identificaron como rugosas (con líquenes costrosos y cianobacterias) o planas (mayormente cianobacterias; Maya-Delgado *et al.* 2002).

La toma de muestras consistió en la colecta de tapetes secos de suelo con CBS, de dimensiones 5x5x1 cm;

Maya-Delgado, Y. 2025. Cianobacterias de costras biológicas de suelo. En: *La biodiversidad en Baja California Sur. Estudio de Estado*. Vol. II. CONABIO/FFB, México, pp. 46-54.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

posteriormente se saturaron con agua corriente y se colocaron en condiciones controladas de luz y temperatura para que reiniciaran su metabolismo. Las muestras se observaron con un microscopio estereoscópico a 20, 47 y 71 horas después de haber sido reactivadas (figura 2), cuando los filamentos alcanzaron la superficie del suelo y lo cubrieron completamente.



Figura 1. Localidad de colecta de muestras en la selva baja caducifolia de Sierra La Laguna, durante la temporada de lluvias. a) Al centro se aprecia un cactus rodeado de una zona erosionada sin CBS, mientras que al fondo se identifican pastos sobre CBS; b) paisaje erosionado. Fotos: Yolanda Maya.

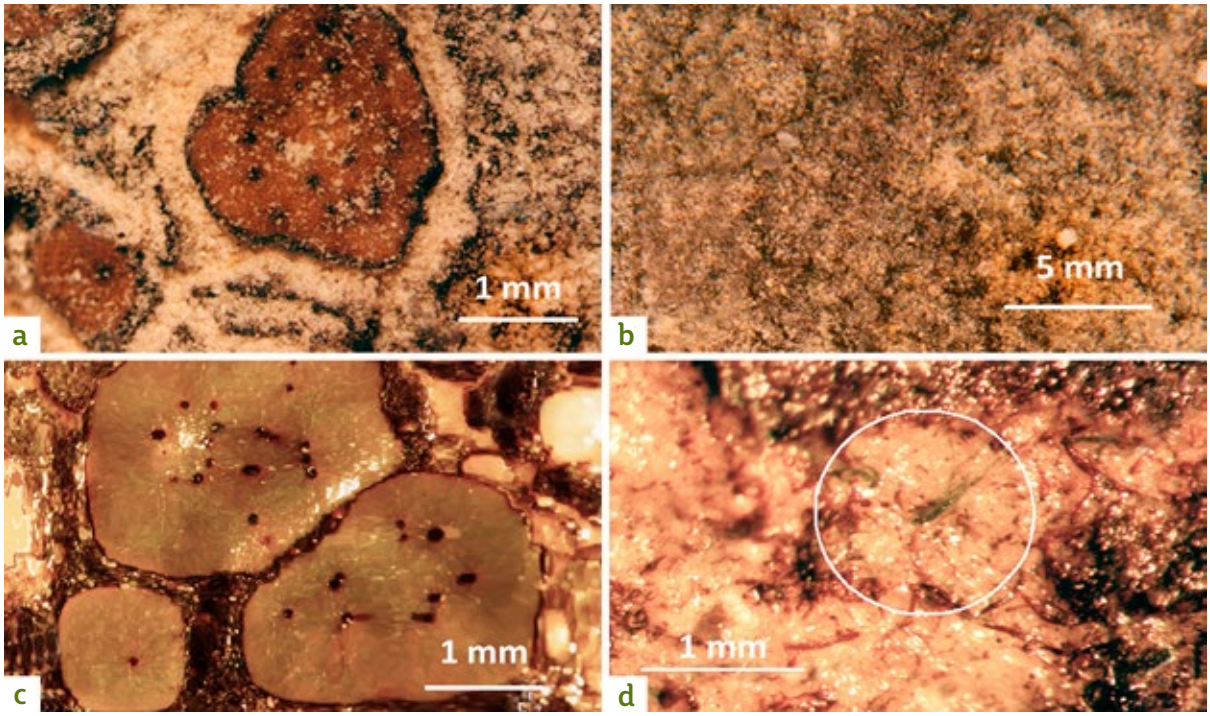


Figura 2. Imágenes de CBS rugosas (izquierda) y planas (derecha), en etapa seca (a, b), y con 20 h de reactivación (c, d). El círculo muestra filamentos emergiendo de una capa subyacente. Fotos: Yolanda Maya.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Una vez humedecidas las muestras, se tomaron filamentos y colonias de cianobacterias, que se observaron en un microscopio de contraste de fases, para identificar las diferentes especies presentes por los rasgos de sus células, como su diámetro y forma (figura 3, cuadro 1). En ambos tipos de CBS se registraron especies que presentan células especializadas capaces de fijar nitrógeno atmosférico (llamadas heterocistos). Estas especies de cianobacterias están entre los pocos microorganismos capaces de transformar la forma química del nitrógeno atmosférico que, a pesar de ser muy abundante (80% de la atmósfera), en su forma original no puede ser aprovechado por la mayoría de los seres vivos. Una vez fijado por estos microorganismos, el nitrógeno queda disponible y entra a las redes tróficas.

Con las muestras observadas en el microscopio electrónico de barrido se comprobó que los filamentos formaban redes (figura 4), entre las cuales había partículas de suelo que quedaron atrapadas por los

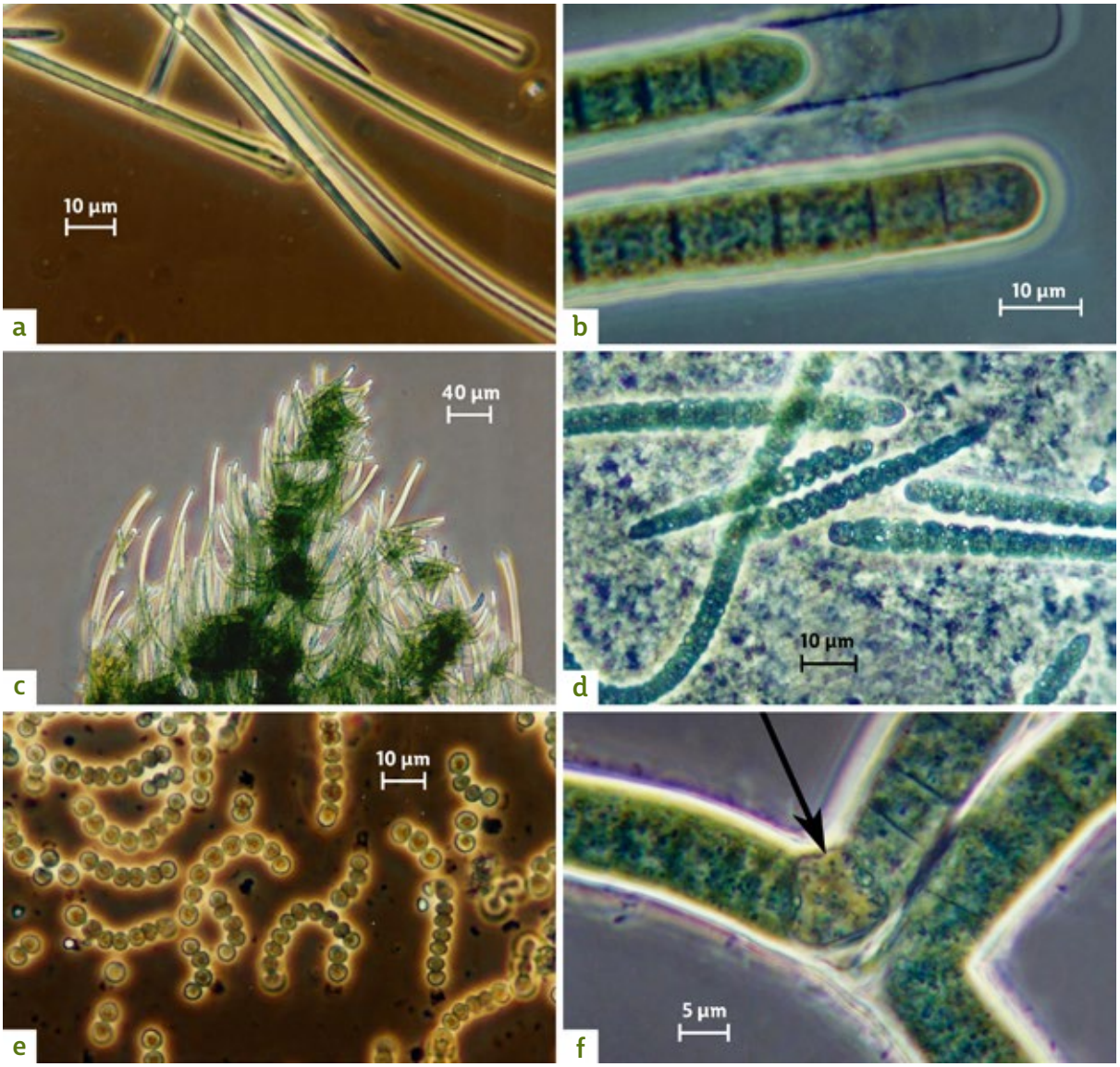


Figura 3. Imágenes de las especies identificadas en CBS de Sierra La Laguna: a) *Microcoleus sociatus*; b) *M. paludosus*; c) *Calothrix elenkinii*; d) *C. marchica*; e) *Nostoc microscopicum*; f) *Scytonema ocellatum* (la flecha señala un heterocisto). Fotos: Yolanda Maya.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Cuadro 1. Especies de cianobacterias y su abundancia relativa en las costras biológicas de suelo de Sierra La Laguna.

Especie	Abundancia relativa	
	Plana	Rugosa
Scytonema ocellatum	++++	++++
Scytonema sp.	+++	++
Microcoleus paludosus	++++	+++
Microcoleus sociatus	++	++
Phormidium sp.	+++	+++
Nostoc microscopicum	+	++
Calothrix marchica	-	+
Calothrix elenkinii	-	+

-: no detectada; +: presente; ++: común; +++: muy común; ++++: dominante. Fuente: elaboración propia con datos de Maya-Delgado *et al.* 2002.

exudados mucilaginosos remanentes del último periodo de crecimiento (figura 4c). Esto sugiere que los exudados producidos por las cianobacterias durante los cortos periodos de activación (que se limitan a tres meses como máximo en el área de estudio) son capaces de retener partículas de suelo aún en condiciones de sequía, lo que contribuye a la agregación y estabilidad del sedimento.

Costras biológicas del matorral sarcocaule al sur del estado

Para conocer la diversidad del componente cianobacteriano de las CBS del matorral sarcocaule[1] que cubre un área aproximada de 3 000 km^2 al sur del estado, se desarrolló un estudio en los terrenos de la estación biológica del Centro de Investigaciones Biológicas del

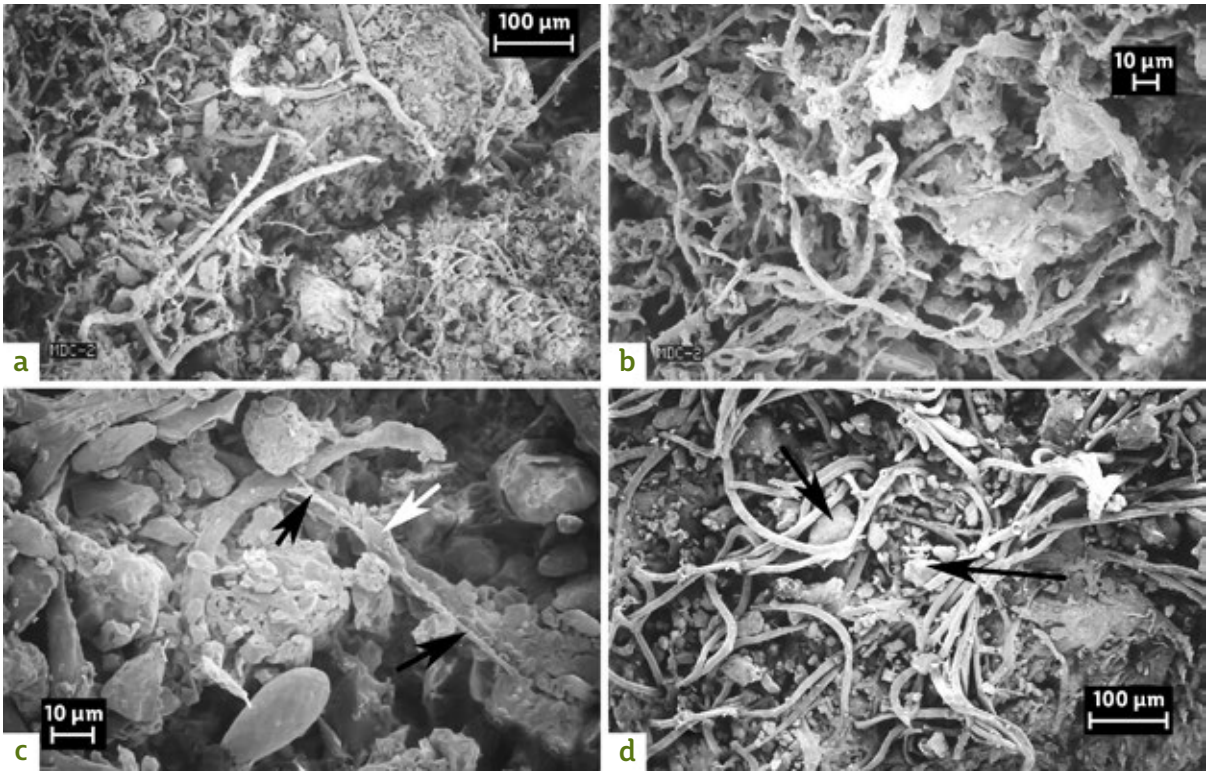


Figura 4. Imágenes de microscopía electrónica de barrido de CBS en Sierra La Laguna: a) superficie de costra plana seca; b) superficie de costra plana, a 48 h de haber sido reactivada; c) partícula de suelo (flecha blanca) atrapada por los exudados de las cianobacterias (flechas negras); d) partículas de suelo (flechas blancas) atrapadas en la red de filamentos. Fotos: Al Soeldner.

1 Este tipo de matorral se caracteriza por tener arbustos de tallos gruesos y carnosos, algunos con corteza papirácea.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Noroeste S.C. (CIBNOR), localizada a 12 km al oeste de la ciudad de La Paz.

En el matorral también se pudieron diferenciar dos tipos de costras: rugosas (en suelo de matorral maduro) y planas (en áreas erosionadas, figura 5). Sin embargo, una diferencia notable e importante entre la distribución de las CBS en el matorral sarcocaule y en la selva baja caducifolia, radicó en que en el matorral la presencia de costras es común, en tanto que en la selva las costras solo se encuentran en áreas deforestadas e incluso erosionadas, debido a las condiciones de radiación directa que requieren para su desarrollo.

Cabe señalar que para las muestras de matorral sarcocaule se aplicó la misma metodología de colecta y reactivación. Con el microscopio estereoscópico se observaron claramente las redes de filamentos de cianobacterias y algunas partículas de suelo atrapadas (figura 6). Asimismo, se identificaron diversas especies, y en las micrografías obtenidas con microscopio de campo claro fue posible distinguir a *Scytonema* sp. y *Nostoc* sp. con heterocistos, es decir, con células que tienen la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico (figura 7 , cuadro 2).



Figura 5. Paisaje de los sitios de colecta y fisionomía de las costras biológicas en el matorral sarcocaule. a) Zona erosionada; b) costra plana; c) matorral maduro; d) costra rugosa. Fotos: Yolanda Maya.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

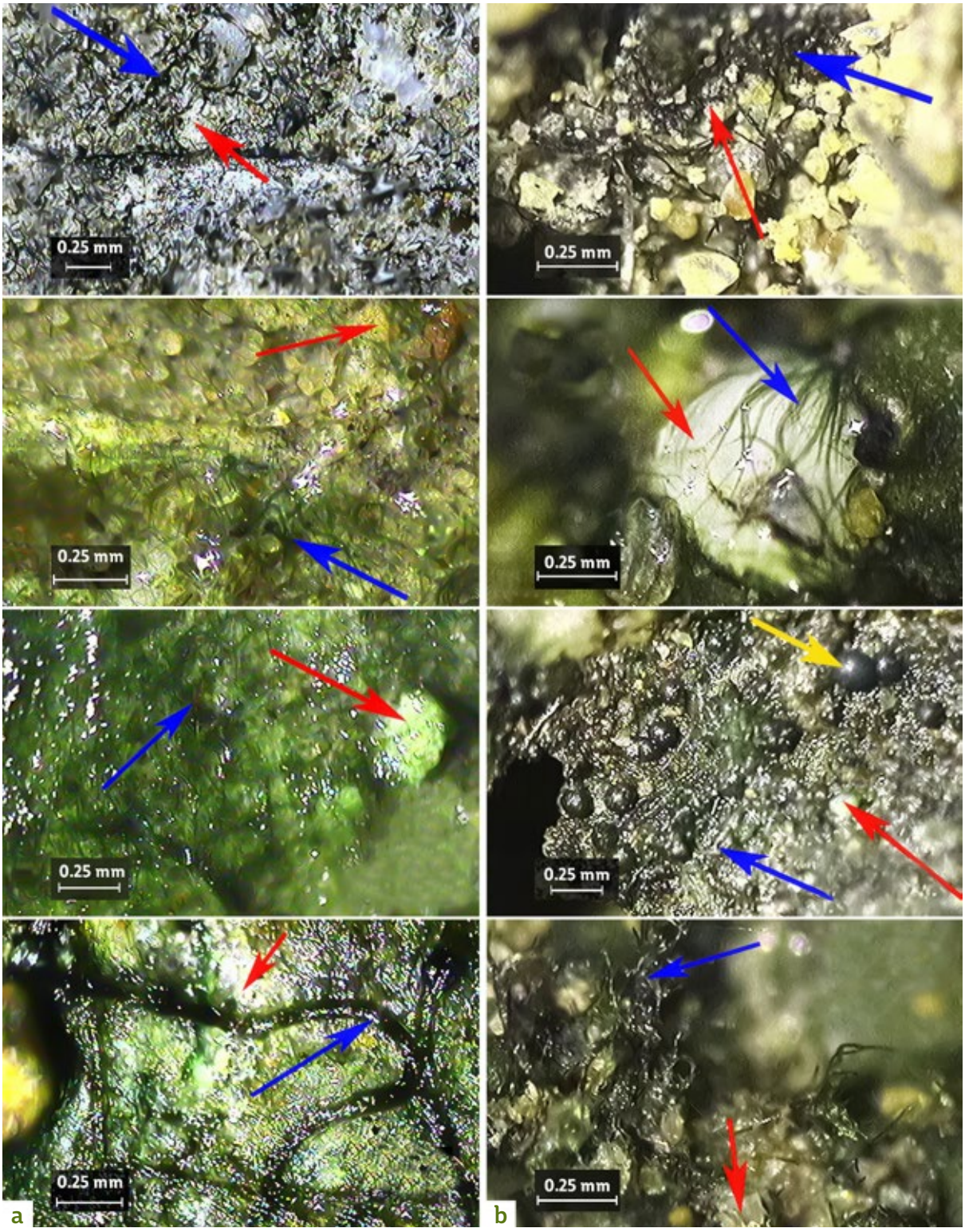


Figura 6. Fotografías obtenidas con microscopio estereoscópico de CBS activadas, provenientes de matorral sarcocaule. a) Costras planas; b) costras rugosas. Las flechas rojas señalan partículas de suelo; las azules, filamentos; la amarilla, colonias de *Nostoc* sp. Fotos: José Gómez Sánchez.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

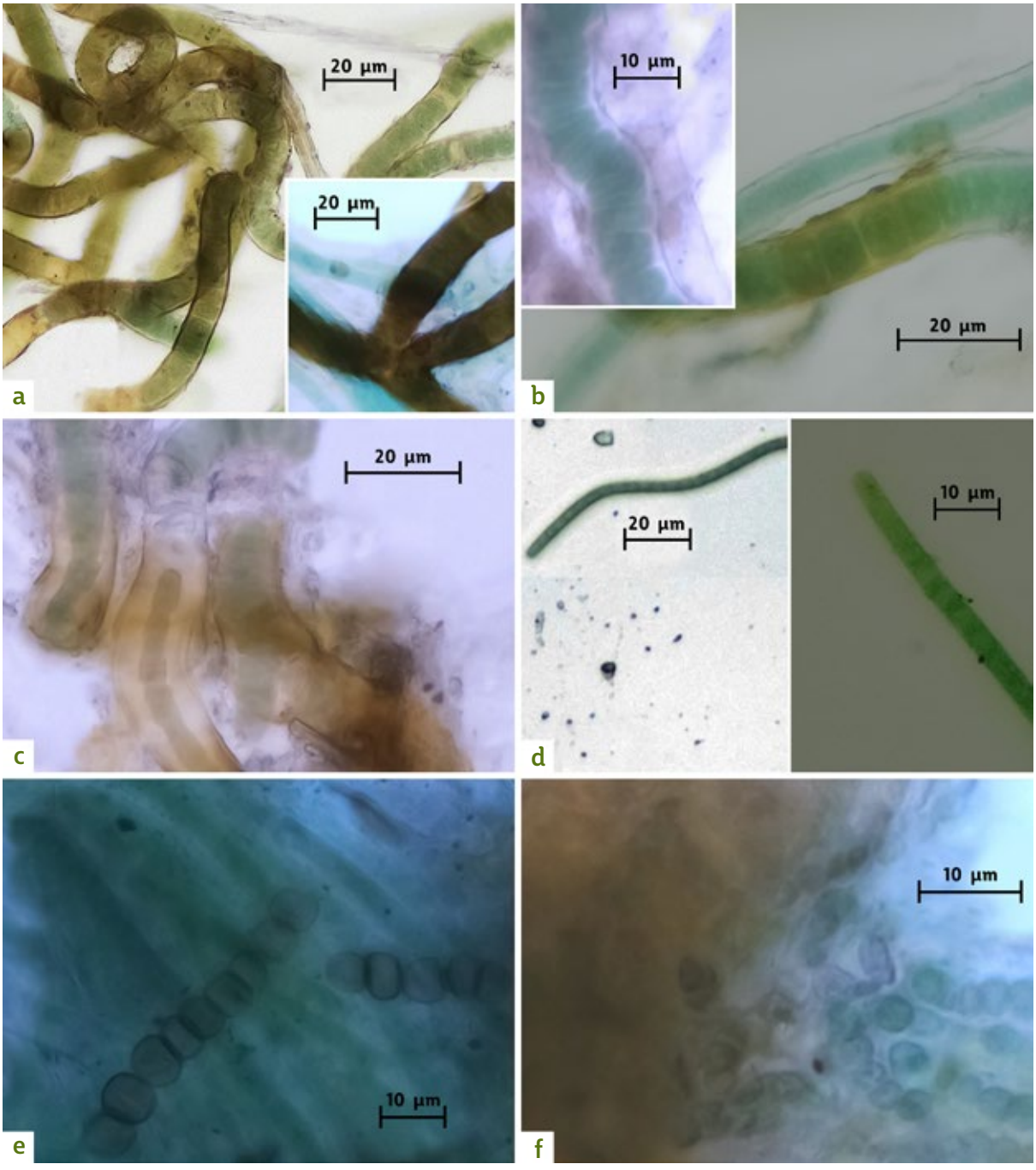


Figura 7. Imágenes de microscopía de campo claro de algunas especies presentes en las costras biológicas del matorral sarcocaule: a) *Scytonema* sp.; b) *S. ocellatum*; c) *S. stuposum*; d) *Phormidium* sp.; e) *Nostoc* sp.; f) *N. microscopicum*. Fotos: José Gómez-Sánchez.

Fue interesante descubrir diferencias en la composición de especies entre las localidades Sierra La Laguna y la estación biológica del CIBNOR, como *Microcoleus vaginatus* que no se encontró en la sierra. Esto sugiere que las condiciones ambientales de cada localidad, que han determinado el tipo de ecosistema que se presenta en cada una (matorral y selva baja caducifolia, respectivamente), podrían motivar también

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Cuadro 2. Especies de cianobacterias y su abundancia relativa en las costras biológicas de suelo del matorral sarcocaule.

Especie	Abundancia relativa	
	Plana	Rugosa
Microcoleus sp.	++	++++
M. paludosus	++++	++++
M. chthonoplastes	++++	++++
M. vaginatus	++++	-
M. sociatus	-	+
M. steenstrupii	+	-
Phormidium inundatum	++	++
Nostoc sp.	++	+++
N. microscopicum	+++	-
Scytonema sp.	++++	++++
S. stuposum	+	-
S. ocellatum	-	+++

-: no detectada; +: presente; ++: común; +++: muy común; ++++: dominante. Fuente: elaboración propia con datos de Gómez Sánchez 2010.

la presencia o ausencia de especies de cianobacterias constructoras de CBS.

Estas diferencias ambientales podrían relacionarse con el origen geológico de cada localidad. Las llanuras en las que se ubican la estación biológica del CIBNOR y la ciudad de La Paz forman parte de la zona conocida como Llanos de Magdalena, que emergieron del piso marino; mientras que Sierra La Laguna se desplazó desde lo que actualmente es la bahía de Banderas en Jalisco, con toda su flora y fauna (Fletcher *et al.* 2000).

Conclusiones

Como consecuencia del cambio de uso del suelo relacionado con actividades productivas, aproximadamente 10% de la superficie total del estado presenta actualmente graves problemas de erosión. De manera particular, se tienen registros de este problema en 16% de las zonas de matorral y 5% de las zonas de selva baja caducifolia (Maya-Delgado 2004, Maya-Delgado y Troyo-Diéguez 2018). Los resultados de estos estudios plantean la posibilidad de desarrollar biopelículas (organizaciones microbianas que crecen adheridas a un sustrato, como suelo esterilizado con presión y temperatura) a partir de CBS para aplicarse simultáneamente en programas de reforestación, con la finalidad de lograr un mayor porcentaje de éxito en el establecimiento y crecimiento de los árboles, debido a que en el caso de Baja California Sur se tienen reportes en los que la sobrevivencia de los individuos arbóreos varía entre 54 y 11.7% (UNICEDER-UACH 2002, SEMARNAT 2004).

Al optimizar muchas de las propiedades del suelo, como el mantenimiento de la humedad e incluso por la incorporación de nitrógeno con el uso de CBS, dicho porcentaje podría mejorar. Con base en las diferencias identificadas en cuanto a la riqueza de especies entre las dos localidades, se recomienda utilizar las costras provenientes de la misma localidad (organismos nativos del mismo ecosistema) para el desarrollo y la aplicación de biopelículas.

Referencias

Belnap, J. y J.S. Gardner. 1993. Soil microstructure in soils of the Colorado Plateau: the role of cyanobacterium *Microcoleus vaginatus*. *The Great Basin Naturalist* 53:40-47.

Belnap, J. y O.L. Lange. 2001. *Biological soil crusts: structure, function and management*. Springer-Verlag, Alemania.

Fletcher, M., B. Khon, D. Foster *et al.* 2000. Heterogeneous Neogene cooling and exhumation of the Los Cabos block, southern Baja California. Evidence from fission track thermochronology. *Geology* 18:107-110.

García-Pichel, F. y J. Belnap. 1996. Microenvironments and microscale productivity of cyanobacterial desert crusts. *Journal of Phycology* 32:774-782.

Gómez-Sánchez, J.P. 2010. *Efecto de la humedad sobre la estructura de la comunidad de cianobacterias de costras biológicas en suelo de matorral sarcocaule en la Península de Baja California, México*. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Indígena de México, Sinaloa.

Johansen, J.R. 1993. Cryptogamic crusts of semiarid and arid lands of North America. *Journal of Phycology* 29:140-147.

Maya-Delgado, Y.L. 2004. *La erosión en la Sierra de La Laguna, Baja California Sur*. Tesis de doctorado. Facultad de Ciencias-UNAM, México.

Maya-Delgado, Y., A. López-Cortés y A. Soeldner. 2002. Cyanobacterial microbiotic crusts in eroded soils of a tropical dry

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

forest in the Baja California Peninsula, Mexico. *Geomicrobiology Journal* 19:505-518.

Maya-Delgado, Y. y E. Troyo-Diéguez. 2018. Identificación de áreas costeras con suelos salinos potenciales para el establecimiento y cultivo de la halófita *Salicornia bigelovii* Torr. En: *Memorias del XLII Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo*. Colegio de Postgraduados, Montecillo.

SEMARNAT. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2004. *Evaluación del Programa Nacional de Reforestación PRONARE 2003*. SEMARNAT, México.

UNICEDER-UACH. Unidad de Investigación, Capacitación y Evaluación para el Desarrollo Rural de la Universidad Autónoma Chapingo. 2002. *Evaluación del Programa Nacional de Reforestación PRONARE 2000-2001*. SEMARNAT/CONAFOR, México.

Verrecchia, E., A. Yair, G.J. Kidron *et al.* 1995. Physical properties of the psammophile cryptogamic crust and their consequences to the water regime of sandy soils, north-western Negev Desert, Israel. *Journal of Arid Environments* 29:427-437.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Fitoplasmas

Arevik Poghosyan, Julio Hernández González y Vladimir Lebsky

Introducción

Los fitoplasmas son bacterias pertenecientes a la clase Mollicutes (del latín *mollis*: suave, y *cutis*: piel), que son un grupo taxonómico caracterizado por la ausencia de pared celular (cuentan solo con una membrana plasmática trilaminar) y tener los genomas (conjunto de genes) de menor tamaño entre los organismos autoreplicados (Lee y Davis 1986). Los fitoplasmas son patógenos de plantas que se encuentran en el tejido del floema y causan alteraciones profundas en el equilibrio de los reguladores de crecimiento, lo que se manifiesta por múltiples síntomas. Los síntomas más típicos son esterilidad floral, virescencia (enverdecimiento, cambio del color normal de pétalos a color verde), filodia (regeneración de partes florales a las estructuras foliares), proliferación de brotes auxiliares, acortamiento de entrenudos (escoba de brujas), achaparramiento o enanismo generalizado, decaimiento general, apariencia de *bunchy top* (cogollo arrepollado), amarillamiento o clorosis foliar, necrosis de floema y *dieback* (muerte regresiva) de ramas en maderables.

En 1967, un grupo de investigadores japoneses a través de microscopía electrónica de transmisión (MET) lograron observar en los tubos cribosos de floema de plantas con síntomas de amarillamiento generalizado, la presencia de células pleomórficas (del griego *pleos*: abundante y *morphe*: forma) de bacterias sin pared celular (Doi *et al.* 1967), con morfología y estructura semejantes a micoplasmas (otros representantes de la clase Mollicutes, patógenos en humanos y animales). Ese hallazgo marcó el inicio de los estudios de los patógenos vegetales, denominados *mycoplasma like organisms* (MLO), como un nuevo miembro de la clase Mollicutes.

En 1994, con la introducción de los métodos moleculares para el estudio de MLO y el análisis de homología de ácido desoxirribonucleico (ADN o DNA por sus siglas en inglés) en los genes conservados (*highly conserved genes*) que codifican el ácido ribonucleico (ARN o RNA por sus siglas en inglés) y proteínas ribosomales, se pudo establecer el nuevo estatuto de MLO entre otros procariontes y denominarlos *phytoplasmas* (Gundersen *et al.* 1994, Sears y Kirkpatrick 1994). La designación de un nuevo taxón a nivel de especie, "*Candidatus* (*Ca*) phytoplasma", distingue claramente a los fitoplasmas como un grupo monofilético dentro de la clase Mollicutes (IRPCM 2004), por la presencia de una secuencia firma única del gen de ARNr 16S (≥1200 bp).

Impacto económico

Se conocen más de 700 enfermedades de plantas asociadas con fitoplasmas, que abarcan diferentes grupos

Poghosyan, A., J. Hernández González y V. Lebsky. 2025. Fitoplasmas. En: *La biodiversidad en Baja California Sur. Estudio de Estado*. Vol. II. CONABIO/FFB, México, pp. 55-65.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

de cultivos agrícolas. Entre éstas hay afectaciones de alta importancia agrícola y distribución geográfica (Bertaccini y Duduk 2009). La etiología (del griego *aitia*: causa y *logos*: estudio) de muchas enfermedades tipo amarillamiento (*yellow type diseases*) antes conocidas como virales, actualmente se relaciona con fitoplasmas. En México se reporta el amarillamiento letal del cocotero y punta morada de la papa, que son enfermedades cuarentenarias emergentes muy peligrosas asociadas con fitoplasmas (Oropeza *et al.* 2011).

En Baja California Sur, los fitoplalsmas se reportaron por primera vez relacionados con diferentes malformaciones de papaya en dos campos experimentales del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C. (CIBNOR; Poghosyan *et al.* 2004). Desde entonces, se inició una búsqueda (*screening*) de fitoplasmas en diferentes cultivos agrícolas y plantas silvestres, con la aplicación de la técnica de microscopía electrónica de barrido (MEB), con el propósito de diagnosticar la situación fitosanitaria relacionada con dicho patógeno. Durante los recorridos fitosanitarios en las principales zonas agrícolas del estado (valle de Santo Domingo, valle La Paz, Los Cabos, Todos Santos, El Carrizal y Los Planes), así como en huertas de traspatio y en parcelas experimentales del CIBNOR ubicadas en El Carrizal y El Comitán, se tomaron muestras de plantas con síntomas con sospecha de ser de origen fitoplásmico, así como plantas asintomáticas, para ser procesadas y analizadas con MEB (Poghosyan y Lebsky 2010, Lebsky *et al.* 2010, 2012a, b, Poghosyan *et al.* 2012, 2015).

Asimismo, se realizó la caracterización de síntomas a través de injertos de plantas sintomáticas a plantas indicadoras, lo cual permitió reproducir los síntomas y mantener el patógeno en condiciones de invernadero para su análisis posterior, con la aplicación de MEB y técnicas moleculares. Los síntomas se transmitieron también con la planta parasítica cuscuta (hilo del diablo). Con la MEB se analizaron muestras de:

- Plantas frutales: papaya (*Carica papaya*), vid (*Vitis vinifera*), granado (*Punica granatum*) y ciruelo (*Cyrtocarpa edulis*).
- Cítricos: naranjo (*Citrus sinensis*), limón (*C. aurantifolia*), toronja (*C. paradisi*), kumquat (*C. japonica*) y limonaria (*Murraya paniculata*).
- Hortalizas: tomate (*Solanum lycopersicum*), chile (*Capsicum annuum*), pepino (*Cucumis sativus*), cilantro (*Coriandrum* spp.), albahaca (*Ocimum basilicum*), romero (*Rosmarinus officinalis*), salvia (*Salvia officinalis*), tomillo (*Thymus vulgaris*), orégano (*Origanum vulgare*) y tarragon (*Artemisia dracunculus*).
- Forrajeros: frijol yorimon (*Phaseolus vulgaris*) y maíz (*Zea mays*).
- Ornamentales: jazmín (*Jasminum sambac*), teresita (*Catharanthus roseus*) y *Briophyllum* spp.
- Cultivos socioeconómicos: datilillo (*Yucca valida*) y damiana (*Turnera diffusa*).
- Plantas silvestres: neem (*Azadirachta indica*), palo verde (*Parkinsonia aculeata*), hortensia (*Hidrangea* spp.), gloria de mañana (*Convolvulus* spp.), quelite (*Amaranthus fimbriatus*), epazote (*Chenopodium graveolens*), rábano silvestre (*Raphanus raphanistrum*) e hilo de diablo (*Cuscuta* spp.).
- Palmeras: palmilla de taco (*Brahea brandegeei*) y palma colorada (*Washingtonia robusta*).

Entre los múltiples síntomas tipo amarillamiento en las diferentes hospederas, los más típicos y frecuentes fueron: achaparramiento de plantas, clorosis y malformaciones foliares (arrugamiento, acucharamiento, distorsión), acortamiento de entrenudos, proliferación de brotes y yemas florales secas. Sin embrago, hubo algunos casos específicos:

- En las plantas de algunas líneas de papaya regional y variedad Maradol, se registraron síntomas de *bunchy top*, hojas apicales y hojas entrenudos reducidos como pequeños botoncillos, hojas filiformes tipo helecho y tumores en el tronco.
- En albahaca y pepino se observaron los síntomas de virescencia de pétalos y proliferación de brotes.
- Coloración rojiza de las láminas foliares en tomate, chile, granado, vid y damiana.
- Necrosis de los márgenes foliares en plantas herbáceas; y en el caso de datilillo, necrosis y enchinamiento de hojas.
- En plantas de cilantro, un cultivo trampa en la plantación de tomate cherry, se observaron síntomas de la escoba de bruja (figura 1).

Con el uso de la técnica de MEB, en el tejido de floema de diferentes órganos de las plantas sintomáticas y algunas asintomáticas (hojas, nervaduras foliares, peciolos, raíz, partes florales y frutas) se detectaron células de fitoplasma, con un diámetro

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Figura 1. Manifestaciones en plantas sintomáticas: a) tumores en tronco de papaya; b) *bunchy top* en papaya; c) reducción de hojas tipo botones en papaya; d) hojas reducidas y color rojizo en planta de vid; e) amarillamiento y reducción de hojas en neem; f) reducción, malformación y color rojizo de láminas foliares en granado; g) planta sana de datilillo; h) necrosis y enchinamiento de hojas en datilillo; i) reducción, clorosis y proliferación de brotes en chile chiltepin; j) acucharamiento, arrugamiento y clorosis marginal en hojas de tomate cherry; k) caída de hojas viejas, amarillamiento y necrosis de las hojas apicales, además de necrosis de inflorescencias en palmilla de taco; l) amarillamiento entre nervaduras, deformación y enrollamiento de hojas en kumquat. Fotos: V. Lebsky y A. Poghosyan.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

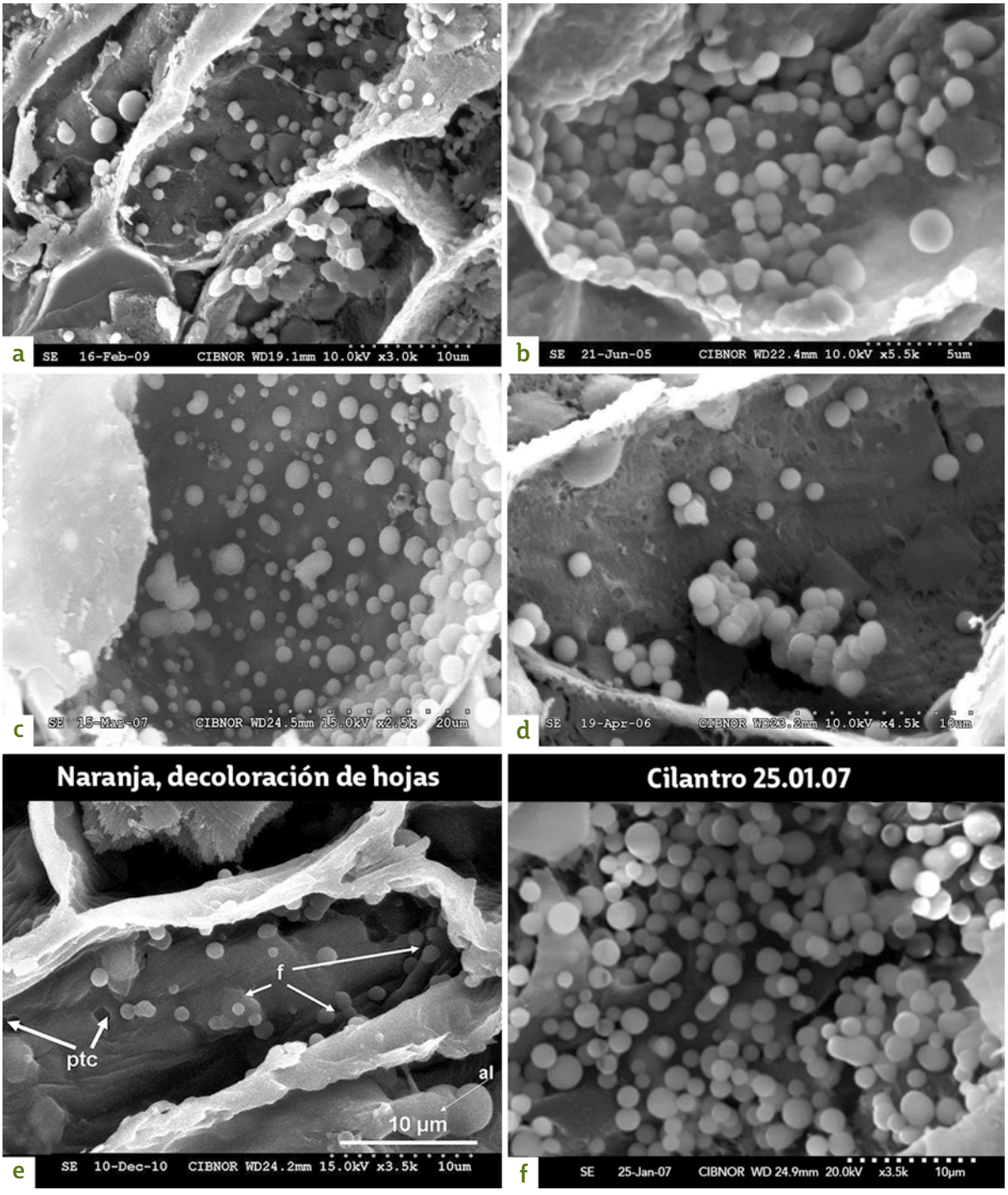


Figura 2. Fitoplasmas en floema de nervadura foliar (imágenes de microscopía electrónica de barrido): a) tomate; b) chile; c) albahaca; d) damiana; e) naranja; f) cilantro. f: Fitoplasma; al: almidon; ptc: poro de tubo criboso. Fotos: V. Lebsky y A. Poghosyan.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

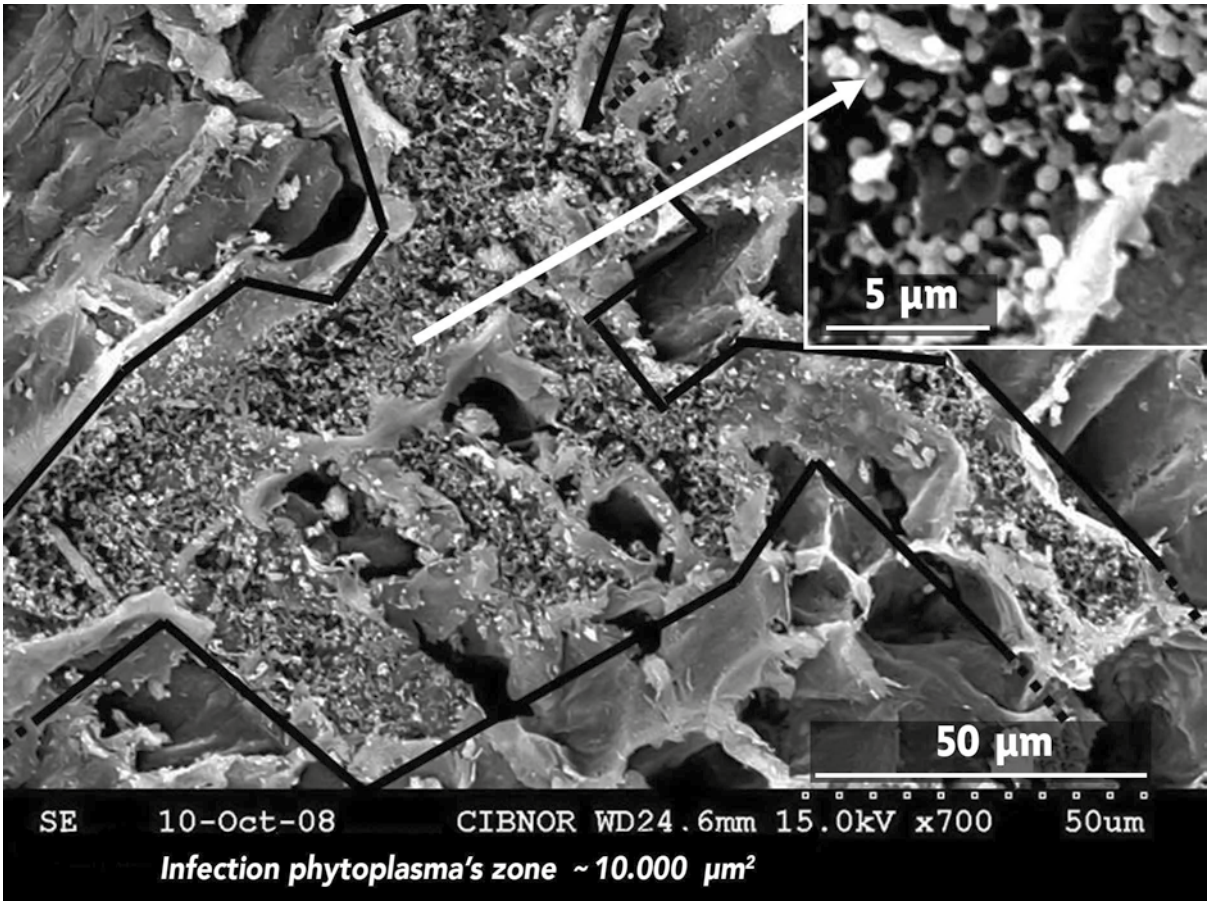


Figura 3. Imagen de microscopía electrónica de barrido de la zona de infección (borde negro). Se observa la distribución de fitoplasmas en el tejido de floema en planta de papaya con síntomas severos (magnificación x700); la flecha indica una parte con la magnificación aumentada. Fotos: Lebsky *et al*. 2010.

aproximado de 400-1800 nm (figura 2). Asimismo, la concentración de fitoplasmas fue variable en distintos órganos vegetales en varias etapas de infección, y su abundancia y distribución por tubos cribosos de floema fue distinta (figura 3).

La morfología y el tamaño de los fitoplasmas detectados por MEB fueron similares a los observados con la misma técnica por otros autores (Marcone y Ragozzino 1996, Al-Awadhi *et al*. 2002). También se observaron granos de almidón y cristales de sales, que son resultado de la perturbación hormonal por los patógenos vasculares (Lebsky y Poghosyan 2007, Etxeberria *et al*. 2009).

Los resultados de análisis por MEB se confirmaron con el uso de técnicas moleculares: extracción de ADN total de la planta (Tapia-Tussell *et al*. 2005) y posteriormente, la aplicación de la técnica de reacción en cadena de la polimerasa (PCR por sus siglas en inglés) anidada con cebadores universales (P1/P7) y específicos (R16F2n/R16R2; Lee *et al*. 1994).

Importancia ecológica y epidemiológica

La ecología y epidemiología de las enfermedades asociadas con fitoplasmas se relacionan estrictamente con tres componentes del agroecosistema: plantas silvestres, insectos-vectores y cultivos agrícolas. Los fitoplasmas persisten en sus hospederos naturales, donde se alimentan y reproducen.

La presencia de fuentes del patógeno en agroecosistemas hace posible su transmisión a los cultivos

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

agrícolas mediante insectos-vectores. Además de las especies nativas, la flora silvestre incluye muchas plantas introducidas, entre cuales se distinguen las especies exóticas invasoras por representar la segunda gran amenaza para la biodiversidad (después de la destrucción de hábitat), ya que causan impactos negativos como la supresión de la vegetación nativa y afectan la regeneración natural. Adicionalmente, dichas especies pueden causar amenazas para la agricultura, y son fuente natural de patógenos como los fitoplasmas (Bertaccini y Duduk 2009).

Durante el *screening* de fitoplasmas desarrollado para este trabajo, se logró detectar el patógeno en varias plantas silvestres, tanto herbáceas como arbustos y maderables, que crecen entre los surcos y los alrededores de las plantaciones y parcelas (figuras 4 y 5). La gloria de mañana (figura 4), el quelite y el rábano silvestre, son herbáceas comunes en las plantaciones de hortalizas y pueden ser fuentes de fitoplasmas. Asimismo, en algunos arbustos (p.e. jazmín, figura 5) y árboles (neem, figura 1e) plantados para proteger hortalizas, se observaron síntomas de amarillamiento y se confirmó la presencia de fitoplasmas empleando MEB.

En estudios más recientes dentro de Baja California Sur se han encontrado síntomas de fitoplasmas



Figura 4. Planta silvestre gloria de mañana (*Convolvulus* sp.), reservorio natural de fitoplasmas. a) Planta sana; b) hojas de planta sana con tamaño normal (izquierda) y planta sintomática (derecha); c) hojas reducidas y arrugadas de planta sintomática; d) imágenes de MEB de fitoplasmas en floema de pedúnculo. Fotos: V. Lebsky y A. Poghosyan.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Figura 5. Jazmín (*Jasminum sambac* var. 'Grand Duke of Tuscany'), un arbusto introducido ejemplo de reservorio natural de fitoplasmas. a) Planta sana; b) proliferación de tallo; c) imágenes de MEB de fitoplasmas en floema de tallo. Fotos: V. Lebsky y A. Poghosyan.

en el palo verde (planta nativa; León de la Luz *et al.* 2014) y la teresita (planta introducida), ambas consideradas invasoras, incluidas en la lista gris de especies invasoras y ampliamente distribuidas en la entidad. Con la aplicación de técnicas de MEB y PCR-anidada, se logró detectar fitoplasmas en ambas plantas, incluso en plantas asintomáticas (infección latente), lo que sugiere la presencia del patógeno de manera persistente en agroecosistemas.

Conservación de fitoplasmas *ex situ*

La conservación *ex situ* en general consiste en el mantenimiento de especies fuera de su hábitat natural. En el caso de las bacterias, se cultivan en medios axénicos (artificiales) y se mantienen sus colecciones en tubos, *in vitro* como una colección de cultivo bacteriológico.

Los fitoplasmas son bacterias difíciles de aislar y cultivar en medios axénicos y no pueden mantenerse *in vitro*. No obstante, existen algunos métodos alternos para llevar a cabo su conservación y su estudio posterior, entre los que se destacan:

- Mantener los fitoplasmas en las plantas-indicadoras (test-plantas) en condiciones de invernadero libre de insectos. La transmisión de fitoplasmas se realiza por injertos y re-injertos, y con la planta parasítica cuscuta (*Cuscuta* spp.).
- Mantener en plantas mircopropagadas.
- Mantener congelado el ADN extraído de plantas infectadas con fitoplasmas.

En el invernadero del CIBNOR se estableció una colección de test-plantas de chile, tomate y teresita con los fitoplasmas de varias especies de tomate y chile; y test-plantas de limón y naranja con fitoplasmas obtenidos de kumquat y limonaria. El patógeno se transmitió con injertos a teresita, inicialmente con la cuscuta y se mantiene con re-injertos, para tener permanentemente material biológico con fitoplasmas para análisis en laboratorio.

En el Instituto de Fitosanidad, en plantas de teresita se mantienen fitoplasmas de aster mexicano (*Cosmos bipinnatus*); mientras que en plantas de nopal se mantienen fitoplasmas de engrosamiento

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

de nopal (Suaste Dzul *et al*. 2012). En el Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY) se desarrolla una técnica *in vitro* de germinación de brotes de coco de las semillas de plantas infectadas con fitoplasma de amarillamiento letal (Oropeza *et al*. 2017).

En el Laboratorio de Biología Molecular de Plantas-CIBNOR se mantiene una colección de ADN, provenientes de distintas plantas sintomáticas, colectadas desde 2009 en Baja California Sur. La presencia de fitoplasmas en todas las plantas fue confirmada por medio de MEB y PCR-anidada, y en algunas se identificó y clasificó. El ADN se mantiene congelado a -70°C para futuros estudios de fitoplasmas con técnicas moleculares.

Clasificación taxonómica

Para la taxonomía de fitoplasmas no son aplicables los métodos de microbiología convencional basada en el estudio de los cultivos puros para atender las demandas del Comité Internacional de Sistemática de Bacterias (ICSB 1993). No obstante, el desarrollo de técnicas moleculares permitió establecer las guías taxonómicas para la clasificación provisional de fitoplasmas (IRPCM 2004), basada en la amplificación de genes ARNr 16S para ubicarlos dentro de un nuevo *taxón* a nivel de género *Ca*. Phytoplasma (Murray y Stackebrandt 1995, IRPCM 2004).

El análisis de polimorfismos de longitud de fragmentos de restricción (RFLP por sus siglas en inglés) de fragmentos amplificados del ADNr 16S (1.25 kb), con las 17 enzimas clave, permitió definir diferentes grupos y subgrupos de 16S ribosomal, con al menos una especie de referencia *Ca*. Phytoplasma para cada grupo (Lee *et al*.1998). La aplicación de la simulación computacional del RFLP (*i*PhyClassifier) permitió facilitar y avanzar con dicho esquema de clasificación (Wei *et al*. 2008, Zhao *et al*. 2009). Actualmente se reportan 33 grupos y 118 subgrupos de fitoplasmas (Bertaccini *et al*. 2014, Zhao y Davis 2016).

Con el uso de *i*PhyClassifier (Wei *et al*. 2008) se logró clasificar fitoplasmas detectados en tomate, chile, kumquat, teresita y dos especies palmeras. La comparación de los patrones de digestión de secuencias en RFLP virtual con patrones de cepas de referencia correspondientes, permitió clasificar los fitoplasmas derivados de tomate, chile, kumquat, teresita y dos especies palmeras (palmilla de taco y palma colorada) como las cepas de distintas especies de *Ca*. Phytoplasma entre los siguientes grupos/subgrupos de 16S ribosomal (Poghosyan *et al*. 2019a):

- 16SrI (*Aster yellows group*): 16SrI-B (kumquat, teresita).
- 16SrIII (*X-disease group*): 16SrIII-F (tomate, teresita, chile); 16SrIII-J (teresita, chile).
- 16SrIV (*Coconut LY group*): 16SrIV-A (palma colorada, palmilla de taco); 16SrIV-D (palmilla de taco).

Los fitoplasmas encontrados en teresita con los síntomas de virescencia, filodia y proliferación de brotes presentaron la mayor diversidad, estableciéndose en tres subgrupos de los dos grupos, 16SrI y 16SrIII, lo que sugiere su papel como uno de los principales reservorios del patógeno. Cabe señalar que el estudio de diversidad molecular de fitoplasmas en otros cultivos sigue en marcha.

Brahea brandegeei con síndrome de amarillamiento letal

El amarillamiento letal (en inglés *lethal yellowing*, LY), una enfermedad cuarentenaria emergente asociada con fitoplasmas, se considera como una de las más destructivas para las palmas o palmeras a nivel mundial desde hace cuatro décadas (Harrison y Oropeza 2008). El término amarillamiento letal inicialmente se relacionó con la enfermedad fatal de la palma de coco (*Cocos nucifera*) en la región Caribe; sin embargo, actualmente se usa en términos más amplios como amarillamiento letal de palmas, para caracterizar enfermedades tipo amarillamiento de diferentes especies de palmeras, relacionadas con fitoplasmas (Aviña-Padilla *et al*. 2011). En México, el amarillamiento letal fue introducido en 1977 en la península de Yucatán; luego se distribuyó ampliamente en las costas del Pacifico y recientemente se reportó en la zona central (Oropeza *et al*. 2011).

En 2014, los síntomas de amarillamiento tipo *bunchy top* se observaron en la palmilla de taco (especie de palma nativa de la Península de Baja California) en un jardín privado en El Centenario (a 20 km de La Paz; figura 1k); mientras que los árboles de palma colorada (*W. robusta*), crecidas en el mismo sitio, no mostraron síntomas visibles.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Para verificar la posible relación de síntomas de amarillamiento letal con la presencia de fitoplasmas, se tomaron muestras de ambas especies para su análisis con MEB y PCR-anidada. Se detectaron fitoplasmas en floema de las hojas e inflorescencias tanto de la palma sintomática (*B. brandegeei*) como de la asintomática (*W. robusta*; Poghosyan *et al.* 2016). La identificación y la clasificación de estos patógenos con varias técnicas moleculares reveló la presencia de fitoplasmas de dos subgrupos del grupo 16SrIV: 16SrIV-A y 16SrIV-D (Poghosyan *et al.* 2016, 2019b). El análisis posterior de las tres secuencias fitoplásmicas, subidas a GenBank, confirmó su relación con las cepas de *Ca.* Phytoplasma palmae, detectadas en México y otros países.

Conclusiones

Este trabajo presenta una breve descripción de los estudios realizados acerca de fitoplasmas, y abarca los principales temas relacionados: su distribución, sintomatología, impacto económico, importancia ecológica y epidemiológica, reservorios naturales, métodos de su conservación *ex situ*, clasificación taxonómica y un caso particular sobre amarillamiento letal de palmas. En el estudio de los fitoplasmas emergen nuevos retos, entre los cuales se incluye la infección mixta con otros patógenos que habitan en el mismo floema, como son los casos de algunos virus, bacterias y otros mollicutes como spiroplasma (Lebsky *et al.* 2011, 2019).

Además de su alto impacto negativo para la agricultura del estado, los fitoplasmas se presentan como un problema para la biodiversidad de la flora silvestre, que es el reservorio natural del patógeno. Por tal motivo, es muy importante investigar también su distribución en las plantas silvestres en ecosistemas naturales, para evaluar su posible papel en la dinámica poblacional, específicamente para los ecosistemas naturales vulnerables del estado. Por lo anterior, es relevante realizar estudios epidemiológicos sobre fuentes (reservorios) de fitoplasmas detectados en las palmas nativas *B. brandegeei* y *W. robusta* en El Centenario (ecosistema urbano) y Sierra de las Cacachilas (ecosistema natural). Sin embargo, para lograr resultados más detallados y configurar un panorama amplio de dicho proceso, se sugiere aplicar tecnologías avanzadas de secuenciación de nueva generación (NGS), y análisis metagenómico.

Referencias

Al-Awadhi, H.A., A. Hanif, P. Suleman, y M.S. Montasser. 2002. Molecular and microscopical detection of phytoplasma associated with yellowing disease of Date Palms *Phoenix dactyilyfera* in Kuwait. *Kuwait Journal of Science and Engineering* 29:87-108.

Aviña-Padilla, K., L.A. Rodríguez-Paez, A.I. Nava-Castrejón *et al.* 2011. Epidemic of lethal yellowing disease affecting *Phoenix dactilifera* and *Sabal mexicana* in Central Mexico. *Bulletin of Insectology* supplement 64:21-22.

Bertaccini, A. y B. Duduk. 2009. Phytoplasma and phytoplasma diseases: a review of recent research. *Phytopathologia Mediterranea* 48:355-378.

Bertaccini, A., B. Duduk, S. Paltrinieri y N. Contaldo. 2014. Phytoplasmas and Phytoplasma diseases: a severe threat to agriculture. *American Journal of Plant Sciences* 5:1763-1788.

Doi, I.M., M. Teranaka, K. Yora y H. Asuyama.1967. Mycoplasma or PLT group like microrganisms found in the phloem elements of plants infected with mulberry dwarf, potato witches' broom, aster yellows or pawlovnia witches' broom. *Annals of Phytopathological Society Japan* 33:259-266.

Etxeberria, E., P. González, D. Achor y G. Albrigo. 2009. Anatomical distribution of abnormally high levels of starch in HLB-affected Valencia orange trees. *Physiological and Molecular Plant Pathology* 74:76-83.

Gundersen, D.E., I.M. Lee, S.A. Rehne *et al.* 1994. Phylogeny of mycoplasmalike organisms (Phytoplasmas): a basis for their classification. *Journal of Bacteriology* 176:5244-5254.

Harrison, N.A. y C. Oropeza. 2008. Coconut lethal yellowing. En: *Characterization, diagnosis and management of phytoplasmas.* N.A. Harrison, G.P. Rao y C. Marcone (eds.). Studium Press LLC, Houston, pp. 219-248.

ICSB. Subcommittee on the taxonomy of Mollicutes. 1993. Minutes of the interim meetings, 1 and 2 August, 1992, Ames, Iowa. *International Journal of Systematic Bacteriology* 43(2):394-397.

IRPCM. The International Research Programme in Comparative Mycoplasmology. 2004. *Candidatus* Phytoplasma, a *taxon*

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

for the wall-less, non-helical prokaryotes that colonize plant phloem and insects. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 54:1243-1255.

Lebsky, V. y A. Poghosyan. 2007. Phytoplasma associated diseases in tomato and pepper in the state of BCS, Mexico: a brief overview. *Bulletin of Insectology* 60(2):131-132.

Lebsky, V., A. Poghosyan y L. Silva-Rosalez. 2010. Application of scanning electron microscopy for diagnosing phytoplasmas in single and mixed (virus-phytoplasma) infection in papaya. *Julius Kuhn Archiv* 427:70-78.

Lebsky, V., J. Hernández-González, R. Servin-Villegas y A. Poghosyan. 2012a. Detection of phytoplasmas in ciruelo tree (*Cyrtocarpa edulis*) and in sharpshooter (*Homalodisca liturata*) in the state of Baja California Sur, Mexico. *Petria* 22(3):201-204.

Lebsky, V., C. Oropeza, M. Narvaez-Cab y A. Poghosyan. 2012b. Aplicaciones del MEB para la detección de fitoplasmas e inclusiones de almidon y cristales en palma de cocotero (*Cocos nucifera*) y pritchardia (*Pritchardia pacifica*). En: *Memorias del XI Congreso Nacional de Microscopia*. Universidad Autónoma de San Luis Potosí, San Luis Potosí.

Lebsky, V., J. Hernández-González, G. Arguello-Astorga *et al.* 2011. Detection of phytoplasmas in mixed infection with begomoviruses: a case study of tomato and pepper in Mexico. *Bulletin of Insectology* supplement 64:55-56.

Lebsky, V., J. Hernández-González, A. Barraza *et al.* 2019. Ultrastructural analysis of spiroplasmas detected in palm species infected with the lethal yellowing phytoplasma from Yucatan and Baja California Sur, Mexico. *Phytopathogenic Mollicutes* 9:155-156.

Lee, I.M. y R.E. Davis. 1986. Prospects for *in vitro* culture of plant pathogenic mycoplasma-like organisms. *Annual Review of Phytopathology* 24:339-354.

Lee, I.-M., D.M. Gundersen, R.W. Hammond y R.E. Davis. 1994. Use of mycoplasma-like organism (MLO) group-specific oligonucleotide primers for nested-PCR assays to detect mixed-MLO infections in a single host plant. *Phytopathology* 84:559-566.

Lee. I.-M., D.E. Gundersen-Rindal, R.E. Davis e I. Bartoszyk. 1998. Revised classification scheme of phytoplasmas based on RFLP analysis of 16S rRNA and ribosomal protein gene sequences. *International Journal of Systematic Bacteriology* 48:1153-1169.

León de la Luz, J.L., R. Domínguez-Cadena, M. Domínguez-León *et al.* 2014. *Flora iconográfica de Baja California Sur 2*. CIBNOR, La Paz.

Marcone, C. y A. Ragozzino.1996. Comparative studies on genetically different Phytoplasmas using scanning electron microscopy. *Petria* 6:125-136.

Murray, R.G. y E. Stackebrandt. 1995. Taxonomic note: implementation of the provisional status candidatus for incompletely describe procaryotes. *International Journal of Systematic Bacteriology* 45(1):186-187.

Oropeza, C., I. Cordova y A. Chumba *et al.* 2011. Phytoplasma distribution in coconut palms affected by lethal yellowing disease. *Annals of Applied Biology* 159:109-117.

Oropeza, C., I. Cordova, C. Puch Hau *et al.* 2017. Detection of lethal yellowing phytoplasma in coconut plantlets obtained through *in vitro* germination of zygotic embryos from the seeds of infected palms. *Annals of Applied Biology* 171(1):28-36.

Poghosyan, A. y V. Lebsky. 2010. Fitoplasmas en cultivos agrícolas y plantas silvestres del estado de Baja California Sur. En: *Los recursos genéticos microbianos y su potencial biotecnológico en la producción agropecuaria de México*. L. Cervantes-Diaz, D. González-Mendoza y O. Grinaldo-Juárez (eds.). Instituto de Ciencias Agrícolas-UABC, Baja California, pp.82-88.

Poghosyan, A., V. Lebsky, M. Arce-Montoya y L. Landa 2004. Possible phytoplasma disease in papaya (*Carica papaya* L.) from Baja California Sur: diagnosis by scanning electron microscopy. *Journal of Phytopathology* 152(6):376-380.

Poghosyan, A., V. Lebsky y J. Hernandez-Gonzalez. 2012. Association of phytoplasmas and rod-shaped bacteria with a citrus disease of unknown etiology in the state of Baja California Sur, Mexico. *Petria* 22:165.

Poghosyan, A., J. Hernández-González, A. Gallou *et al.* 2015. First report of *Candidatus* Phytoplasma asteris in kumquat (*Citrus japonica*) with HLB like symptoms in La Paz, BCS, Mexico. *Plant Disease* 99(4):552.

Poghosyan, A., J. Hernández-González, M. Narvaez-Cab *et al.* 2016. Aplicación de virtual RFLP analisis para caracterización de fitoplasmas de amarillamiento letal. *Revista del Centro de Graduados e Investigación. Instituto Tecnológico de Merida* 31(63):182-183.

Poghosyan, A., V. Lebsky, R. Rojas-Martinez *et al.* 2019a. Fitoplasmas y su estudio en México. En: *Biodiversidad microbiana de México: Importancia, aplicación y conservación*. P. Rodriguez-Guzman, A. Alarcon y J. Alvarez- Sanchez (eds). UNAM, México, pp. 30-70.

Poghosyan, A., J. Hernández-González, V. Lebsky *et al.* 2019b. First report of 16Sr IV Palm lethal yellowing group phytoplasma (*Ca*. Phytoplasma palmae) in palmilla de taco (*Brahea brandegeei*) and palma colorada (*Washingtonia robusta*) in the State of Baja California Sur, Mexico. *Plant Disease* 103(8):2122.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Sears, B.B. y B.C. Kirkpatrick. 1994. Unveiling the evolutionary relationship of plant Pathogenic mycoplasma like organisms. *American Society of Microbiology* 60:307-331.

Suaste Dzul, A., R. Rojas Martínez, E. Zavaleta Mejía y D. Pérez Brito. 2012. Detección molecular de fitoplasmas en nopal tunero (*Opuntia ficus-indi*) con síntomas de engrosamiento del cladodio. *Revista Mexicana de Fitopatología* 30(1):72-80.

Tapia-Tussell, R., A. Quijano-Ramayo, R. Rojas-Herrera *et al.* 2005. A fast, simple, and reliable high-yielding method for DNA extraction from different plant species. *Molecular Biotechnology* 31:137-140.

Wei, W., I.-M. Lee, R. Davis *et al. J.* 2008. Automated RFLP pattern comparison and similarity coefficient calculation for rapid delineation of new and distinct phytoplasma 16Sr subgroup lineages. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 58(10):2368-2377.

Zhao, Y. y R. Davis. 2016. Criteria for phytoplasma 16Sr group/subgroup delineation and the need of a platform for proper registration of new groups and subgroups. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 66(5):2121-2123.

Zhao, Y., W. Wei, I.M. Lee *et al.* 2009. Construction of an interactive online phytoplasma classification tool, iPhyClassifier, and its application in analysis of the peach X-disease phytoplasma group (16SrIII). *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 59:2582-2593.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Avances en el conocimiento de los hongos macromicetos

José Luis León de la Luz, Evangelina Pérez Silva y Raymundo Domínguez Cadena

Introducción

Los hongos tienen un papel importante como micorrizas (*mycos*: hongo, *rhizos*: raíces) en plantas superiores, una interacción mutualista en la que los hongos obtienen hidratos de carbono de las plantas, mientras trasladan minerales y agua hacia ellas. Se estima que 80% de las especies de plantas terrestres presentan micorrizas. Otra función importante de los hongos es la descomposición de madera muerta y hojarasca, e incluso como parásitos, con una importante capacidad de control sobre las poblaciones de plantas.

Baja California Sur es la entidad más árida de México. Se caracteriza por la presencia de comunidades de plantas adaptadas a las condiciones de poca humedad que cubren las extensas planicies aluviales y tierras bajas, pertenecientes a la provincia florística del Desierto Sonorense. En el extremo sur de la entidad, la orografía está dominada por las sierras de Los Cabos o de La Laguna (con altitudes de hasta 2 100 msnm), una estrecha región montañosa donde las estribaciones albergan comunidades de bosques tropicales secos, mientras que las cimas de las montañas presentan encinares y bosques mixtos de pino-encino (*Pinus-Quercus*).

El conocimiento de las plantas vasculares para este estado es extenso (Shreve y Wiggins 1964, Wiggins 1980, Rebman *et al*. 2016) y se han realizado estudios sobre las plantas con flores en varias regiones específicas (León de la Luz y Domínguez 1989, León de la Luz *et al*. 2000, 2008). Sin embargo, los trabajos de otros grupos de plantas son escasos o parciales, y entre ellos destaca el trabajo de Bowers y colaboradores (1976), quienes reportaron una colección de musgos en Sierra La Laguna.

Los hongos macromicetos parecen ser uno de los grupos biológicos menos documentados en la entidad. Ayala y Guzmán (1984) reportaron la existencia de 118 especies en Baja California (5 Ascomycetes y 113 Basidiomycetes) a partir de un estudio hecho en la masiva cordillera de San Pedro Mártir (hasta 3 000 msnm). Dicha serranía también alberga comunidades arboladas dominadas por coníferas y encinos, pero está separada de la Sierra La Laguna por 1 200 km. Adicionalmente, Guzmán (1963), Guzmán y Herrera (1969), y Moreno y colaboradores (1995) también compilaron una lista de macromicetos de zonas áridas en México, a partir del cual se indujeron las que pudieran existir también en Baja California Sur.

Micoflora peninsular

Con la finalidad de ampliar el conocimiento de este grupo en el estado, Pérez-Silva y León de la Luz (1997)

León de la Luz, J.L., E. Pérez-Silva y R. Domínguez-Cadena. 2025. Avances en el conocimiento de los hongos macromicetos. En: *La biodiversidad en Baja California Sur. Estudio de Estado*. Vol. II. CONABIO/FFB, México, pp. 67-73.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

llevaron a cabo cuatro recolectas en diferentes sitios (figura 1):

- Ubicación 1. Es la más biodiversa, con bosque aislado de pinos y encinos (con una extensión de alrededor de 150 km^2), relacionados florísticamente con los de la Sierra Madre Occidental en México continental. Las especies de plantas dominantes fueron pino piñonero (*Pinus lagunae*), encinos (*Quercus tuberculata*, *Q. devia*) y madroño (*Arbutus peninsularis*). Aunque esta región parece tener dos temporadas lluviosas (verano e invierno), solo durante la primera de ellas se desarrollan los cuerpos fructíferos o estructuras reproductoras de los hongos.
- Ubicación 2. Es una comunidad de transición entre el Desierto Sonorense y la región Los Cabos, con características tanto áridas como tropicales. Las especies vegetales dominantes en esta comunidad fueron cactáceas columnares tales como cardón (*Pachycereus pringlei*), garambullo (*Lophocereus schottii*), pitaya agria (*Stenocereus gummosus*) y pitaya dulce (*S. thurberi*); diversas leguminosas donde destaca el mezquite amargo (*Prosopis palmeri*), así como otras semi-suculentas como el palo Adán (*Fouquieria diguetii*), *Jatropha* spp. y los copales (*Bursera* spp.).
- Ubicación 3. Sitio hiperárido en medio de la península, cercano a la costa, donde domina vegetación de ambientes salitrosos de los géneros *Allenrolfea*, *Salicornia* y *Suaeda*, entre otros.
- Ubicación 4. Zona con selva baja caducifolia, en la parte sur del estado, con características tanto tropicales como xerofíticas, caracterizada por árboles de mauto (*Lysiloma candidum*) y palo zorrillo (*Senna atomaria*), además de cactos columnares como el cardón barbón (*Pachycereus pecten-aboriginum*).

La mayor parte de los ejemplares se recolectaron para su identificación y son parte de la colección micológica nacional ubicada en el Herbario MEXU (Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México). En las colectas, los hongos se fotografiaron al momento para tomar en cuenta sus características de forma y color, útiles para la identificación. Algunos ejemplares requirieron de revisión con microscopía convencional y electrónica, para lo cual se prepararon de acuerdo con los protocolos establecidos en la especialidad.

En este sentido, se identificó un total de 64 especies de macromicetos, 7 de las tierras bajas (matorral sarcocaule y selva baja caducifolia) y 57 de las montañas con bosque de pino-encino y encinar. Todos ellos, excepto el agrito (*Laccaria laccata*) y el carbonero (*Gyrophragmium dunalii*), representaron el primer registro para la micoflora peninsular, debido a que estas dos especies estaban previamente reportadas solo para la micoflora de Baja California (cuadro 1, apéndice 6; Ayala *et al.* 1985).

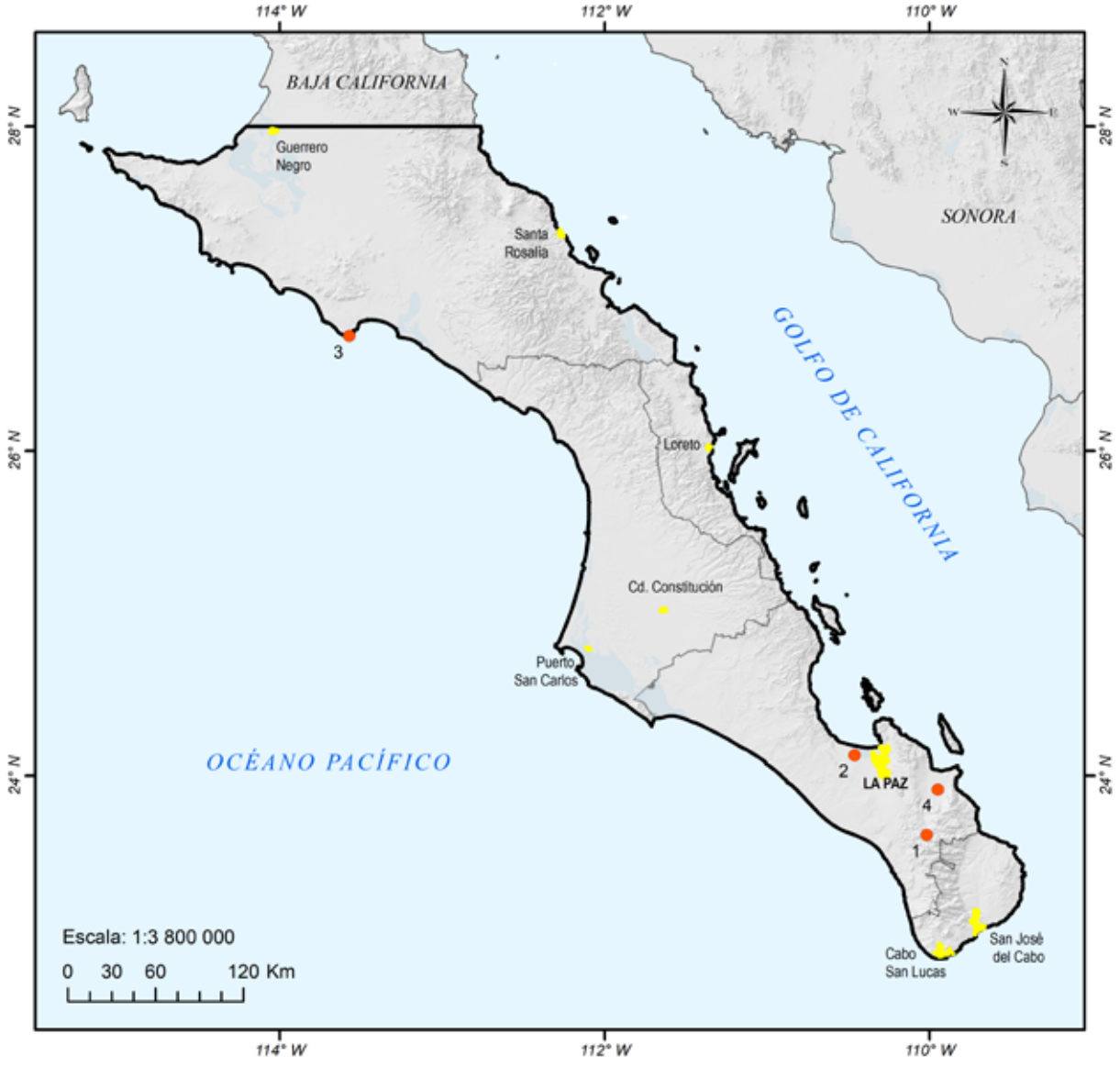
La mayor parte de la diversidad de especies se concentra en los géneros *Amanita* (8), *Inocybe* (5), *Helvella* (3), *Russula* (3), *Cortinarius* (3) y *Phellinus* (3), todos ellos con distribución en el bosque de pino y encino. Dicho bosque en la Sierra La Laguna representa un tipo de vegetación separada por cientos de kilómetros de otras similares. Este estudio significó una contribución relevante, pues fue el primer tratamiento realizado en esta aislada región de México para este grupo biológico.

Biogeográficamente, la micobiota de los bosques mexicanos se compone de especies de afinidad tropical y templada. De las especies de hongos del bosque en el estado, 19 se reportan en otros lugares como comestibles, pero en la cultura nativa sudcaliforniana se desconoce este hecho. Asimismo, 25 serían micorrícicas, 39 degradadoras de materia orgánica (incluida madera muerta) y posiblemente también parásitas, así como 46 especies tóxicas o no recomendadas para el consumo humano (figuras 2 a 5).

Conclusiones

Los macromicetos están pobremente representados en áreas desérticas. Los ejemplares aquí reportados son también componentes de la micobiota de este tipo de comunidades en el territorio continental mexicano. Otras especies, previamente reportadas para este ambiente en la porción norte de la Península de Baja California y que pudieran estar también en el sur son *Mycenastrum corium* y *Battarrea stevenii* (Ayala *et al.* 1985, Ochoa *et al.* 1990). Harkness (en Brandegee 1889) cita a *Podaxon carcinomale*, *Tulostoma obesum* y *T. mammosum* para la costa pacífica de Baja California Sur, pero no hay evidencias de su existencia hoy en día.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



SIMBOLOGÍA

- Baja California Sur
- Límites estatales
- Límites municipales
- Localidades principales

- Sitios de colecta

1. Reserva de la Biosfera Sierra La Laguna
   (1 800 msnm / Fechas de colecta: 27-28/09/92 y 17/09/93)
2. Reserva Ecológica El Comitán
   (20 msnm / Fechas de colecta: 11/11/91, 16/02/92, 16/03/92 y 14/04/92)
3. Punta Abreojos
   (0 msnm / Fecha de colecta: 28/05/92)
4. Poblado San Bartolo
   (180 msnm / Fecha de colecta: 25/07/94)

Figura 1. Localización geográfica de las colectas de hongos macromicetos en Baja California Sur. Fuente: elaboración propia.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Cuadro 1. Diversidad de hongos macromicetos en Baja California Sur.

Familia	Géneros	Especies
Basidiomycetes		
Amanitaceae	1	8
Agaricaceae	4	6
Hymenochaetaceae	2	5
Inocybaceae	1	5
Boletaceae	3	4
Cortinariaceae	2	4
Russulaceae	2	4
Polyporaceae	3	3
Ganodermataceae	2	2
Hydnangiaceae	1	2
Incertae sedis	1	2
Marasmiaceae	2	2
Strophariaceae	2	2
Clavulinaceae	1	1
Entolomataceae	1	1
Fomitopsidaceae	1	1
Hygrophoraceae	1	1
Hygrophoropsidaceae	1	1
Physalacriaceae	1	1
Pluteaceae	1	1
Psathyrellaceae	1	1
Sparassidaceae	1	1
Stereaceae	1	1
Ascomycetes		
Helvellaceae	1	3
Hypocreaceae	1	1
Pezizaceae	1	1
Total	**39**	**64**

Fuente: elaboración propia.



Figura 2. Ejemplar de *Battarrea phalloides*, localizado en matorral xerófilo. Foto: José Luis León L.

En el territorio sudcaliforniano se han identificado 64 *taxa* de hongos macromicetos. En este trabajo se espera haber recolectado al menos 50% de las especies de hongos macromicetos nativos de la entidad. Los próximos estudios deberán planificarse para recolectar más intensamente en la zona montañosa, durante la temporada de lluvias intensas, y cubrir más terreno, principalmente en barrancos y arroyos sombreados; con la finalidad de tener mejor cobertura, así como explorar la selva baja caducifolia y las comunidades de matorrales. La descripción y el estudio de los macromicetos comestibles debe ser una tarea prioritaria, debido a que representan un recurso natural que pudiera ser considerado en el futuro en la disciplina biotecnológica y silvicultura aplicada. Por su parte, los estudios ecológicos futuros deberían considerar las interacciones entre los hongos y las plantas superiores.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Figura 3. Hongo micorrízico *Russula ochroleuca*. Foto: José Luis León L.



Figura 4. Hongo degradador de madera *Phellinus rimosus*. Foto: José Luis León L.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Figura 5. Hongo degradador de madera tóxico *Xylaria grammica*. Foto: José Luis León L.

Agradecimientos

El presente manuscrito es una adaptación y traducción del inglés del artículo: Pérez-Silva, E. y J.L. León de la Luz. 1997. Macromycetes of Baja California Sur, México. *Mycotaxon* 63:395-417. Se actualizó la nomenclatura y la sistemática de los taxones consultando diversas fuentes, principalmente el portal de Fungipedia (https://www.fungipedia.org/) y Wikipedia (https://es.wikipedia.org/wiki/Wikipedia).

Referencias

Ayala, N. y G. Guzmán. 1984. Los hongos de la Península de Baja California I. Las especies conocidas. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Micología* 19:73-91.

Ayala, N., C. Ochoa y G. Guzmán. 1985. Los hongos de la Península de Baja California II. Las especies conocidas de *Tulostoma*. *Revista Mexicana de Micología* 1:462-469.

Bowers, F.D., C. Delgadillo y A.J. Sharp. 1976. The mosses of Baja California. *Journal of the Hattori Botanical Laboratory* 40:397-410.

Brandegee, T.S. 1889. Plants from Baja California. *Proceedings of the California Academy of Sciences Series* 2:232.

Guzmán, G. 1963. Macromicetos de las zonas áridas de México I. Análisis taxonómico, ecológico y fitogeográfico de la investigación bibliográfica. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas* 12:43-60.

Guzmán, G. y T. Herrera. 1969. Macromicetos de las zonas áridas de México II. Gasteromicetos. *Anales del Instituto de Biología-UNAM* serie botánica 440:1-92.

León de la Luz, J.L. y R. Domínguez. 1989. Flora of the Sierra de La Laguna, Baja California Sur, México. *Madroño* 36(2):61-83.

León de la Luz, J.L., J.J. Pérez Navarro y A. Breceda. 2000. A transitional xerophitic tropical plant community of the

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Cape Region, Baja California. *Journal of Vegetation Science* 11:555-564.

León de la Luz, J.L., J. Rebman, R. Domínguez *et al*. 2008. The vascular flora of the Sierra de La Giganta in Baja California Sur, Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 79:29-65.

Moreno, G., A. Altés, C. Ochoa *et al*. 1995. Contribution to the study of Tulostomataceae in Baja California, Mexico. *Mycologia* 87:96-120.

Ochoa, C., N. Ayala, G. Guzmán *et al*. 1990. Contribución al conocimiento de los Gasteromicetes de la Península de Baja California, México. *Brenesia* 33:51-60.

Pérez-Silva, E. y J.L. León de la Luz. 1997. Macromycetes of Baja California Sur, México. *Mycotaxon* 63:395-417.

Rebman, J.P., J. Gibson y K. Rich. 2016. Annotated checklist of the vascular plants of Baja California, Mexico. *Proceedings of the San Diego Natural History Museum* 45:1-352.

Shreve, F. e I.L. Wiggins. 1964. *Vegetation and flora of the Sonoran Desert*. Stanford University Press, California.

Wiggins, I.L. 1980. *Flora of Baja California*. Stanford University Press, California.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Diatomeas bentónicas marinas y dulceacuícolas

Francisco Omar López Fuerte, David Alfaro Siqueiros Beltrones y Gabriela Cruz Piñón

Introducción

Las diatomeas son el grupo de microalgas más representativas del fitoplancton (que se encuentran en la columna de agua) y del fitobentos (asociadas a cualquier tipo de sustrato en los fondos acuáticos); este último grupo es el que más se ha estudiado a nivel mundial y del que mayor número de especies se han registrado. En términos ecológicos, las diatomeas son un componente importante del fitobentos, debido a que son productores primarios fotosintetizadores oxigénicos: producen materia orgánica a partir de agua, luz y dióxido de carbono, y liberan oxígeno como producto de desecho.

Son microalgas unicelulares cuya característica morfológica más sobresaliente es la presencia de una pared celular silícea denominada frústula (figura 1). Semejan cajitas de vidrio con multiplicidad de bellas formas y tamaños que alcanzan desde algunos micrómetros (µm) a más de 500 µm (equivalente a un

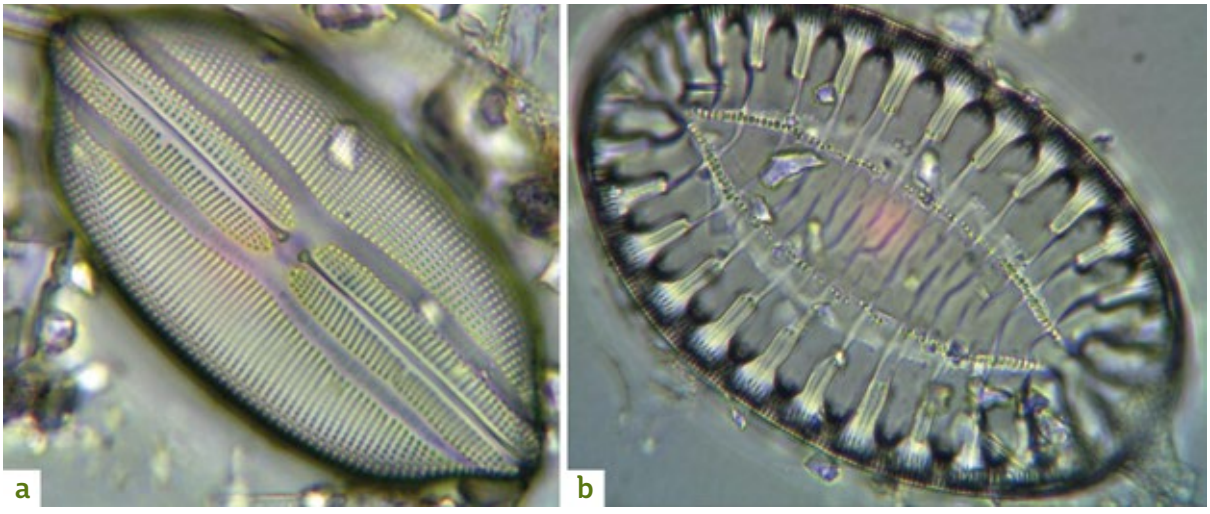


Figura 1. Diatomeas bentónicas marinas recolectadas en litorales sudcalifornianos, en las que se aprecia la pared silícea: a) *Lyrella lyra*; b) *Campylodiscus neofastuosus*. Fotos: David Alfaro Siqueiros Beltrones.

López-Fuerte, F.O., D.A. Siqueiros Beltrones y G. Cruz-Piñón. 2025. Diatomeas bentónicas marinas y dulceacuícolas. En: *La biodiversidad en Baja California Sur. Estudio de Estado*. Vol. II. CONABIO/FFB, México, pp. 75-81.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

grano de sal). Son ubicuas (cosmopolitas), requieren un mínimo de humedad que les permite ocupar diferentes medios: acuáticos, terrestres y subaéreas (apenas sobre la superficie del suelo). Se pueden encontrar desde las regiones polares hasta los trópicos, y su antigüedad estimada como grupo biológico es de 150 a 190 millones de años (correspondiente al Jurásico inferior; Round *et al.* 1990).

Generalmente se reconocen dos grandes linajes basados en su simetría: las diatomeas céntricas y las pennadas. Las primeras son simétricas en vista valvar (de frente) o en más de dos planos, y muchas tienen simetría radial (figura 2a); mientras que las pennadas generalmente presentan simetría bilateral (figura 2b). Dentro de este grupo, las formas poseen un rafe (hendidura que va de un polo a otro, interrumpido en el centro de la valva, figura 2b) que, de acuerdo con su presencia o ausencia, se clasifican en rafídeas y arrafidas.

Importancia

Las diatomeas bentónicas sobresalen como las formas de vida más abundantes y significativas en términos ecológicos dentro del microfitobentos, debido a que como productores primarios contribuyen significativamente a la oxigenación de los ecosistemas, aportando entre 20 y 25% de la productividad neta del planeta (Werner 1977). Asimismo, constituyen la fuente primordial de alimento de múltiples especies filtradoras y raspadoras que habitan en el bentos, muchas de importancia comercial (Round 1971). Al respecto, en Baja California Sur se estableció una base florística de referencia para la producción de alimento de moluscos de importancia acuacultural, como los abulones.

Adicionalmente, se les considera como uno de los principales bioindicadores para la evaluación de la calidad del agua y la presencia de contaminantes,

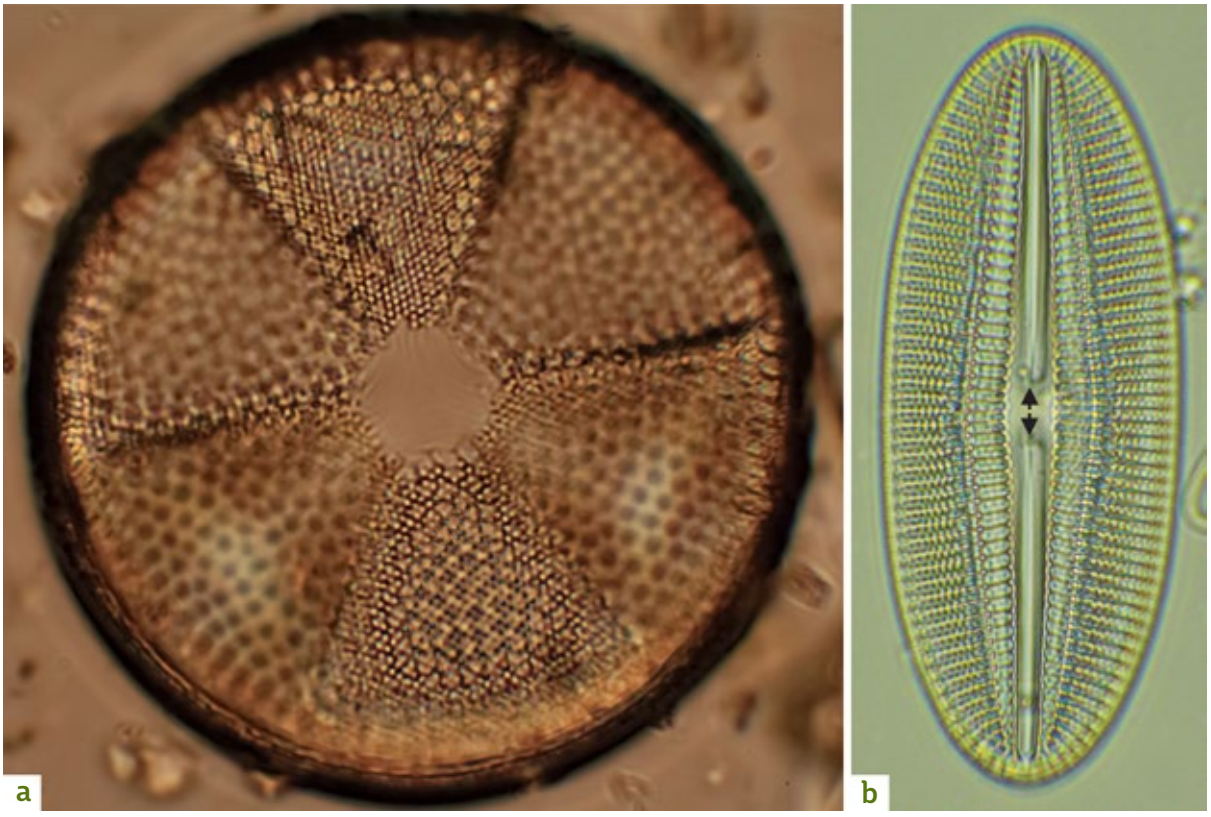


Figura 2. Ejemplos de los dos linajes del grupo de las diatomeas: a) céntrica, *Actinoptychus aster*; b) pennada, *Diploneis smithii* (las flechas señalan el rafe). Fotos: Francisco Omar López-Fuerte.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

principalmente en ambientes dulceacuícolas (Sullivan y Currin, 2000). Debido a su pequeño tamaño y a su elevada tasa de reproducción (algunas especies al reproducirse vegetativa o asexualmente pueden presentar hasta dos o tres divisiones al día) responden rápida y sensiblemente a cambios físicos, químicos y biológicos que se producen en su entorno. Además, su amplia distribución, su fácil recolección y preservación, las hace aptas para cualquier posible revisión taxonómica (determinación a nivel de especie con precisión) y a la disponibilidad extensa de información de las exigencias ecológicas de gran parte de las especies (Prygiel *et al*. 2002).

Estudios sobre diatomeas marinas

El litoral mexicano tiene 11 592.77 km de extensión, de los cuales 2 230 km corresponden a Baja California Sur. Sin embargo, en lo que respecta al estudio de diatomeas marinas bentónicas en el país, la mayoría de las costas no han sido exploradas (Pacífico sur-centro, golfo de México, Caribe mexicano y norte-centro del golfo de California), excepto por los estudios realizados en los litorales sudcalifornianos, para el Pacífico norte y la bahía de La Paz (López-Fuerte y Siqueiros Beltrones 2016). Ello se debe principalmente a la escasez de especialistas en el tema, cuyos primeros trabajos se remontan a la década de los ochenta en la Península de Baja California, y los noventa particularmente para la entidad.

En contraste, en México los estudios sobre diatomeas planctónicas iniciaron en 1907 y hasta 2003 se tenían registrados 864 *taxa* derivados de 204 trabajos; mientras que con solo 34 trabajos sobre diatomeas bentónicas hasta 2016 se alcanzó un total de 1 162 *taxa* registrados para las costas mexicanas, de las cuales aproximadamente 81% (941 *taxa*) tienen registros en costas sudcalifornianas (López-Fuerte y Siqueiros Beltrones 2016). Gran parte del mediano auge en el estudio florístico de las diatomeas bentónicas marinas en la entidad responde a su relación con la producción de abulón, el cual tiene una alta demanda en la industria pesquera y acuacultural, y depende en gran medida del consumo de diatomeas a lo largo de su ciclo de vida, especialmente durante sus estadios tempranos (poslarva y juvenil).

Diatomeas dulceacuícolas (oasis)

En la parte sur de la Península de Baja California, la expresión oasis es de uso popular para definir a los cuerpos superficiales de agua dulce y su vegetación. En toda la península se contabilizan aproximadamente 184 oasis, de los cuales, alrededor de 171 se encuentran en Baja California Sur, mismos que representan menos de 1% de la superficie estatal. No obstante, estos ambientes concentran una proporción considerable de la diversidad biológica y de los endemismos del territorio sudcaliforniano (Rodríguez-Estrella 2004).

Diversidad

Con tres décadas de investigaciones sobre diatomeas bentónicas marinas, hasta 2018 en la entidad se registran 1 305 especies; de éstas, solamente *Halamphora primus* constituye una aportación del estado al registro taxonómico global (López-Fuerte y Siqueiros Beltrones 2018). En general, los *taxa* identificados hasta ahora pertenecen a 32 órdenes, 60 familias y 159 géneros. Los géneros mejor representados son: *Navicula* (87 especies), *Nitzschia* (83), *Amphora* (66), *Cocconeis* (52) y *Mastogloia* (50), que en conjunto representan 26% del total de las especies. Solo 27 *taxa* están presentes en más de 10 estudios y/o sitios de un total de 18 localidades (cuadro 1, figura 3).

La disparidad en los tipos de ambiente y la discrecionalidad de los estudios no permiten establecer patrones en la distribución de las especies, dada la naturaleza de los sustratos y las distintas temporadas que dichos trabajos comprenden. No obstante, la creciente investigación sobre este importante grupo taxonómico en la ecología del planeta pronto permitirá modelar dicha distribución, tanto ecológica como biogeográfica.

Mientras tanto, para el estado continua la caracterización de ambientes de relevancia ecológica y de conservación como bahía Magdalena (López-Fuerte y Siqueiros Beltrones 2006, Siqueiros Beltrones y Argumedo-Hernández 2014, Siqueiros Beltrones *et al*. 2016) y laguna Guerrero Negro (Siqueiros Beltrones *et al*. 2017a, b, c), en donde la riqueza y la diversidad de especies de diatomeas bentónicas rebasa los valores máximos a nivel planetario, por lo que el número de especies se ve incrementado conforme se exploran nuevas localidades (Siqueiros Beltrones *et al*. 2017a,

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Cuadro 1. Especies de diatomeas marinas presentes en más de 10 sitios de los 18 estudiados.

Taxa	Número de sitios
Amphora proteus var. *contigua*	16
Halamphora coffeaeformis	16
Cocconeis dirupta	15
Cocconeis distans	14
Grammatophora marina	14
Trachyneis aspera	14
Cocconeis scutellum	13
Navicula directa	13
Navicula longa	13
Planothidium hauckianum	13
Tabularia fasciculata	13
Amphora bigibba	12
Caloneis linearis	12
Cocconeis dirupta var. *flexella*	12
Cocconeis neodiminuta	12
Cocconeis speciosa	12
Diploneis smithii	12
Navicula pennata	12
Nitzschia perminuta	12
Paralia sulcata	12
Achnanthes brevipes var. *intermedia*	11
Achnanthes manifera	11
Actinoptychus senarius	11
Amphicocconeis disculoides	11
Gomphonemopsis pseudexigua	11
Thalassionema nitzschioides	11
Trachyneis velata	11

Fuente: elaboración propia.

Martínez y Siqueiros Beltrones 2018). Las diatomeas del grupo Bacillariophyceae representan la mayor riqueza de especies (932 *taxa*, 71% de los registrados hasta el momento), seguido de las clases Coscinodiscophyceae (222) y Fragilariophyceae (151). Las diatomeas bentónicas registradas en la entidad representan 7.8% de las especies registradas a escala mundial y 81% a escala nacional.

Por su parte, a nivel mundial, entre 5 mil y 10 mil especies de diatomeas son de agua dulce. En México se tiene un registro de 1 288 *taxa* (Novelo y Tavera 2011), de los cuales la entidad cuenta con 235 (equivalente a 18% del total nacional). La clase Bacillariophyceae tiene la mayor riqueza (92% de las especies), y los géneros mejor representados son: *Nitzschia*, *Navicula*, *Gomphonema*, *Amphora*, *Cymbella*, *Diploneis*, *Pinnularia* y *Rhopalodia;* mientras que la clase Coscinodiscophyceae (8% de las especies), la representan los géneros *Terpsinoë*, *Thalassiosira*, *Cyclotella, Stephanodiscus, Pleurosira* y *Paralia*. La especie con mayor abundancia fue *Pleurosira laevis*, la cual presentó una presencia total considerable, aunque estuvo restringida a dos oasis (San Bartolo y Todos Santos) y solo se encontraron ejemplares en la época cálida.

El esfuerzo histórico sobre el conocimiento de las diatomeas dulceacuícolas a nivel nacional es pequeño. Particularmente, Siqueiros Beltrones (2002) y López-Fuerte (2010) elaboraron los primeros reportes de carácter florístico sobre diatomeas no marinas para la parte sur de la Península de Baja California. Estas primeras observaciones redituaron en 90 *taxa* típicamente dulceacuícolas, con lo que se pudo observar que las diatomeas en este tipo de ambientes son abundantes y diversas. El conocimiento de las diatomeas continentales a nivel estatal es incipiente. Sin embargo, los estudios realizados hasta la fecha indican que, tanto en términos cuantitativos como cualitativos, es posible identificar un gradiente latitudinal entre los oasis del norte y del sur, lo que permite reconocer afinidades biogeográficas acordes a dicha heterogeneidad. A la vez, esto propicia que la correlación de esta diferenciación con alguna de las variables físicas o químicas medidas no se haya detectado.

Distribución

En el caso de las diatomeas marinas, en el golfo de California se registran 617 especies y 688 para las costas de la Pacífico norte (cuadro 2). La cantidad de estudios sobre este grupo para el estado es mayor en el Pacífico que en el golfo. Los hábitats más estudiados son los asociados a bancos de abulón, manglares, mantos de macroalgas y sedimentos intermareales. La combinación de esfuerzos de los pocos especialistas en este grupo, se enfocan en la riqueza de especies de los distintos sustratos y abarcan los más ricamente colonizados. Entre estos sustratos destacan las rocas

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

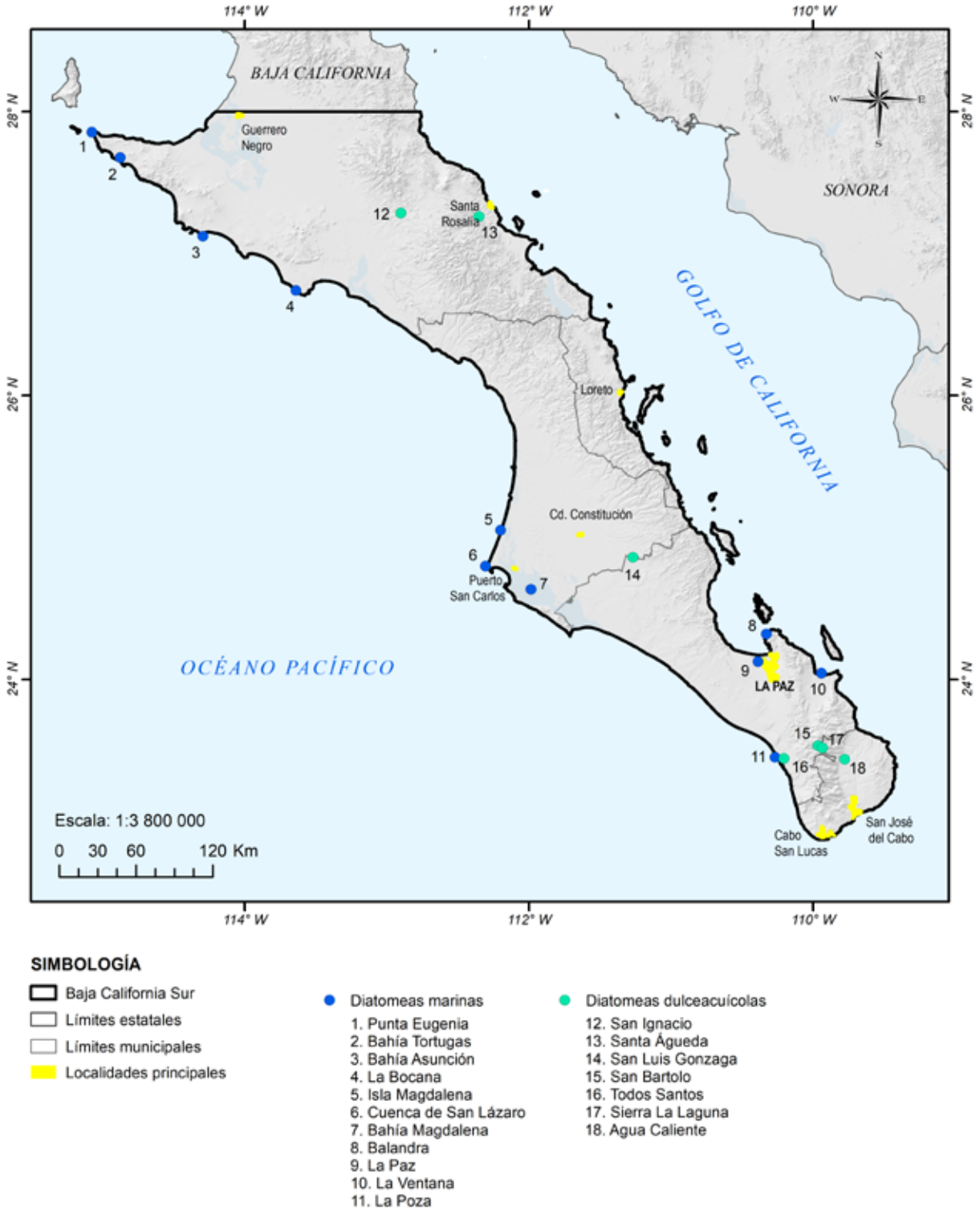


Figura 3. Localización de los sitios estudiados en el estado, tanto en el ambiente marino como dulceacuícola. Fuente: elaboración propia.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

en donde habitan las diatomeas y los abulones que se alimentan de éstas, así como las macroalgas. Esto coincide con el interés económico que deriva de la dieta de los abulones a base macroalgas que son altamente pobladas por diatomeas.

En el caso de las formas de agua dulce deben considerarse condiciones de otra índole. En el medio acuático, el desarrollo de las diatomeas se vincula con factores físicos y químicos como la temperatura, la intensidad luminosa, las características hidrológicas, el pH, la disponibilidad de nutrimentos y el contenido de sílice, entre otras, además de las variaciones estacionales y anuales propias del medio. Por ello, la influencia de dichos factores tendrá en mayor o menor medida una afectación sobre la flora diatomológica, lo que podrá ser medible y representado por diferentes índices desarrollados según el objetivo perseguido o la metodología elegida para expresar e interpretar los resultados obtenidos.

Cuadro 2. Características de diatomeas bentónicas marinas en la entidad.

Sitio	Forma de vida	Lugar de registro
Golfo de California (617)		
La Paz Balandra		Manglar
	Episámicas	Trampas sedimentos
	Epipélicas	Mantos de macroalgas
	Epifitas	Trombolitos
		Dieta de quitón
	Epilíticas	Mantos de macroalgas
La Ventana	Episámicas/ Epifitas	Sedimentos
La Poza	Episámicas	Sedimentos
Pacífico norte (688)		
Bahía Magdalena		Sedimentos y raíces de *Rizophora mangle*
Isla Magdalena		Dieta de quitón
Cuenca San Lázaro		Trampas sedimentos
Punta Eugenia		Mantos de macroalgas
Bahía Tortugas	Epilíticas	Dieta de abulón
Bahía Asunción	Epifitas	Dieta de *Fissurella volcano*
La Bocana		Dieta de *Tegula eisenii*

Nota: los números entre paréntesis indican el número total de especies en cada región. Fuente: elaboración propia.

Acciones de conservación

Los sitios para la conservación de diatomeas bentónicas se encuentran asociados a las áreas naturales protegidas (ANP), como la Reserva de la Biosfera Islas del Pacífico de la Península de Baja California y la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno. En esta última, los elevados valores de riqueza y diversidad de especies de diatomeas bentónicas (cerca de 300 *taxa*) representan una referencia optimista ante cualquier forma de impacto que pudiera sospecharse para esta reserva.

En el caso del golfo de California está el Área de Protección de Flora y Fauna Balandra, donde se pueden encontrar más de 200 *taxa*. Hasta el momento no se llevan a cabo actividades específicas para la conservación de estos organismos; no obstante, las medidas generales de conservación dentro de las ANP aportan en buena medida al mantenimiento de la riqueza y diversidad de diatomeas bentónicas en Baja California Sur.

Amenazas para su conservación

Aunque se ha determinado una gran riqueza y valores de diversidad de diatomeas en los oasis, se trata de sistemas biológicos fácilmente modificables sujetos a eventos catastróficos que se presentan con cierta regularidad, tales como grandes avenidas de los arroyos, sequías prolongadas, pastoreo intensivo, y tráfico intenso de personas y ganado. Asimismo, en algunos oasis existen problemas derivados de las actividades humanas, y para algunos de ellos se entrevé una potencial desaparición o modificación de la biodiversidad que albergan, incluidas las diatomeas. Para las formas que habitan en sedimento marino, se destaca la necesidad de establecer una referencia prístina ante la amenaza de contaminación por metales pesados, sobre todo en la zona de Santa Rosalía, con el fin de determinar el nivel de impacto real en el ambiente costero, a partir de la respuesta de las diatomeas bentónicas a la presencia de contaminantes.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Conclusiones

Los estudios sobre diatomeas puramente taxonómicos son ineludibles, debido a que son necesarios para contribuir a la estabilidad nomenclatural y a estudios de biodiversidad. En este sentido, es inevitable la creación de ficotecas que incluyan referencias, iconografías y bases de datos para avanzar sistemáticamente en el estudio de las diatomeas. Se considera que se debe prestar especial atención a la determinación precisa de los intervalos autoecológicos de las principales especies (ya sea en términos de abundancia y/o frecuencia), por ser el fundamento de los índices biológicos y ecológicos.

Aunque son pocos los estudios sobre diatomeas bentónicas marinas y dulceacuícolas del estado, los resultados demuestran la gran riqueza y diversidad de especies existentes. No obstante, se requiere de más estudios exploratorios en los litorales de la parte central y norte del estado, así como en los oasis. Dichos estudios deben ser de índole taxonómica, florístico-ecológica y biogeográfica, por lo que se requiere de la formación de especialistas en el tema. El desarrollo de proyectos de diatomeas bentónicas asociados a la acuacultura, al monitoreo ambiental y a las aplicaciones biotecnológicas (biocombustibles), coadyuvará al desarrollo tecnológico, económico y social en el estado y en el resto del país.

Referencias

López-Fuerte, F.O. 2010. *Diversidades alfa y beta de diatomeas epilíticas en oasis de Baja California Sur.* Tesis de doctorado. CICIMAR-IPN, La Paz.

López-Fuerte, F.O. y D.A. Siqueiros Beltrones. 2006. Distribución y estructura de asociaciones de diatomeas en sedimentos de un sistema de manglar. *Hidrobiológica* 16(1):23-33.

—. 2016. A checklist of marine benthic diatoms (Bacillariophyta) from México. *Phytotaxa* 283(3):201-258.

c 2018. *Halamphora primus* (Bacillariophyta): a new diatom species from the Gulf of California, Mexico. *Phytotaxa* 369:287-294.

Martínez, Y.J. y D.A. Siqueiros Beltrones. 2018. New floristic records of benthic diatoms (Bacillariophyceae) taxa for Mexican coasts from the Gulf of California. *Hidrobiológica* 28(1):141-145.

Novelo, E. y R. Tavera. 2011. Un panorama gráfico de las algas de agua dulce de México. *Hidrobiológica* 21(3):333-341.

Prygiel, J., P. Carpentier, S. Almeida *et al.* 2002. Determination of the biological diatom index (IBD NF T 90-354): results of an intercomparison exercise. *Journal of Applied Phycology* 14:27-39.

Rodríguez-Estrella, R. 2004. Los oasis de Baja California Sur: importancia y conservación. En: *Reunión de análisis de los oasis de Baja California Sur: importancia y conservación*. R. Rodríguez-Estrella, M. Cariño-Olvera y C.F. Aceves-García (comps.). CIBNOR/UABCS/SEMARNAT, México, pp. 1-8.

Round, F.E. 1971. Benthic marine diatoms. *Oceanography and Marine Biology Annual Review* 9:83-139.

Round, F.E., R.M. Crawford y D.G. Mann. 1990. *The Diatoms*. Cambridge University Press, Cambridge.

Siqueiros Beltrones, D.A. 2002. *Diatomeas bentónicas de la Península de Baja California; diversidad y potencial ecológico*. Oceánides/SEP/UABCS/CICIMAR-IPN, México.

Siqueiros Beltrones, D.A. y U. Argumedo-Hernández. 2014. Particular structure of an epiphytic diatom assemblage living on *Ploclamium cartilagineum* (Lamoroux) Dixon (Rhodophyceae: Gigartinales). *CICIMAR-Oceánides* 29(2):11-24.

Siqueiros Beltrones, D.A., U. Argumedo-Hernández y C. Landa-Cansigno. 2016. Uncommon species diversity values in epiphytic diatom assemblages of the kelp *Eisenia arborea* J.E. Areschoug. *Hidrobiológica* 26(1):61-76.

Siqueiros Beltrones, D.A., U. Argumedo-Hernández y O.U. Hernández-Almeida. 2017a. High species diversity (H') of benthic diatoms in a coastal lagoon located within a natural protected area. *Hidrobiológica* 27(3):293-300.

Siqueiros Beltrones, D.A., U. Argumedo-Hernández y F.O. López-Fuerte. 2017b. New records and combinations of *Lyrella* (Bacillariophyceae; Lyrellales) in a coastal lagoon of the NW Mexican Pacific. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 88:1-20.

—. 2017c. Diversity of benthic diatoms in Laguna Guerrero Negro (El Vizcaíno Biosphere Reserve), Baja California Peninsula, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 88:21-35.

Sullivan, M.J. y C.A. Currin. 2000. Community structure and functional dynamics of benthic microalgae in salt marshes. En: *Concepts and controversies in tidal marsh ecology*. M.P. Weinstein y D.A. Kreeger (eds.). Kluwer Academic Publishers, Países Bajos, pp. 81-106.

Werner, D. 1977. The biology of diatoms. En: *Botanical monographs*. D. Werner (ed.). University of California Press, California, pp. 250-283.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Macroalgas marinas

Alejandra Mazariegos Villarreal, Karla León Cisneros, Elisa Serviere Zaragoza,
Margarita Casas Valdez, Alejandra Piñón Gimate y Juan Manuel López Vivas

Introducción

Las algas son organismos parecidos a las plantas, aunque carecen de raíces, tallos y hojas, por lo que se denominan talofitas; presentan clorofila *a* como su pigmento fotosintético principal y no tienen una cubierta estéril de células alrededor de sus estructuras reproductoras. Las macroalgas marinas son aquellas que en algún momento de su ciclo de vida son pluricelulares, y cuyo ciclo biológico se desarrolla en el medio marino. Generalmente, permanecen adheridas a un sustrato duro y crean comunidades litorales más o menos homogéneas (Lee 2008).

De acuerdo con la coloración que presentan por la combinación de sus pigmentos fotosintéticos, se distinguen tres grupos de algas: rojas (Rhodophyta), pardas (Heterokontophyta, Phaeophyceae) y verdes (Chlorophyta). Presentan una gran variedad de tamaños, desde unos pocos milímetros hasta más de 30 m de altura; así como diferentes formas, desde las más sencillas como las filamentosas o foliosas (figura 1a), con o sin ramificaciones (figuras 1b y 1c), hasta las formas más complejas con estructuras especializadas para la flotación, sujeción al fondo y reproducción (figura 1d). Este capítulo aborda aspectos sobre diversidad, distribución, importancia ecológica, económica, cultural y estado de conservación de macroalgas marinas de Baja California Sur.

Diversidad y distribución

En México, se contabiliza un total de 1 599 especies de macroalgas marinas para las costas pacífica y atlántica (Pedroche y Sentíes 2020), de los cuales 1 138 son nombres aceptados[1] para el océano Pacífico (Pedroche y Sentíes 2020) y 697 para el Atlántico y Caribe mexicano (Pedroche y Sentíes 2020). Para la entidad, en la presente contribución se reportan 702 especies, recopiladas de publicaciones entre 1911 y 2018, de los cuales 71% son algas rojas, 16% pardas y 13% verdes, distribuidas en 266 géneros, 89 familias y 37 órdenes (apéndices 7 y 8, figura 2). Esto corresponde a 41% de las especies presentes en México y 59% de las reportadas para el Pacífico mexicano, lo que ubica a la

1 Es el que se considera como su nombre científico correcto y que ha sido publicado según las reglas del Código Internacional de Nomenclatura para algas, hongos y plantas (Turland *et al.* 2018).

Mazariegos-Villarreal, A., K. León-Cisneros, E. Serviere-Zaragoza, M. Casas-Valdez, A. Piñón-Gimate y J.M. López-Vivas. 2025. Macroalgas marinas. En: *La biodiversidad en Baja California Sur. Estudio de Estado*. Vol. II. CONABIO/FFB, México, pp. 83-96.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Figura 1. a) Macroalga verde *Ulva intestinalis*, en bahía de La Paz; b) macroalga roja del género *Liagora* con talo ramificado (izquierda) y macroalga parda del género *Padina* con talo folioso sin ramificaciones (derecha), en bahía de La Paz; c) macroalga verde *Codium amplivesiculatum* con talo cilíndrico y ramificado, en bahía de La Paz; d) macroalga parda *Macrocystis pyrifera* cuyo talo presenta una estructura de fijación en la base (sujetador), del que surge un eje principal (estipe), estructuras de flotación (vesículas) y estructuras con forma de lámina parecidas a hojas (filoides), colectada en Rincón de Méndez. Fotos: Tonatiuh Chávez Sánchez (a), A. Amayrani Álvarez-Trasviña (b, c), Ernesto Díaz Rivera (d).

entidad como una de las más diversas en cuanto a macroalgas marinas. Dicha diversidad se asocia con los extensos litorales del estado (2 705 km) dentro de dos ecorregiones marinas, Pacífico Sudcaliforniano (costa oeste, ambientes templados) y Golfo de California (costa este, ambientes subtropicales), que se caracterizan por la mezcla de corrientes de distintas temperaturas y una elevada productividad primaria resultantes de la combinación de su topografía, latitud meridional y sistemas de surgencia (Wilkinson *et al.* 2009).

Específicamente para la costa oeste se contabilizaron 503 especies, distribuidas en 218 géneros, 80 familias y 36 órdenes, que corresponden a 68% de los *taxa* presentes en la costa del Pacífico de la Península de Baja California (Pedroche y Sentíes 2003); mientras que para la costa este se registraron 485 especies, distribuidas en 193 géneros, 70 familias y

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

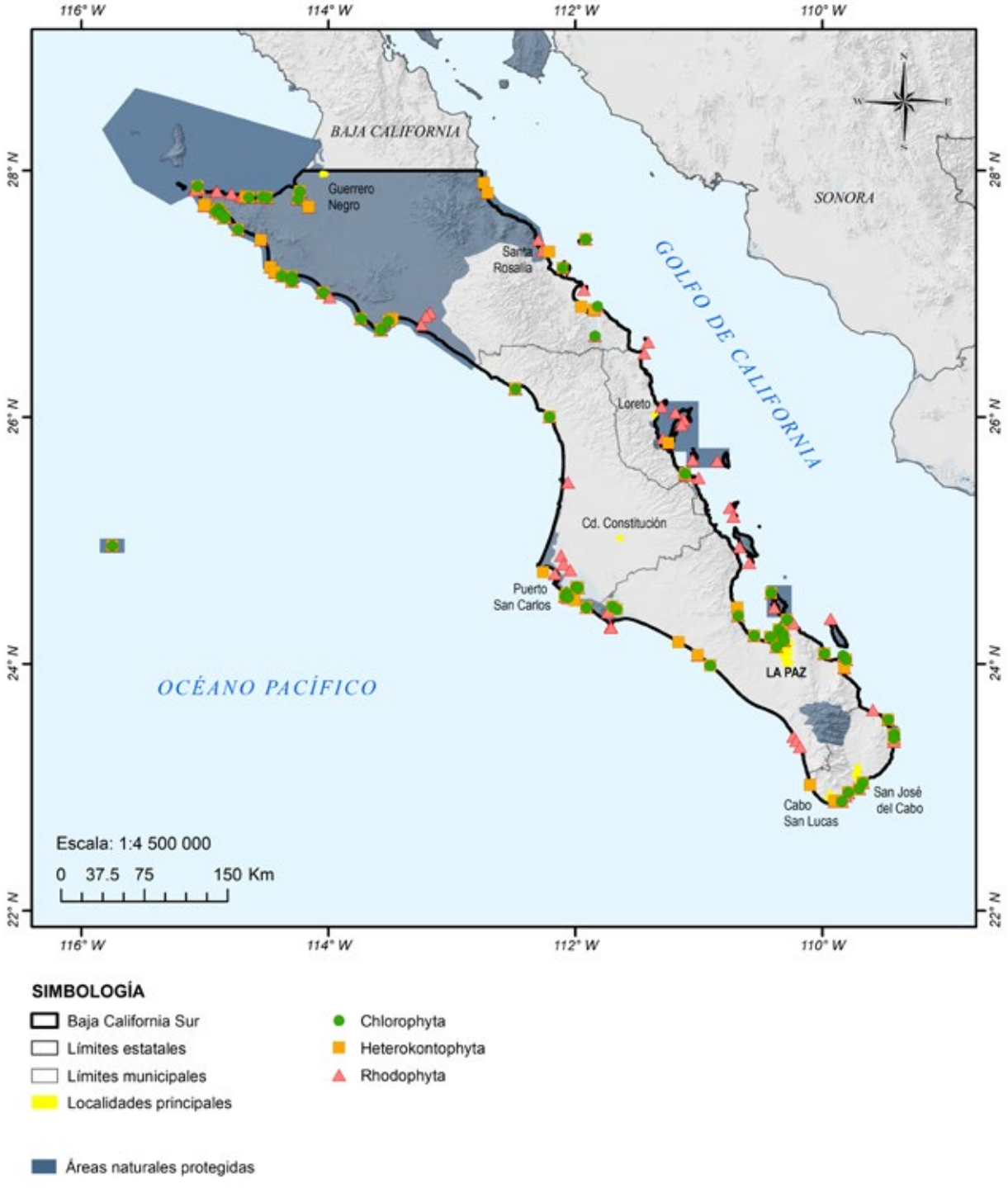


Figura 2. Distribución de macroalgas rojas (Rhodophyta), pardas (Heterokontophyta) y verdes (Chlorophyta). Fuente: elaborado por Karla V. Pedraza-Venegas con datos de los autores.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

32 órdenes, lo que representa 66% de los *taxa* reportados para el golfo de California (figura 3; Norris *et al.* 2017).

Las algas rojas fueron las mejor representadas en ambas costas (72% de las especies en la costa oeste y 70% de las presentes en la costa este); las pardas tuvieron una mayor representación en la costa oeste (17%) que las verdes (11%); por el contrario, en la costa este fueron más abundantes las verdes (16%) que las pardas (14%; figura 4). La proporción de especies de los tres tipos de algas, refleja en parte la diversidad del grupo, con el mayor número de especies en algas rojas (Guiry y Guiry 2025); no obstante, también refleja una tendencia biogeográfica, donde las algas pardas tienden a ser más abundantes en zonas templadas, y las algas verdes aumentan en zonas tropicales (Kerswell 2006, Santelices *et al.* 2009). En este sentido, se identificaron especies de macroalgas marinas exclusivas a la costa oeste (217), así como exclusivas a la costa este (199), además de otras que se encuentran en ambas costas (286, figura 5).

A continuación, se describen las comunidades de macroalgas que se presentan en cada una de las costas sudcalifornianas (figura 6):

Costa oeste (océano Pacífico)

Es una región de transición templado-tropical, con temperaturas promedio que van desde 17.4°C en su parte más norteña, hasta los 20.8°C al sur, a excepción de la bahía Vizcaíno, donde la temperatura del agua llega a alcanzar los 26°C (Casas-Valdez *et al.* 2000). En la porción sur de esta bahía se ha descrito una flora particular que incluye especies de aguas cálidas como las algas rojas *Asparagopsis taxiformis*, *Hypnea johnstonii*, *Jania tenella* y *Melanothamnus johnstonii*; y las algas pardas *Dictyopteris undulata*, *Padina durvillei* y *Sargassum palmeri* (Casas-Valdez *et al.* 2000, Castañeda-Fernández de Lara *et al.* 2010).

En las lagunas Ojo de Liebre y San Ignacio (dentro de la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno) las macroalgas que presentan una amplia distribución espacial y temporal son las algas rojas *Dasya pedicellata*, *Hypnea valentiae*, *Gracilaria parvispora* y *Spyridia filamentosa*, las algas pardas *Padina durvillei* y *Sargassum sinicola*, y el alga verde *Ulva clathrata*; la mayor biomasa se presenta en verano y la menor en primavera (Núñez-López *et al.* 1998, Aguila-Ramírez *et al.* 2003).

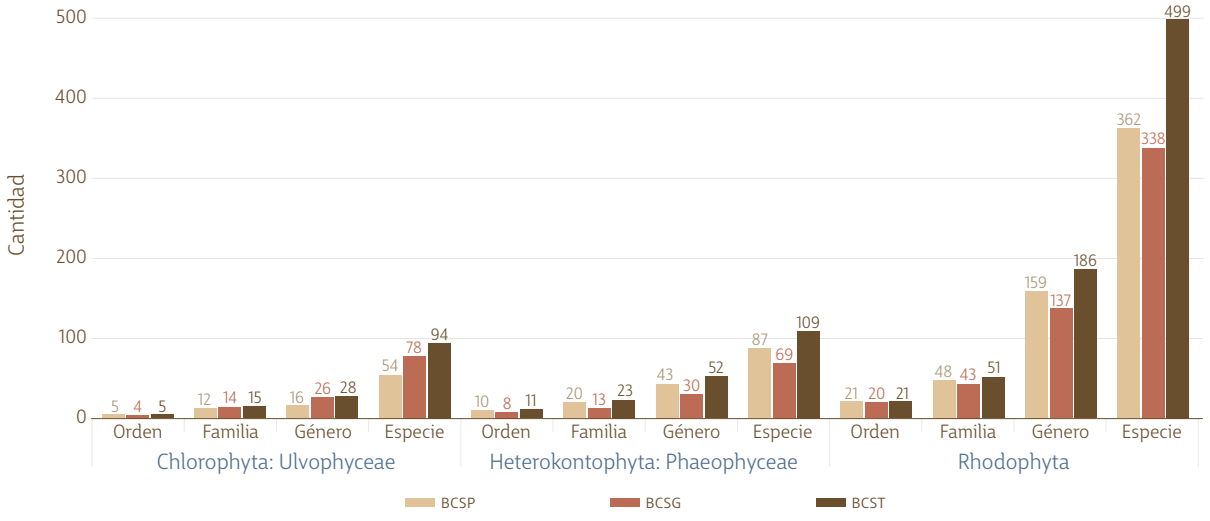


Figura 3. Diversidad de macroalgas marinas por grupo taxonómico en el estado (BCST) y por costa (BCSP: costa oeste; BCSG: costa este). Fuente: elaboración propia.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

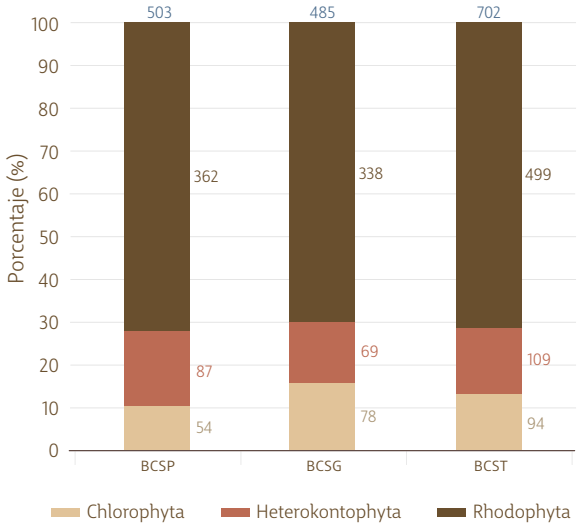


Figura 4. Proporción de especies de macroalgas marinas por grupo taxonómico para la entidad (BCST) y por costa (BCSP: costa oeste; BCSG: costa este). Fuente: elaboración propia.

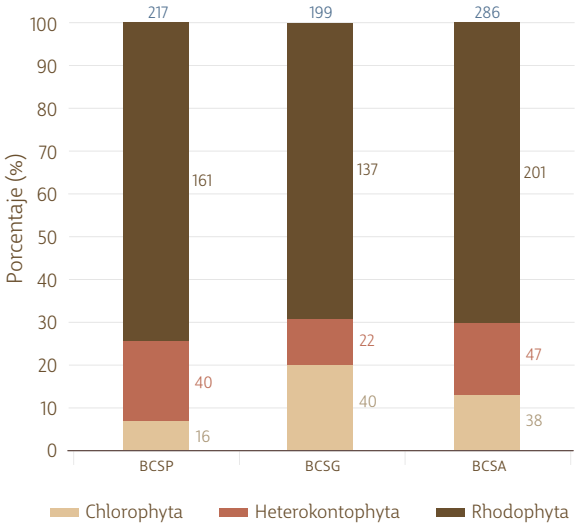


Figura 5. Proporción de especies de macroalgas marinas exclusivas a la costa oeste (BCSP) y este (BCSG) de Baja California Sur, o que se encuentran en ambos litorales (BCSA). Fuente: elaboración propia.

De Punta Eugenia a bahía Magdalena, la flora está dominada por grandes bosques de *Macrocystis pyrifera* (hasta los 27° N, figura 1d); seguida de las algas pardas *Eisenia arborea*, *Stephanocystis osmundacea* (figura 7) y *S. dioica*; además de algas rojas como *Gelidium robustum*, *Plocamium cartilagineum* y numerosas especies de algas rojas calcáreas (Guzmán del Proo *et al.* 1972, Serviere-Zaragoza *et al.* 2003). En bahía Magdalena-Almejas se registran al menos 279 especies de macroalgas, de las cuales los géneros *Eisenia* y *Sargassum* son los más estudiados desde el punto de vista químico y ecológico (Hernández-Carmona *et al.* 2007). En la porción sur de la costa del Pacífico sudcaliforniano, algunas de las algas más conspicuas son las algas rojas *Amphiroa valonioides*, *Corallina vancouveriensis*, *Prionitis filiformis* y *Pterocladiella capillacea*, las algas pardas *Sargassum howellii* y *Padina durvillei*, así como varias especies de algas verdes del género *Ulva* (Mateo-Cid y Mendoza-González 1994).

Costa este (golfo de California)

Se presenta un régimen de temperatura subtropical, con valores de temperatura superficial del mar de 16°C en invierno, a 31°C en verano (Casas-Valdez *et al.* 2000). El paisaje se encuentra dominado por extensos bosques de macroalgas y agregaciones de algas rojas calcáreas denominadas mantos de rodolitos. Los bosques están conformados por las especies *Sargassum horridum* (figura 8a), *S. lapazeanum* y *S. sinicola*, ésta última solo en la porción más sureña del estado (Núñez-López y Casas-Valdez 1996, Andrade-Sorcia *et al.* 2014, Casas-Valdez *et al.* 2016). Los mantos de rodolitos (figura 8b) presentan principalmente a *Lithophyllum margaritae*, *Neogoniolithon trichotomum* y *Lithothamnion muelleri* (Steller *et al.* 2003).

Al norte de la región se encuentra bahía Concepción con una flora más diversa en primavera; las macroalgas rojas dominan en términos de biodiversidad, y las familias Corallinaceae, Rhodomelaceae y Ceramiaceae son las que presentan el mayor número de especies; dominan en abundancia las macroalgas pardas de los géneros *Sargassum*, *Encephalophycus*, *Rosenvingea* y *Padina* (Mateo-Cid *et al.* 1993, Foster *et al.* 2007). En el Parque Nacional Bahía de Loreto hay al menos 157 especies de macroalgas marinas con una diversidad específica ligeramente mayor en verano (figura 8c; Mazariegos-Villarreal *et al.* 2012).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

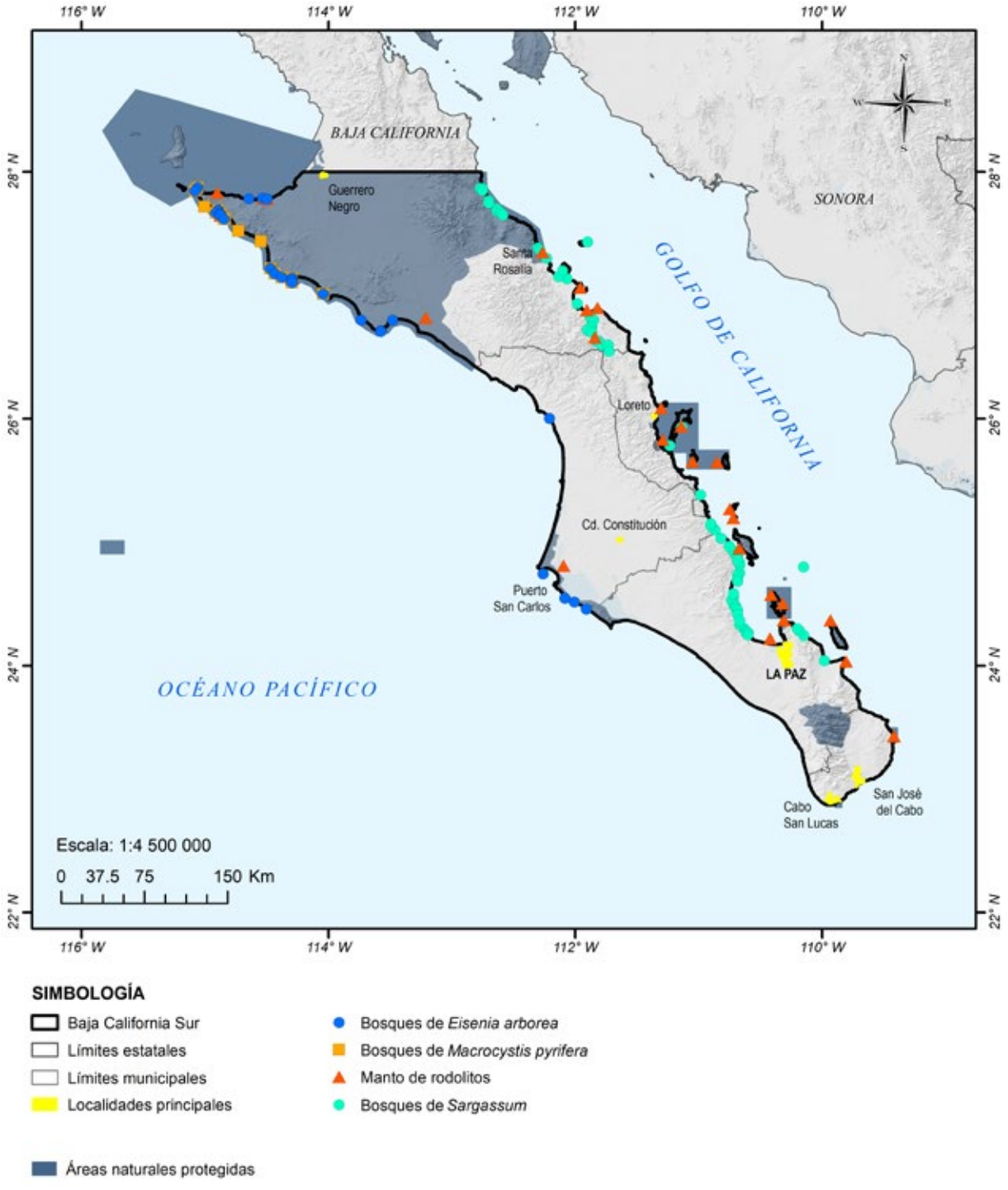


Figura 6. Distribución de las principales comunidades de macroalgas marinas en el estado: bosques dominados por *Macrocystis pyrifera* o *Eisenia arborea* en la costa oeste, bosques de *Sargassum* spp. en la costa este, y mantos de rodolitos en ambas costas. Fuente: elaborado por Karla V. Pedraza-Venegas con datos de los autores.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Figura 7. Macroalga parda *Stephanocystis osmundacea*, La Bocana. Foto: Juan José Ramírez Rosas.

El área con mayor número de trabajos publicados es la bahía de La Paz, que alberga el Parque Nacional Zona Marina del Archipiélago de Espíritu Santo y el sitio de humedales de importancia internacional (Ramsar) Mogote-Ensenada de La Paz, con al menos 280 especies de macroalgas registradas en diferentes hábitats como arrecifes rocosos y coralinos, bosques de sargazo, mantos de rodolitos, manglares y praderas de pastos marinos. Esta diversidad obedece a cambios estacionales de las condiciones oceanográficas; el mayor número de especies se reporta en primavera y el menor en otoño (Paul-Chávez y Riosmena-Rodríguez 2000, Cruz-Ayala *et al*. 2001).

En la porción más sureña, en la franja de Punta Arenas a Cabo San Lucas, existen extensas playas arenosas con acantilados y agregados rocosos, así como barreras coralinas en el Parque Nacional Cabo Pulmo. En su flora se encuentran, entre otras especies, algas rojas de los géneros *Amphiroa* (figura 8d) y *Gracilaria*, algas pardas como *Dictyota crenulata* y *Padina mexicana*, y algas verdes como *Neomeris annulata* y *Parvocaulis parvulus*; la mayor diversidad se encuentra en primavera (Mateo-Cid *et al*. 2000, Saad-Navarro y Riosmena-Rodríguez 2005).

Importancia

Ecológica

En el litoral costero las comunidades de macroalgas marinas de las zonas intermareales y submareales ocupan un área costera estrecha y representan menos de 1% de la superficie de la Tierra. Sin embargo, la productividad de esta región puede ser igual o superior a la de la mayoría de las comunidades terrestres. Por ejemplo, se ha estimado una productividad de

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

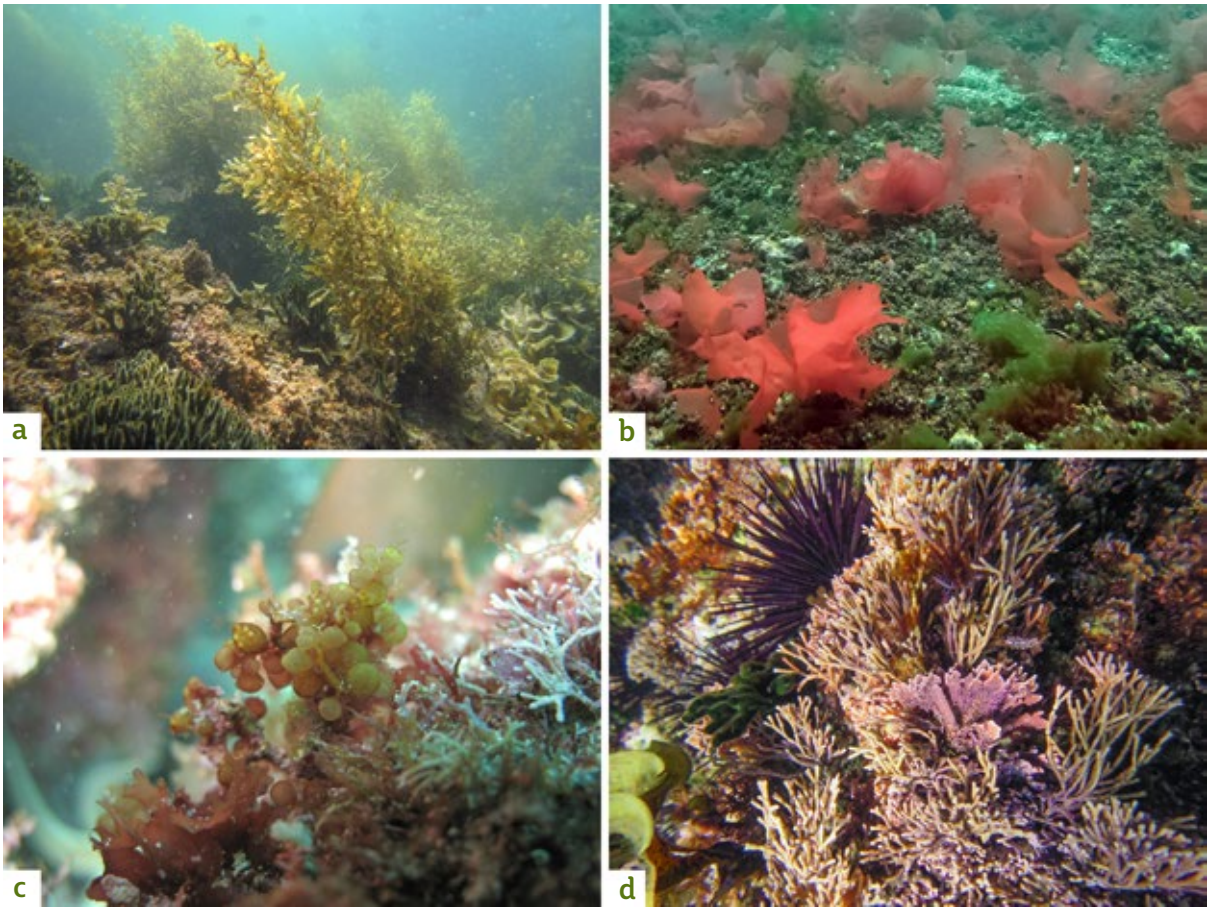


Figura 8. a) Bosque de sargazo en Santa Rosalía, en el centro se observa la macroalga parda *Sargassum horridum*, a la izquierda está la macroalga verde *Codium simulans* (de ramas cilíndricas), y a la derecha se encuentra la macroalga parda *Padina durvillei* (de forma foliosa); b) mantos de rodolitos, donde se observa un fondo cubierto de algas calcáreas de vida libre (rodolitos) y algas rojas foliosas de la especie *Predaea masonii*, en bahía de La Paz; c) macroalga roja *Botryocladia uvarioides*, en bahía de Loreto; d) tapete de macroalgas rojas calcáreas en Santa Rosalía, al centro *Corallina vancouveriensis* (color rosa oscuro, con ejes complanados hacia las puntas y ramificación pinada opuesta), rodeada de *Amphiroa vanbosseae* (color blancusco, con ramificaciones cilíndricas dicotómicas), mientras que al fondo, se observa al erizo *Echinometra vanbrunti* (con espinas negras). Fotos: Alejandra Mazariegos Villarreal (a, d), Rafael Riosmena-Rodríguez (b), Juan José Ramírez Rosas (c).

algas litofíticas intermareales y submareales de 0.5 a 1.0 kg C/m^2/año (kg de carbono por metro cuadrado al año) y 0.5 a 2.5 kg C/m^2/año, respectivamente, en comparación con la productividad anual de un bosque tropical (0.4 a 2.0 kg C/m^2/año; Dawes 1998).

La biomasa de estas macroalgas es ocupada directa o indirectamente por otros organismos, además de que proveen hábitat para la reproducción, reclutamiento y crianza de diversas especies, lo cual incrementa la densidad y biomasa de invertebrados y peces que pasan parte de su ciclo de vida asociados a estas comunidades vegetales. En el estado, los bosques de Laminariales como *Macrocystis pyrifera* (parte norte de la costa oeste) y Fucales como *Sargassum* spp. (en ambas costas), cubren grandes extensiones y constituyen el componente dominante del paisaje a lo largo del litoral costero, lo cual determina la estructura y función de estos ecosistemas marinos, en los que habitan especies de alto valor económico como abulón, cabrillas, caracol, dorado, langosta, pargos, pepinos de mar y pulpo, entre otros (Casas-Valdez 2000, Suárez-Castillo *et al.* 2013, 2014).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Económica

Los recursos susceptibles de ser explotados en el estado son las algas pardas *Macrocystis pyrifera* (sargazo gigante), *Eisenia arborea*, *Sargassum* spp., las algas rojas *Gelidium robustum* (sargazo rojo) y *Gracilaria/Gracilariopsis* spp. (fideo de mar), y el alga verde *Ulva* spp., debido a que presentan biomasa suficiente para su aprovechamiento en la industria de alginatos (algas pardas), de agar y carragenanos (algas rojas) y alimenticia (algas verdes). Dichas especies se encuentran en un nivel de subexplotación o no son objeto de cosecha.

Actualmente, la cosecha de macroalgas es de carácter regional y se realiza en algunas zonas de la Península de Baja California; la más extendida en la costa estatal, se ubica en la zona entre bahía Asunción y Punta Eugenia, donde se lleva a cabo la cosecha del sargazo rojo (*G. robustum*), del cual se extrae un promedio de 500 t de algas secas anuales. Esta alga se cosecha mediante buceo con equipo Hookah por pescadores de sociedades cooperativas pesqueras, cuyo destino es la producción de agar (Casas-Valdez *et al.* 2005).

Adicionalmente, el valor de los servicios ecosistémicos que ofrecen las macroalgas (como la regulación del clima y la calidad del aire, el mantenimiento de la calidad del agua y el hábitat, el mantenimiento de la densidad y la biomasa de invertebrados y peces, entre otros) se estima en 3 801 billones de dólares al año a nivel mundial (Costanza *et al.* 1997). En particular, para Baja California Sur, el valor promedio de la biodiversidad asociada a los bosques de *Sargassum* en la costa este se calcula en más de un millón y medio de pesos mexicanos por hectárea por año, únicamente al considerar su papel como hábitat o criadero de especies de valor ornamental (Suárez-Castillo *et al.* 2014). Sin embargo, para los bosques de *Macrocystis pyrifera*, *Eisenia arborea* y mantos de rodolitos presentes en la costa oeste de la entidad, no existen estimaciones del valor de sus servicios ecosistémicos.

Cultural

En México, algunas culturas prehispánicas utilizaban a las macroalgas como alimento, medicina o elementos ornamentales. Para el Pacífico mexicano se conoce que los pueblos Seri y Mayo, de Sonora y Sinaloa en el golfo de California, empleaban las algas del género *Lithophyllum* como remedio vermífugo y purgante, y las de los géneros *Gelidium*, *Colpomenia*, *Sargassum* y *Tacanoosca*, entre otros, para la construcción de techos, como soporte en los botes para pescar y en la fabricación de joyería y juguetes (Ortega *et al.* 1997). En la entidad, no existen registros documentados del uso de macroalgas marinas por etnias locales.

Estado de conservación de las comunidades

Se considera que las comunidades ficológicas (algales) de los litorales sudcalifornianos se encuentran en buen estado de conservación; sin embargo, no existen estudios que evalúen su estado actual. De los pocos trabajos realizados en esta línea, es posible identificar que la cobertura y biomasa del alga parda *Sargassum* spp. ha disminuido en bahía de La Paz y en otras regiones del golfo de California de 1998 a 2006; no obstante, se desconoce la causa (Casas-Valdez *et al.* 2016).

Además, se ha observado la presencia de especies que no pertenecen a la flora local (no nativas) y que llegan a sitios nuevos por medio de la actividad humana (figura 9; Thomsen *et al.* 2016). Al respecto, los casos en la costa oeste son *Gracilaria vermiculophylla* (alga roja), *Sargassum muticum* y *Cladostephus spongiosus* (pardas); mientras que en la costa este se ha reportado *Acanthophora spicifera* (roja, figura 10a) y *Caulerpa verticillata* (verde, figura 10b); y en ambos lugares *Caulacanthus ustulatus*, *Lomentaria hakodatensis* y *Gracilaria parvispora* (rojas, figura 10c).

La presencia de estas algas se asocia principalmente a la importación y cultivo de organismos provenientes de otras regiones del planeta, transporte no intencional en embarcaciones mediante el agua de lastre o como organismos incrustantes (Aguilar-Rosas *et al.* 2014). De ellas, *Cladostephus spongiosus* (en bahía Vizcaíno), *Sargassum muticum* (en la laguna de San Ignacio, de bahía Tortugas a Punta Abreojos, y bahía Magdalena y alrededores), *Gracilaria vermiculophylla* (en la laguna de San Ignacio y bahía Magdalena), *Acanthophora spicifera* y *Caulerpa verticillata* (en bahía de La Paz) pudieran llegar a afectar la disponibilidad de recursos a otras especies al crear, modificar y mantener hábitats distintos a los locales, y llegar a ser especies invasoras (Thomsen *et al.* 2016).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

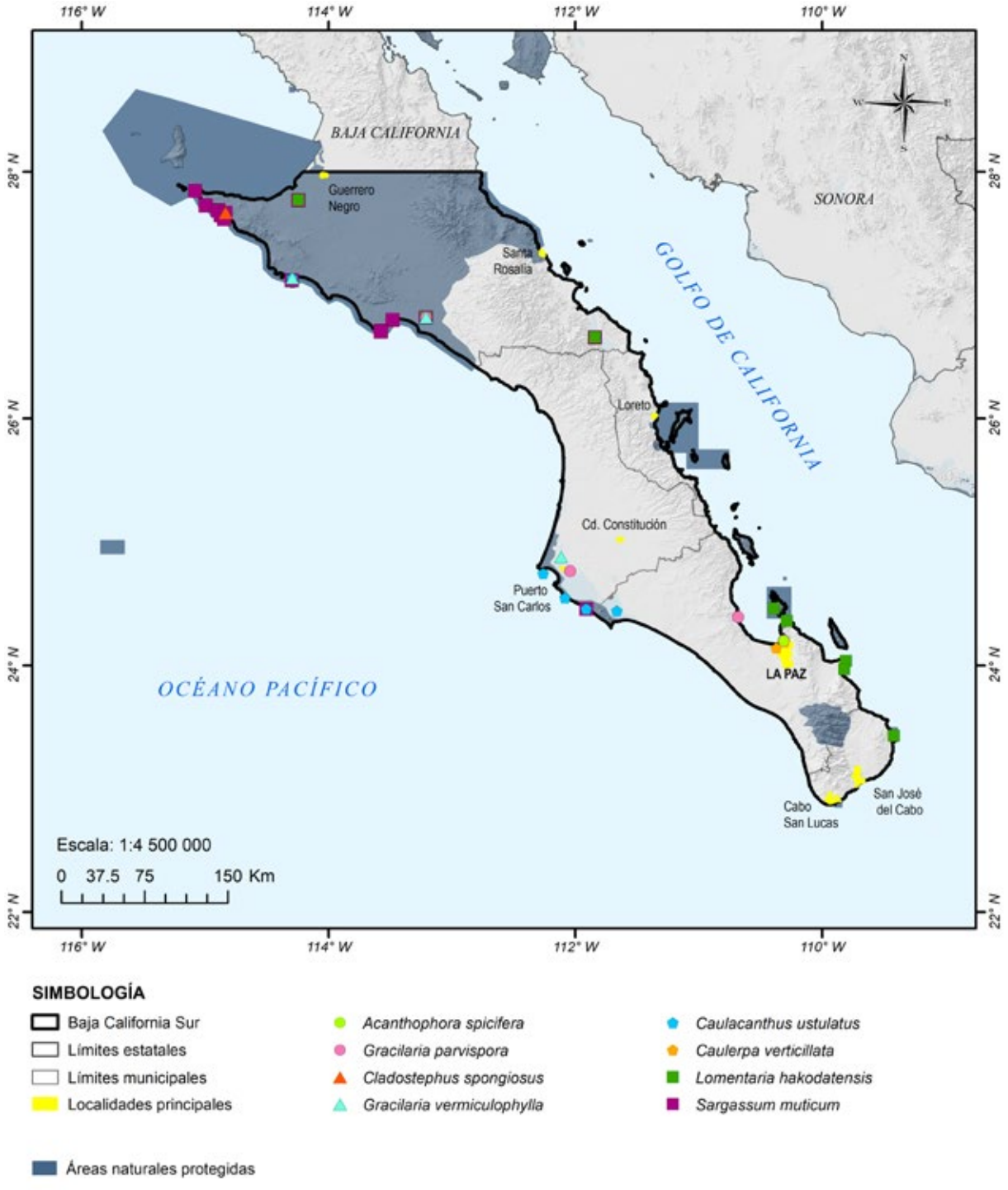


Figura 9. Distribución de macroalgas no nativas. Fuente: elaborado por Karla V. Pedraza-Venegas con datos de los autores.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Asimismo, en algunos sitios de la bahía de La Paz se observan proliferaciones[2] de *Ulva* spp. (figura 10d), asociadas al enriquecimiento de nutrientes de tipo antropogénico derivado de aportes de aguas residuales que se descargan ocasionalmente a la bahía, y que generan constantes gastos de limpieza al municipio de La Paz (Chávez-Sánchez *et al.* 2017, Piñón-Gimate *et al.* 2017). Las especies no nativas y aquellas formadoras de proliferaciones de macroalgas tienen el potencial de modificar la estructura y la función de las comunidades costeras en donde se encuentran, y desplazar a las macroalgas nativas y su fauna asociada

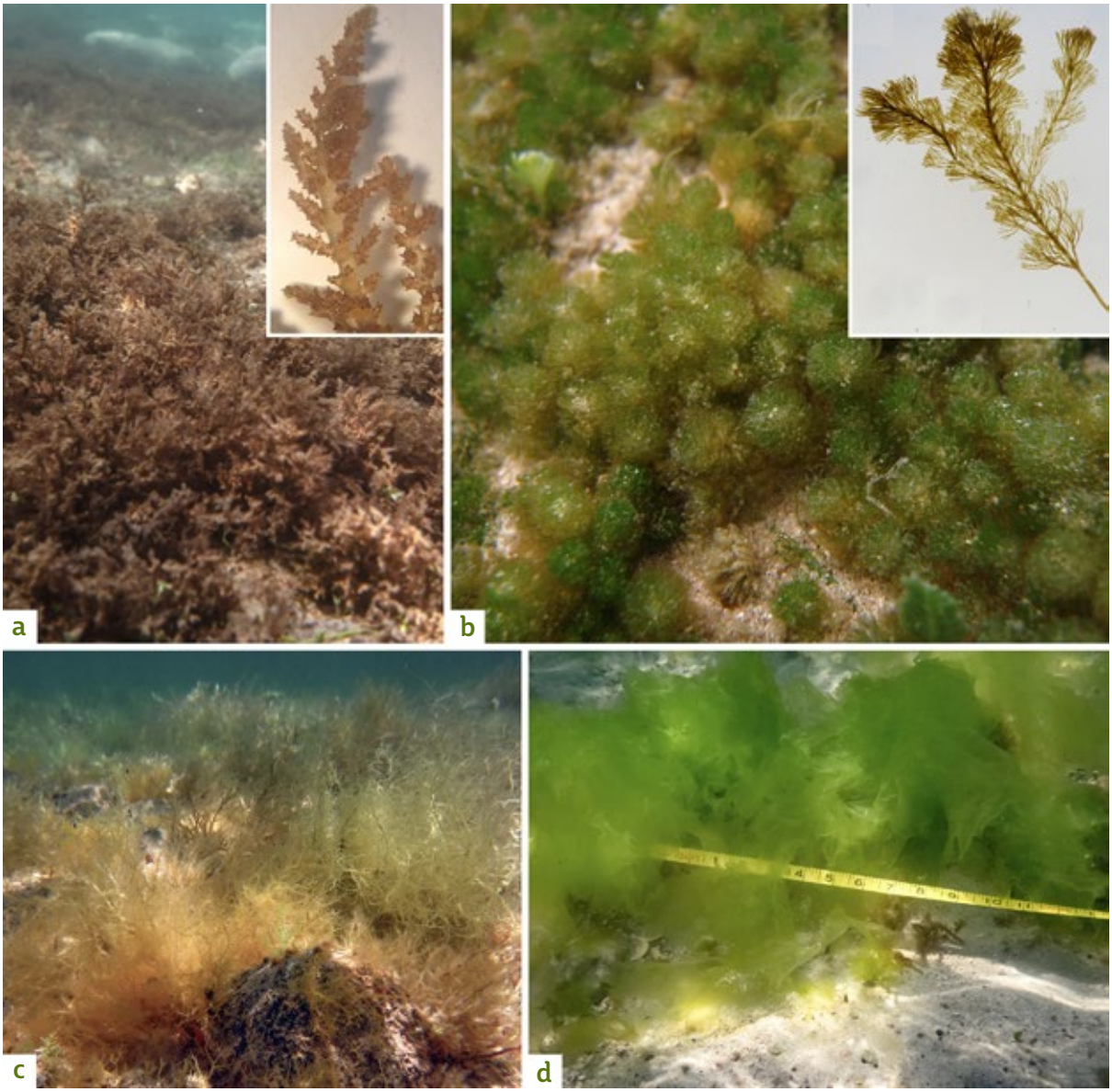


Figura 10. a) Macroalga roja no nativa *Acanthophora spicifera* en bahía de La Paz; b) macroalga verde no nativa *Caulerpa verticillata* en bahía de La Paz; c) macroalga roja *Gracilaria parvispora* en playa La Concha; d) macroalga verde *Ulva* sp. en bahía de La Paz. Fotos: Tonatiuh Chávez Sánchez (a, b, d), Rafael Riosmena-Rodríguez (c).

2 Acumulaciones de altas biomasas de macroalgas con altas tasas de crecimiento y rápida respuesta a la presencia de nutrientes.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

(Thomsen *et al.* 2016). Sin embargo, sus efectos no han sido evaluados en Baja California Sur, excepto puntualmente para *A. spicifera* que monopoliza el espacio disponible y desplaza a *Sargassum* spp., además de mantener una flora y fauna asociada distinta a la comúnmente encontrada (Méndez-Trejo *et al.* 2014).

Por ello, es importante llevar a cabo un monitoreo permanente de las comunidades de macroalgas, para conocer la riqueza y abundancia actual de las comunidades (establecimiento de línea base) y detectar posibles introducciones o proliferaciones de macroalgas. Además, se requiere definir las acciones a realizarse como la erradicación o control a largo plazo de especies invasoras, así como el control de fuentes de contaminación, entre otras.

Factores de presión

En general, los principales factores de presión para las comunidades de macroalgas son las actividades antropogénicas (destrucción de hábitat por desarrollo costero turístico e industrial), y factores físicos (modificación del sustrato, cambios de temperatura relacionadas al cambio climático), químicos (aumento de nutrientes), dinámicos (cambios en los patrones de circulación del agua), biológicos (presencia de algas invasoras no nativas o formadoras de proliferaciones, aumento o disminución en la intensidad de ramoneo por omnívoros y herbívoros a causa de una sobreexplotación de depredadores) y la extracción para su uso, entre otros (Suárez-Castillo *et al.* 2013). Cabe señalar que en el estado se requieren estudios para evaluar cómo estos factores de presión están impactando a las diferentes macroalgas sudcalifornianas. En cuanto al efecto negativo de la extracción de macroalgas, solo se presentaría en caso de que los volúmenes de cosecha fueran superiores al rendimiento máximo sostenido, cuya estimación requiere de modelos de producción (Casas-Valdez *et al.* 2005).

Acciones para su conservación

En el estado, las especies marinas que habitan en las áreas naturales protegidas quedan sujetas a la normatividad establecida para éstas, la cual considera la conservación y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, y también regula el desarrollo urbano y la pesquería. Sin embargo, falta establecer una legislación específica que proteja a las macroalgas marinas como comunidades y/o definir criterios para establecer qué especies pueden considerarse en riesgo, tanto en el estado como en el resto de país.

En la Carta Nacional Pesquera (SAGARPA 2012) se establecen las normas de manejo para las macroalgas sujetas a explotación comercial (*M. pyrifera*, *G. robustum* y *Gp. lemaneiformis*), entre las que se encuentran la determinación de los equipos y artes de pesca, así como su evaluación en las zonas de extracción para determinar el volumen de cosecha. No obstante, aún es necesaria la elaboración de planes de manejo pesquero para otras especies susceptibles de explotación como algas de los géneros *Sargassum* y *Ulva*.

Conclusión

Baja California Sur con sus 702 especies se ubica como uno de los estados con mayor diversidad de macroalgas marinas en México. Los ambientes en los que se encuentran son relevantes para la conservación de la biodiversidad marina y el mantenimiento de las pesquerías, además de representar un recurso pesquero potencial de aprovechamiento (Suárez-Castillo *et al.* 2014). Sin embargo, hacen falta estudios que evalúen el estado actual de estas comunidades y sus amenazas, lo que permitirá establecer lineamientos para su uso y proponer acciones de conservación y restauración en su caso. Además, se deben desarrollar acciones de evaluación y monitoreo, así como promover legislaciones específicas para asegurar la preservación y el aprovechamiento sustentable de este grupo, que constituye un hábitat primordial para muchas especies de organismos marinos.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Referencias

Aguila-Ramírez, R.N., M. Casas-Valdez, S. Ortega-García *et al.* 2003. Spatial and seasonal variation of macroalgal biomass in laguna Ojo de Liebre, Baja California Sur, Mexico. *Hydrobiologia* 501:207-214.

Aguilar-Rosas, L.E., F.F. Pedroche y J. Zertuche-González. 2014. Algas marinas no nativas en la costa del Pacífico mexicano. En: *Especies acuáticas invasoras en México*. R. Mendoza y P. Koleff-Osorio (eds.). CONABIO, México, pp. 211-222.

Andrade-Sorcia, G., R. Riosmena-Rodríguez, R. Muñiz-Salazar *et al.* 2014. Morphological reassessment and molecular assessment of *Sargassum* (Fucales: Phaeophyceae) species from the Gulf of California, Mexico. *Phytotaxa* 183:201-223.

Casas-Valdez, M. 2000. Flora ficológica del BAC de punta Eugenia. En: BAC *Centros de Actividad Biológica del Pacífico mexicano*. D. Lluch-Belda, J. Elorduy-Garay, S.E. Lluch-Cota y G. Ponce-Díaz (eds.). CIBNOR/CICIMAR-IPN/CONACYT, La Paz, pp. 157-164.

Casas-Valdez, M., R.A. Núñez-López, M.B. Cruz-Ayala *et al.* 2000. Biodiversity and biogeographic affinities of the algal flora of Baja California Sur: a synthesis of the literature. En: *Aquatic ecosystems of Mexico: status and scope*. M. Munawar, S.G. Lawrence, L.F. Munawar y D.F. Malley (eds.). Backhuys Publishers, Países Bajos, pp. 273-282.

Casas-Valdez, M., D. Lluch-Belda, S. Ortega-García *et al.* 2005. Estimation of maximum sustainable yield of *Gelidium robustum* seaweed fishery in Mexico. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 85:775-778.

Casas-Valdez, M., I. Sánchez-Rodríguez, E. Serviere-Zaragoza y R.N. Aguila-Ramírez. 2016. Temporal changes in the biomass and distribution of *Sargassum* beds along the southeastern coast of the Baja California Peninsula. *Ciencias Marinas* 42:99-109.

Castañeda-Fernández de Lara, V., H. Reyes-Bonilla y E. Serviere-Zaragoza. 2010. A tropical assemblage of benthic macroalgae on rocky reefs in a temperate zone on the western Baja California Peninsula, Mexico. *Botanica Marina* 53:195-203.

Chávez-Sánchez, T., A. Piñón-Gimate, E. Serviere-Zaragoza *et al.* 2017. Recruitment in *Ulva* blooms in relation to temperature, salinity and nutrients in a subtropical bay of the Gulf of California. *Botanica Marina* 60:257-270.

Costanza, R., R. D'Arge, R. de Groot *et al.* 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387:253-260.

Cruz-Ayala, M.B., R.A. Núñez-López y G.E. López. 2001. Seaweeds in the southern Gulf of California. *Botanica Marina* 44:187-197.

Dawes, C.J. 1998. *Marine botany*. John Wiley and Sons. EUA.

Foster, M.S., L.M. McConnico, L. Lundsten *et al.* 2007. Diversidad e historia natural de una comunidad de *Lithothamnion muelleri* y *Sargassum horridum* en el Golfo de California. *Ciencias Marinas* 33:367-384.

Guiry, M.D. y G.M. Guiry. 2025. *Algae Base*. En: <https://www.algaebase.org>, última consulta: 27 de abril de 2025.

Guzmán del Proo, S.A., S. De la Campa De Guzmán y J. Pineda-Barrera. 1972. Flora macroscópica asociada a los bancos de abulón (*Haliotis* spp.) en algunas áreas de la costa occidental de Baja California. En: *Memorias del IV Congreso Nacional de Oceanología (México)*. México.

Hernández-Carmona, G., E. Serviere-Zaragoza, R. Riosmena-Rodríguez e I. Sánchez-Rodríguez. 2007. Flora marina del sistema lagunar de Bahía Magdalena-Bahía Almejas. En: *Estudios ecológicos en bahía Magdalena*. R. Funes-Rodríguez, J. Gómez-Gutiérrez y R. Palomares-García (eds.). CIBNOR/ CICIMAR-IPN, La Paz, pp. 113-126.

Kerswell, A.P. 2006. Global biodiversity patterns of benthic marine algae. *Ecology* 87:2479-2488.

Lee, R.E. 2008. *Phycology*. Cambridge University Press, Nueva York.

Mateo-Cid, L.E., I. Sánchez-Rodríguez, E. Rodríguez-Montesinos y M. Casas-Valdez. 1993. Estudio florístico de las algas marinas bentónicas de Bahía Concepción, B.C.S., México. *Ciencias Marinas* 19:41-60.

Mateo-Cid, L.E. y A.C. Mendoza-González. 1994. Algas marinas bentónicas de Todos Santos, Baja California Sur, México. *Acta Botánica Mexicana* 29:31-47.

Mateo-Cid, L.E., A.C. Mendoza-González, C. Galicia-García y L. Huerta-Múzquiz. 2000. Contribución al estudio de las algas marinas bentónicas de Punta Arena y Cabo Pulmo, Baja California Sur, México. *Acta Botánica Mexicana* 52:55-73.

Mazariegos-Villarreal, A., H. Reyes-Bonilla, E.F. Balart y E. Serviere-Zaragoza. 2012. Beta diversity in rocky subtidal macroalgal assemblages from bahía de Loreto, Gulf of California, Mexico. *Botanica Marina* 55:169-175.

Méndez-Trejo, M.C., R. Riosmena-Rodríguez, E. Ávila *et al.* 2014. Evaluación de la invasión de *Acanthophora spicifera* (Rhodophyta) sobre la epifauna en bahía de La Paz, BCS. En: *Especies invasoras acuáticas: casos de estudio en ecosistemas de México*. A.M. Low Pfeng, P.A. Quijón y E.M. Peters-Recagno (eds.). SEMANART/INECC/UPEI, México, pp. 431-456.

Norris, J.N., L.E. Aguilar-Rosas y F.F. Pedroche. 2017. Conspectus of the benthic marine algae of the Gulf of California:

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Rhodophyta, Phaeophyceae, and Chlorophyta. *Smithsonian Contributions to Botany* 106:1-125.

Núñez-López, R.A. y M. Casas-Valdez. 1996. Fenología de las especies de *Sargassum* (Fucales: Sargassaceae) en tres zonas de bahía Concepción, BCS, México. *Revista de Biología Tropical* 44:455-464.

Núñez-López, R.A., M. Casas-Valdez, A.C. Mendoza-González y L.E. Mateo-Cid. 1998. Flora ficológica de la laguna San Ignacio, BCS, México. *Hidrobiológica* 8:33-42.

Ortega, M.M., J.L. Godínez, G. Garduño *et al.* 1997. Uso tradicional de las algas marinas de México. *Revista Chapingo* serie ciencias forestales y del ambiente 3:161-163.

Paul-Chávez, L. y R. Riosmena-Rodríguez. 2000. Floristic and biogeographical trend in seaweed assemblages from a subtropical insular island complex in the Gulf of California. *Pacific Science* 54:137-147.

Pedroche, F.F. y A.G. Sentíes. 2003. Ficología marina mexicana. Diversidad y problemática actual. *Hidrobiológica* 13:23-32.

—. 2020. Diversidad de macroalgas marinas en México. Una actualización florística y nomenclatural. *Cymbella* 6(1):4-55.

Piñón-Gimate, A., N. Espinosa-Andrade, A. Sánchez y M. Casas-Valdez. 2017. Nitrogen isotopic characterization of macroalgae blooms from different sites within a subtropical bay in the Gulf of California. *Marine Pollution Bulletin* 116:130-136.

Saad-Navarro, G. y R. Riosmena-Rodríguez. 2005. Variación espacial y temporal de la riqueza florística de macroalgas en la zona rocosa de bahía de Muertos, BCS, México. *Ciencia y Mar* 9:19-32.

SAGARPA. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 2012. *Acuerdo por el que se da a conocer la Actualización de la Carta Nacional Pesquera*. Publicado el 24 de agosto de 2012 en el Diario Oficial de la Federación.

Santelices, B., J.J. Bolton e I. Meneses. 2009. Marine algal communities. En: *Marine macroecology*. J.D. Whitman y K. Roy (eds.). Chicago University Press, Chicago, pp. 153-192.

Serviere-Zaragoza, E., V.C. García-Hernández y D.A. Siqueiros-Beltrones. 2003. Diversity and distribution of macroalgae associated with abalone (*Haliotis* spp.) habitats in Baja California Sur, Mexico. *Bulletin of Marine Science* 72:725-739.

Steller, D.L., R. Riosmena-Rodríguez, M.S. Foster y C.A. Roberts. 2003. Rhodolith bed diversity in the Gulf of California: the importance of rhodolith structure and consequences of disturbance. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 13:S5-S20.

Suárez-Castillo, A.N., R. Riosmena-Rodríguez, M. Rojo-Amaya *et al.* 2013. Bosques de algas pardas en el golfo de California: *Sargassum*, un hábitat esencial. *Biodiversitas* 108:12-16.

Suárez-Castillo, A.N., J. Torre-Cosío, M. Rojo-Amaya *et al.* 2014. Valoración económica de los servicios ecosistémicos de los bosques de *Sargassum* en el Golfo de California, México. En: *Desarrollo regional en Baja California Sur: una perspectiva de los servicios ecosistémicos*. J. Urciaga-García (ed.). UABCS, Baja California Sur, pp. 79-111.

Thomsen, M.S., T. Wernberg, P.M. South y D.R. Schiel. 2016. Non-native seaweeds drive changes in marine coastal communities around the world. En: *Seaweed phylogeography*. Z.M. Hu y C. Fraser (eds.). Springer, Países Bajos, pp. 1147-185.

Turland, N.J., J.H. Wiersema, F.R. Barrie *et al.* 2018. *Código Internacional de Nomenclatura para algas, hongos y plantas (Código de Shenzhen)*. Fundación Herbario Greuter, Berlín.

Wilkinson, T.E., J. Wiken, J. Bezaury-Creel *et al.* 2009. *Ecoregiones marinas de América del Norte*. Comisión para la Cooperación Ambiental, Montreal.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Flora vascular

José Juan Pérez Navarro† y María del Carmen Mercado Guido

Introducción

La magnitud de la biodiversidad de México se explica por la amplia variación de rasgos geológicos, fisiográficos y climáticos de su territorio (Rzedowski 2006). La Península de Baja California es un ejemplo de esta riqueza biótica que responde a su propia diversidad de hábitats. Algunos grupos de la flora peninsular se han diversificado en estas condiciones dando lugar un conjunto florístico único. Desde un enfoque biogeográfico la superficie peninsular muestra poca afinidad florística con otras áreas en el macizo continental mexicano; por ejemplo, contiene cerca de 35% de la diversidad vegetal mexicana en el nivel de género (Villaseñor 2004). En este escenario, la flora de Baja California Sur tiene una relevante aportación a la biodiversidad nacional. En este capítulo se presenta una recopilación y síntesis del conocimiento de la flora estatal, a partir de la literatura, consulta de bases de datos de herbarios, y de trabajo de campo y gabinete previamente realizado.

Contexto biogeográfico

El territorio sudcaliforniano abarca la mitad sur de la Península de Baja California. Biogeográficamente, la península se ubica en la zona de transición de los reinos Neártico (Holártico) y Neotropical (Takhtajan 1986). Esta posición transicional confiere al territorio rasgos florísticos particulares, que se observan con la presencia de elementos con origen y afinidad de clima templado, otros de clima tropical, y aquellos de origen autóctono (figura 1; Rzedowski 2006).

Dentro del esquema de regiones florísticas de Rzedowski (2006) para el país, el estado corresponde de casi en su mayoría a la región Xerofítica Mexicana y la Provincia de Baja California, cuyos elementos se reconocen principalmente como neotropicales (Axelrod 1958). Sin embargo, de acuerdo con el propio Rzedowski, las partes altas de la Sierra La Laguna y de algunas serranías como La Giganta, Guadalupe, el complejo Las Vírgenes y San Francisco, se pueden incluir en la región Mesoamericana de Montaña y la provincia de la Sierra Madre Occidental. Los

Pérez Navarro. J.J. y M.C. Mercado Guido. 2025. Flora vascular. En: *La biodiversidad en Baja California Sur. Estudio de Estado*. Vol. II. CONABIO/FFB, México, pp. 97-119.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

ensambles florísticos de estas sierras (*sky islands* o islas altitudinales) resultan de gran interés, debido a que pueden observarse formaciones de bosque de pino y encino (p.e. Sierra La Laguna), o bien relictos de bosque de encino o chaparral (p.e. sierras en el centro y norte) con dominantes de origen neártico (algunos propios de la región Californiana), pero una proporción importante de su flora acompañante es de origen neotropical.

Origen y evolución de la flora actual

La riqueza y composición de la flora actual de la entidad, se debe principalmente a cambios climático-históricos y a la compleja historia geológica de la península, que han conducido la evolución de las especies, así como la integración y la distribución de la biota en la región (Riddle *et al.* 2000, Redfern 2008). Una gran parte de la flora en el estado se originó o sobrevive de la flora del Madro-Terciario de Norteamérica (Mioceno, entre 23 y 6 millones de años atrás). La flora madrense abarcó una distribución geográfica en el suroeste de Estados Unidos de América y el norte de México, evolucionó de especies adaptadas a climas subhúmedos que dominaron las floras Arcto-Terciaria y Neotropical-Terciaria (mediados del Eoceno, ca. 40 millones de años), respondiendo a la aparición de climas más secos o semiáridos (Axelrod 1958). Posteriormente, durante el Pleistoceno (hace 2 millones de años), con la expansión de las regiones desérticas (y los ciclos de glaciar e interglaciares), gran parte de la biota peninsular evolucionó y se adaptó a condiciones de aridez, mientras que ciertos grupos de afinidad templada o de requerimientos mesófilos encontraron refugio en hábitats menos áridos como las partes altas de las sierras (Moran 1983, Ezcurra *et al.* 2006) y los oasis (Pérez-Navarro *et al.* 2019).

Antecedentes regionales

Desde mediados del siglo XIX se empezó a documentar la flora presente en el territorio sudcaliforniano con las exploraciones de Hinds (1839), Xantus (1859-1961), Palmer (1870-1890) y Brandegee (1888-1906), todos ellos en el centro y sur del estado, así como Diguet (1895) en la parte norte y algunas islas adyacentes del golfo de California (Brandegee 1892, Wiggins 1980). Posteriormente y hasta finales del siglo XX, las obras de Wiggins (1951, 1980) fueron las referencias principales de la flora de la península reportando un total de 2 705 especies.

Con la aparición de distintos estudios en áreas fisiográficas del estado y de tratados taxonómicos (a nivel regional o nacional), aumentó considerablemente el conocimiento de la diversidad de plantas a nivel estatal, como se refleja en los trabajos en la Sierra La Laguna (León y Domínguez 1989, León *et al.* 2012), islas del golfo de California (Rebman *et al.* 2002), Desierto El Vizcaíno (León *et al.* 1991), región Los Cabos (Lenz 1993, León *et al.* 1999, 2012), Sierra La Giganta (León *et al.* 2008), bahía Magdalena (León *et al.* 2015), o los oasis en el estado (Arriaga *et al.* 1997, Pérez-Navarro *et al.* 2019). Dos obras recientes abordan la flora estatal como parte de la Península de Baja California (Rebman y Roberts 2012, Rebman *et al.* 2016), con información sintética y actualizada de las plantas vasculares en la península, reportando un total de 3 551 especies nativas e introducidas. Finalmente, el listado florístico de México más reciente (Villaseñor 2016) presenta una relación de 23 154 especies nativas, de las cuales 1 988 se encuentran en Baja California Sur.

Flora

Para compilar la flora presente en la entidad se consultaron distintas fuentes de información, bases de datos accesibles en línea como SEINet (2019), que contiene información de los herbarios: Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (HCIB), New York Botanical Garden (NY), University of Arizona (ARIZ), Arizona State University (ASU), Desert Botanical Garden (DES), New Mexico State University (NMC), San Diego State University (SDSU), University of California Riverside (UCR) y la Universidad de Sonora (USON); además del portal del proyecto Tropicos.org del Missouri Botanical Garden, herbario (MO 2019), y el sistema del Global Biodiversity Information Facility (GBIF 2019). Asimismo, se incorporó información taxonómica de numerosas publicaciones especializadas (previamente citadas); especialmente se confrontó la información obtenida con las obras de Wiggins

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

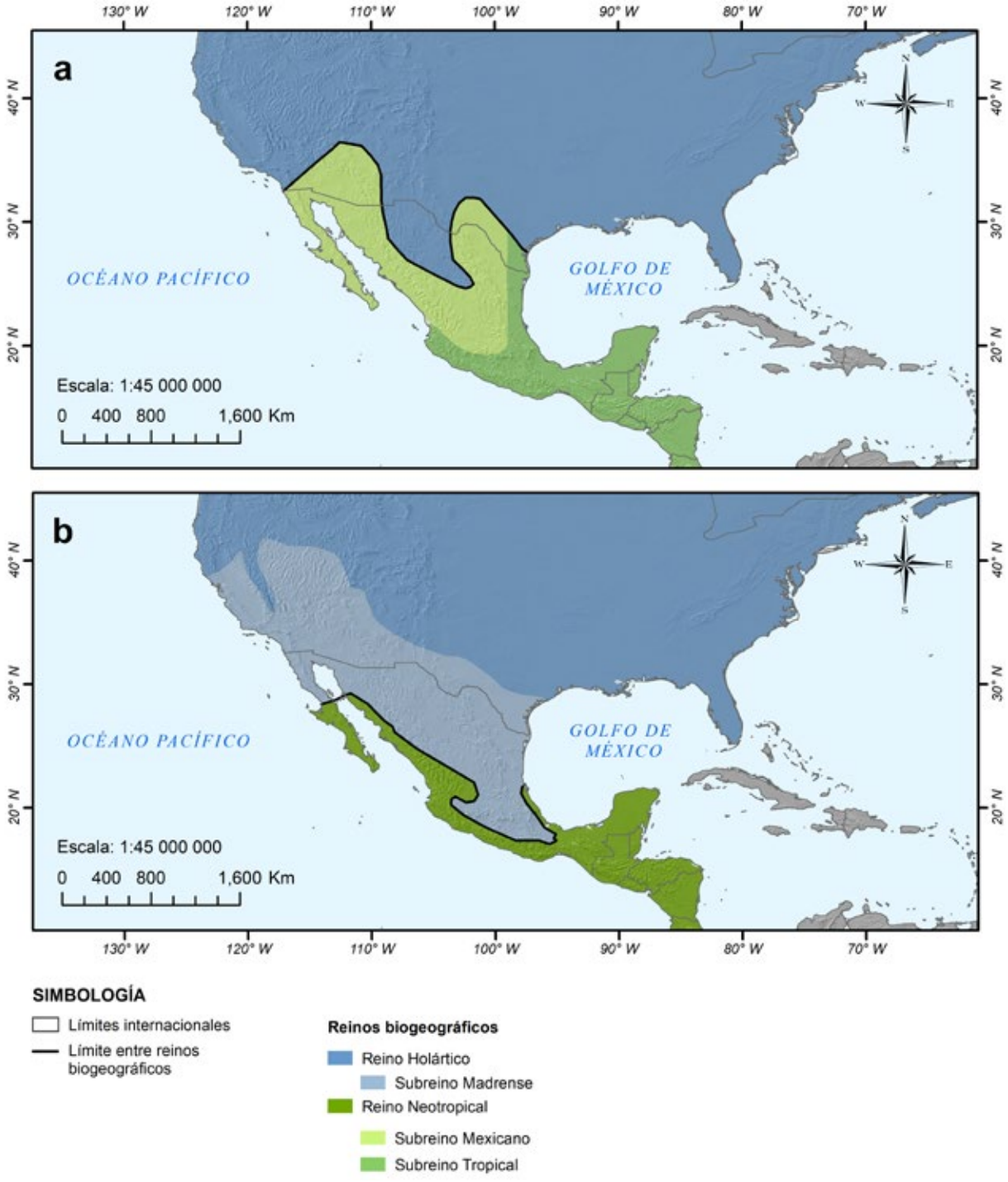


Figura 1. Localización de México en la delimitación de los reinos biogeográficos Neártico (indicado como Holártico) y Neotropical, de acuerdo con los esquemas de Govorukhin 1957 (a) y Takhtajan 1969 (b). Fuente: tomado de Rzedowski 2006.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

(1980) y Rebman y colaboradores (2016), y se incluyó información propia obtenida de trabajo de campo.

La flora vascular del estado se integra por 2 003 especies y 2 158 *taxa* al considerar niveles taxonómicos debajo de especie y otras variantes, todos ellos agrupados en 162 familias y 788 géneros (cuadro 1). De los tres grupos principales de plantas (Pteridofitas, Gimnospermas y Angiospermas), las gimnospermas están representadas únicamente por dos especies (*Pinus cembroides* subsp. *lagunae* y *Ephedra aspera*); mientras que los helechos por 81. Las angiospermas dominan la flora de la media península con 1 920 (con una gran mayoría de eudicotiledóneas; apéndice 9).

Endemismo y especies bajo protección legal (NOM-059)

Dos aspectos relevantes de la flora estatal son el endemismo y las especies protegidas. La flora del estado cuenta con una tasa de endemismo del 24%; cabe mencionar que el endemismo se consideró abarcando el territorio peninsular (no solamente del estado) en sentido estricto. Por su parte, existe un conjunto de 40 plantas que actualmente se encuentran bajo alguna categoría riesgo dentro de la NOM-059 (SEMARNAT 2010, 2019), entre las que se encuentran 24 especies sujetas a protección especial. Algunas de ellas son relevantes por ofrecer servicios ambientales críticos como el caso de los mangles, y otras plantas presentan una distribución geográfica muy restringida; en cualquiera de los casos, todas son vulnerables ante amenazas y cambios en el ambiente (figura 2, apéndice 9).

Flora exótica y especies invasoras

Durante las últimas décadas se ha incrementado el proceso de introducción de especies exóticas (no nativas), aunque algunas de estas plantas no parecen representar un problema. Sin embargo, un número creciente de especies se ha convertido en plantas invasoras con capacidad de modificar el ambiente que ahora ocupan, fenómeno que se considera una de las principales causas de extinción de biodiversidad a nivel global (Lapiedra *et al.* 2015). Dentro de la flora del estado, 10% de los *taxa* (219) son exóticos, de los cuales al menos 31 se consideran especies invasoras en la península (apéndice 9), por lo que su presencia debe preocupar y ser motivo de evaluación en los hábitats en donde ya se encuentran (figura 3).

Rasgos florísticos por subregiones

Existen algunas propuestas de regionalización de la península que se basan en sus características fitogeográficas, fisiográficas y ambientales; en general, casi todas ellas parten de una propuesta de subdivisiones del Desierto Sonorense (Shreve 1951). A continuación, se describen brevemente algunos aspectos florísticos de nueve regiones que se pueden identificar en el estado. La regionalización en el presente trabajo adopta

Cuadro 1. Sinopsis de la flora vascular en Baja California Sur.

Grupo	Familias	Géneros	Especies	*Taxa**
Helechos y afines				
Polypodiopsida y Lycopodiopsida	16	28	81	87
Gimnospermas				
Pinophyta y Gnetophyta	2	2	2	2
Angiospermas				
Magnoliidas	3	3	7	8
Monocotiledóneas	21	139	359	374
Eudicotiledóneas (incluye Ceratophyllales)	120	616	1 554	1 687
Total	**162**	**788**	**2 003**	**2 158**

*Incluye infraespecies. Los grupos taxonómicos corresponden a los sistemas de clasificación PPG I (2016), APG IV (2016). Fuente: elaboración propia.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Figura 2. Algunas especies endémicas y/o enlistadas dentro de la NOM-059: a) el palo fierro (*Olneya tesota*, sujeta a protección especial) es común en los ambientes desérticos; b) el mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*, amenazada) se restringe a algunas localidades costeras en el sur del estado; c) el piñón de La Laguna (*Pinus cembroides* subsp. *lagunae*, sujeta a protección especial), es una especie endémica que solo se localiza en algunas cimas de montañas en la región de Los Cabos; d) ciruelo cimarrón (*Cyrtocarpa edulis*), especie endémica. Fotos: José Juan Pérez Navarro (a, b, d), Víctor Hugo Luja/Banco de imágenes CONABIO (c).

parte de las regiones de Garcillán y colaboradores (2012), y Rebman y colaboradores (2016), con variaciones que se consideran importantes (cuadro 2).

Desierto El Vizcaíno

Esta región en el norte y noroeste del estado contiene 586 *taxa* (incluye especies y categorías infra específicas), con un porcentaje de endemismo a la península de 24%. Las familias más diversas en esta región son las Asteraceae (similares a girasoles y margaritas, 99 *taxa*), Poaceae (pastos, 49) y Fabaceae (leguminosas, 48). Por su parte, los géneros con mayor diversidad son *Euphorbia* (18 *taxa*), *Ambrosia* (14) y *Atriplex* (12).

Las especies enlistadas en la NOM-059 (SEMARNAT 2010) son el agave de Vizcaíno (*Agave vizcainoensis*), los mangles blanco y rojo (*Laguncularia racemosa* y *Rhizophora mangle*, respectivamente), el palo fierro (*Olneya tesota*) y los pastos marinos (*Phyllospadix scouleri*, *P. torreyi* y *Zostera marina*). Por su parte,

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Figura 3. Ejemplos de especies invasoras registradas en diferentes regiones del territorio sudcaliforniano. a) Vidrillo (*Mesembryanthemum crystallinum*); b) pino salado (*Tamarix ramosissima*); c) manto de Cristo (*Cryptostegia grandiflora*) y carrizo gigante (*Arundo donax*); d) higuerilla (*Ricinus communis*). Fotos: José Juan Pérez-Navarro (a, b, c), Zabdiel Ademar Peralta Fonseca (d).

las especies exóticas invasoras son: los vidrillos (*Mesembryanthemum crystallinum* y *M. nodiflorum*), el manto de cristo (*Cryptostegia grandiflora*), la mostaza asiática o africana (*Brassica tournefortii*), el zacate buffel (*Cenchrus ciliaris*) y los pinos salados (*Tamarix aphylla* y *T. ramosissima*).

Una gran proporción del territorio de esta subregión forma parte de dos reservas de la biosfera del sistema de áreas naturales protegidas (ANP) de México: 1) la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno, que incluye principalmente el macizo peninsular y las islas Natividad, San Roque y Asunción; y 2) la Reserva de la

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Cuadro 2. Características de la flora del estado por regiones fisiográficas.

Región	Total *taxa**	Nativas			Exóticas	
		Nativa	Endémica	NOM-059	Exótica	Invasora
Desierto El Vizcaíno	586	537	140	7	49	7
Desierto de Costa del Golfo	682	603	165	11	79	7
Sierra San Francisco-Las Vírgenes	273	266	49	1	7	1
Sierra Guadalupe	293	282	50	1	11	0
Islas del Golfo	339	327	96	13	12	0
Sierra La Giganta	695	646	163	7	49	4
Magdalena	572	522	150	14	51	5
Tierras bajas del Cabo	932	815	220	15	117	5
Montañas del Cabo	881	817	161	9	65	4
Total estatal	**2 158**	**1 939**	**522**	**40**	**219**	**31**

*Incluye infraespecies; las especies pueden repetirse entre regiones, por lo tanto, los totales estatales no indican una sumatoria de las diferentes regiones. Fuente: elaboración propia.

Biosfera Complejo Lagunar Ojo de Liebre, que se localiza en la parte noroeste. Ambas áreas se ubican en el municipio de Mulegé (figura 4; CONANP 2018), cuya flora representativa corresponde principalmente a especies xerófilas y halófilas.

Desierto de la Costa del Golfo

Esta subregión comprende casi por completo la vertiente este del estado, con excepción de la parte hacia el sur después de la ciudad de La Paz. En ella se registran 682 *taxa* con una tasa de endemismo de 24%. Las familias con mayor riqueza son Asteraceae (94 *taxa*), Poaceae (72) y Fabaceae (63); mientras que los géneros más diversos son *Euphorbia* (26 *taxa*), *Atriplex*, *Ambrosia*, *Boerhavia*, *Cuscuta* y *Lycium* (estos últimos con 9 *taxa* cada uno).

Las especies enlistadas en la NOM-059 son los mangles negro (*Avicennia germinans*), rojo (*R. mangle*) y blanco (*L. racemosa*), el palmito de Sonora[1] (*Sabal uresana*), la saya (*Amoreuxia palmatifida*), la biznagas de espinas rectas (*Ferocactus emoryi* subsp. *rectispinus*) y de San José (*Ferocactus townsendianus* var. *townsendianus*), el viejito de la isla Santa Cruz (*Mammillaria albicans*), el palo fierro (*O. tesota*) y algunos algodones silvestres (*Gossypium armourianum* y *G. davidsonii*). Entre las especies invasoras están el vidrillo (*M. crystallinum*), el manto de cristo (*C. grandiflora*), la mostaza asiática o africana (*B. tournefortii*), el carrizo gigante (*Arundo donax*), el pasto buffel (*C. ciliaris*) y los pinos salados (*T. aphylla* y *T. ramosissima*).

En esta subregión se localizan dos ANP: el Parque Nacional Bahía de Loreto (municipio de Loreto), que abarca la superficie terrestre de cinco islas, pero también una fracción del margen costero peninsular adyacente; y el Área de Protección de Flora y Fauna Balandra (municipio de La Paz), que incluye dos fragmentos del margen costero peninsular en el este de la bahía de La Paz (figura 5). Las especies en estas ANP son de afinidad árida y halófila (figura 6).

Sierra San Francisco-Las Vírgenes

Se trata de una de las islas altitudinales (*sky island*), ubicada al noreste del estado. Su flora ha sido poco explorada, pues hasta ahora se conocen 273 *taxa* con un total de 18% de endemismos de la península. Las familias con más *taxa* son Asteraceae (37), Poaceae (27) y Fabaceae (20); mientras que los géneros con mayor riqueza son *Myriopteris* (6 *taxa*), *Ambrosia* y *Quercus* (4 cada uno).

En esta subregión se encuentra la biznaga de espinas rectas (*F. emoryi* subsp. *rectispinus*) como especie enlistada en la NOM-059, y el manto de Cristo (*C. grandiflora*)

1 Para esta especie aún debe confirmarse su identidad y su condición nativa.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

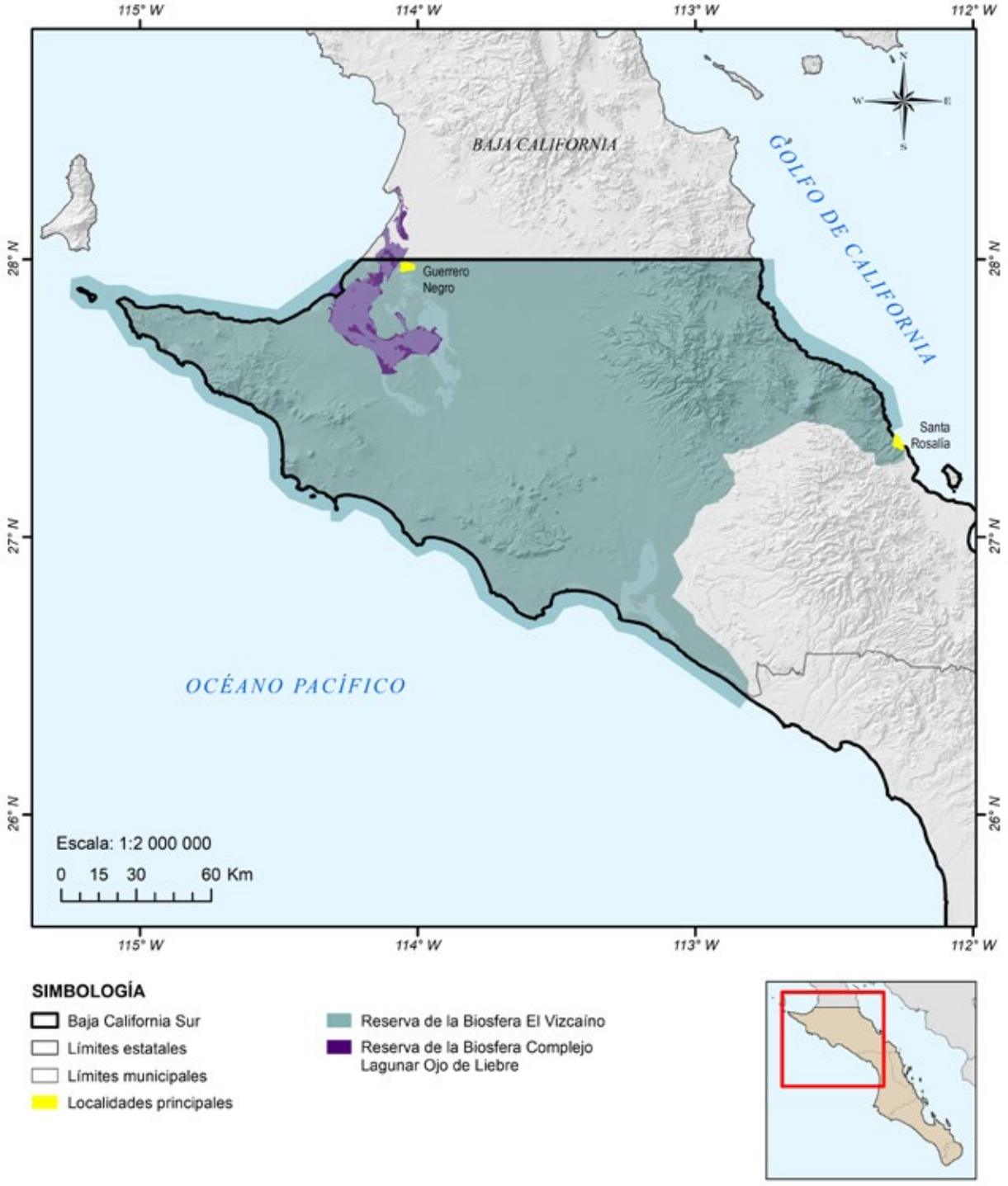


Figura 4. Localización de las ANP en el Desierto El Vizcaíno. Fuente: elaboración propia con datos de CONANP 2018.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

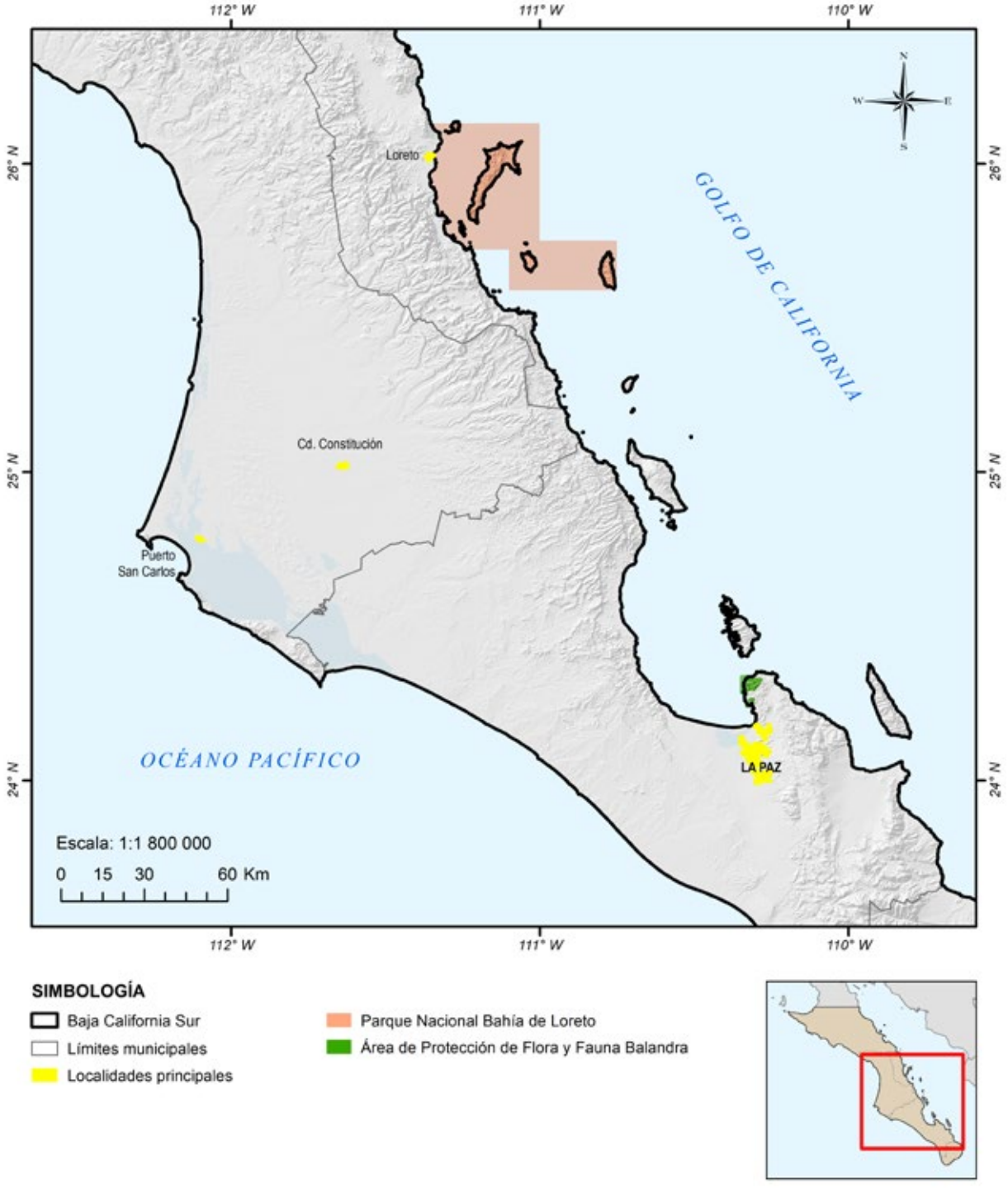


Figura 5. Localización de las ANP en el Desierto de la Costa del Golfo. Nota: el 15 de agosto de 2023 se establecieron dos nuevos parques nacionales en el estado: Nopoló (2 076 ha) y Loreto II (6 217 ha), mismos que no se incluyen en el análisis de la presente contribución debido a su relativa reciente creación. Fuente: CONANP 2018.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Figura 6. La especie *Coulterella capitata* es una planta endémica de las subregiones Desierto de la Costa del Golfo e Islas del Golfo; generalmente se encuentra en ambientes cercanos a la costa. Fotos: Roberto Arreola Alemón/Banco de imágenes CONABIO.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

como invasora. Este espacio se integra por completo como parte de la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno, comprendiendo su vertiente este (figura 4; CONANP 2018); los ensambles de flora de esta región comprenden elementos de origen templado (región Californiana) y tropical, así como de origen desértico.

Sierra Guadalupe

Esta sierra (en el centro-norte del estado) se considera una isla altitudinal y también es una zona poco explorada. Contiene 293 *taxa* con un porcentaje de endémicos de 17%. Sus familias más diversas son Asteraceae (39 *taxa*), Poaceae (25) y Euphorbiaceae (familia del lomboi y la candelilla, 22). Los géneros con mayor riqueza son *Acalypha* (6 *taxa*) y *Euphorbia* (6); seguidos por *Ambrosia*, *Salvia*, *Muhlenbergia* y *Myriopteris* (5 cada uno). Respecto a las especies en alguna categoría de riesgo, solo *Galium moranii* subsp. *aculeolatum*[2] se considera dentro de la NOM-059 (SEMARNAT 2010). Hasta el momento no hay registro de especies invasoras. Actualmente, Sierra Guadalupe no forma parte de ninguna ANP; sin embargo, existe una propuesta de declaratoria que incluye también a la Sierra La Giganta (CONANP 2014). Es una subregión poco explorada, pero su flora es relevante dada la integración de elementos de afinidad tropical que encuentran su límite norte de distribución (en la península), como el chilicote (*Erythrina flabelliformis*), junto con aquellos delimitados al sur por su afinidad climática templada, como la manzanita de misiones (*Arctostaphylos bicolor*) o el ocotillo (*Fouquieria splendens* subsp. *splendens*).

Islas del Golfo

En este caso el conjunto de las islas en el golfo de California comprende únicamente las que son adyacentes al estado (desde isla Tortuga en el norte, hasta isla Cerralvo en la parte sur). Esta flora insular contiene 339 *taxa*, con 29% de endemismo; entre las familias más diversas están Asteraceae (43), Poaceae (30) y Fabaceae (25). A nivel de género los más diversos son *Euphorbia* (10 *taxa*), *Ambrosia* y *Marina* (cada uno con 6).

Las especies enlistadas en la NOM-059 son los mangles negro (*A. germinans*), botoncillo (*Conocarpus erectus*), blanco (*L. racemosa*) y rojo (*R. mangle*), la biznaga de San José (*F. townsendianus* var. *townsendianus*), el viejito de isla Santa Cruz (*M. albicans*), de isla Cerralvo (*M. cerralboa*), el de Evermann (*M. evermanniana*), el nopal de Bravo (*Opuntia bravoana*), el palo fierro (*O. tesota*), y los algodones silvestres *G. armourianum*, *G. davidsonii* y *G. harknessii*. Por su parte, no se registran especies de carácter invasor.

Todas las islas de esta región forman parte del Área de Protección de Flora y Fauna Islas del Golfo de California. Además, las islas Coronados, Carmen, Danzante, Moserrat y Catalina (figura 7) forman parte del Parque Nacional Bahía de Loreto, y el archipiélago Espíritu Santo es rodeado por el Parque Nacional Zona Marina del Archipiélago de Espíritu Santo (figura 8; CONANP 2018). La flora de estas islas es relativamente homogénea, de origen desértico, aunque en la isla Cerralvo (en el extremo sur de la península) se han identificado especies de afinidad tropical, por lo que algunos autores la circunscriben a las Tierras Bajas del Cabo (Rebman *et al.* 2016).

Sierra La Giganta

Esta isla altitudinal se ubica en el centro-este del estado; contiene 695 *taxa* y de ellos 23% son endémicos de la península. A nivel de familia Asteraceae (86 *taxa*), Poaceae (62) y Fabaceae (54) son las más diversas; mientras que los géneros con más *taxa* son *Euphorbia* (21), *Cyperus* (10) e *Ipomoea* (9). Las especies dentro de alguna categoría en la NOM-059 son la saya (*A. palmatifida*), las biznagas de espinas rectas (*F. emoryi* subsp. *rectispinus*), de San José (*F. townsendianus* var. *townsendianus*), el palo fierro (*O. tesota*), el algodón cimarrón (*G. davidsonii*), y los galios de Carter (*Galium carterae*) y de Morán (*G. moranii*). Por otra parte, las especies invasoras registradas son el manto de cristo (*C. grandiflora*), la higuerilla o ricino (*Ricinus communis*), el carrizo gigante (*Arundo donax*) y el pasto buffel (*C. ciliaris*).

2 La subespecie *Galium moranii aculeolatum* no se encuentra en la NOM-059; no obstante, *Galium moranii* (taxon más amplio) se encuentra en la categoría sujeta a protección especial.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Figura 7. Vista en la isla Catalina, donde domina la flora desértica ejemplificada por los cactus *Ferocactus diguetii* (en primer plano) y *Pachycereus pringlei* (en plano posterior). Foto: Manfred Meiners Ochoa/Banco de imágenes CONABIO.

Esta región no forma parte de ninguna ANP, pero al igual que Sierra Guadalupe se incluye en la propuesta de decreto de Reserva de la Biosfera Sierras La Giganta y Guadalupe (CONANP 2014). Como otras *sky islands* de Baja California Sur, los ensambles de flora integran elementos de afinidad climática templada (como algunas agrupaciones de encino), aunque sus componentes vegetales dominantes son de afinidad tropical y desértica.

Magdalena

Se ubica en la vertiente oeste e incluye las islas Magdalena, Santa Margarita y Creciente, además de la bahía Magdalena y sus planicies adyacentes. Su riqueza florística incluye 572 especies, con 26% de endemismo. Las familias con más *taxa* son Asteraceae (65), Poaceae (59) y Fabaceae (53), y los géneros con mayor riqueza son *Euphorbia* (25), *Ambrosia* (11) y *Atriplex* (9).

Las especies bajo protección legal incluidas en la NOM-059 son los mangles negro (*A. germinans*), blanco (*L. racemosa*) y rojo (*R. mangle*); la saya (*A. palmatifida*), la viejita (*Mammillaria halei*), la choya de Santa María (*Cylindropuntia santamaria*), la biznaga de San José (*F. townsendianus* var. *townsendianus*), la chirinola (*Stenocereus eruca*), el palo fierro (*O. tesota*), los algodones silvestres (*G. davidsonii* y *G. harknessii*), y los pastos marinos (*P. scouleri*, *P. torreyi* y *Z. marina*). Las especies invasoras registradas son el vidrillo (*M. crystallinum*), el manto de cristo (*C. grandiflora*), la higuerilla (*R. communis*), el zacate buffel (*C. ciliaris*) y el pino salado (*T. aphylla*).

Las islas de esta zona forman parte de la Reserva de la Biosfera Islas del Pacífico de la Península de Baja California (figura 9; CONANP 2018). Si bien el conjunto de islas de toda el área protegida es heterogéneo respecto de la flora de cada isla, en general se caracterizan por albergar una proporción importante de elementos endémicos insulares. El ensamble de plantas en estas islas y de la región, integra elementos de afinidad desértica (figura 10) y aquellos de hábitats costeros (como las comunidades de manglares y pastos marinos; León *et al.* 2015).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

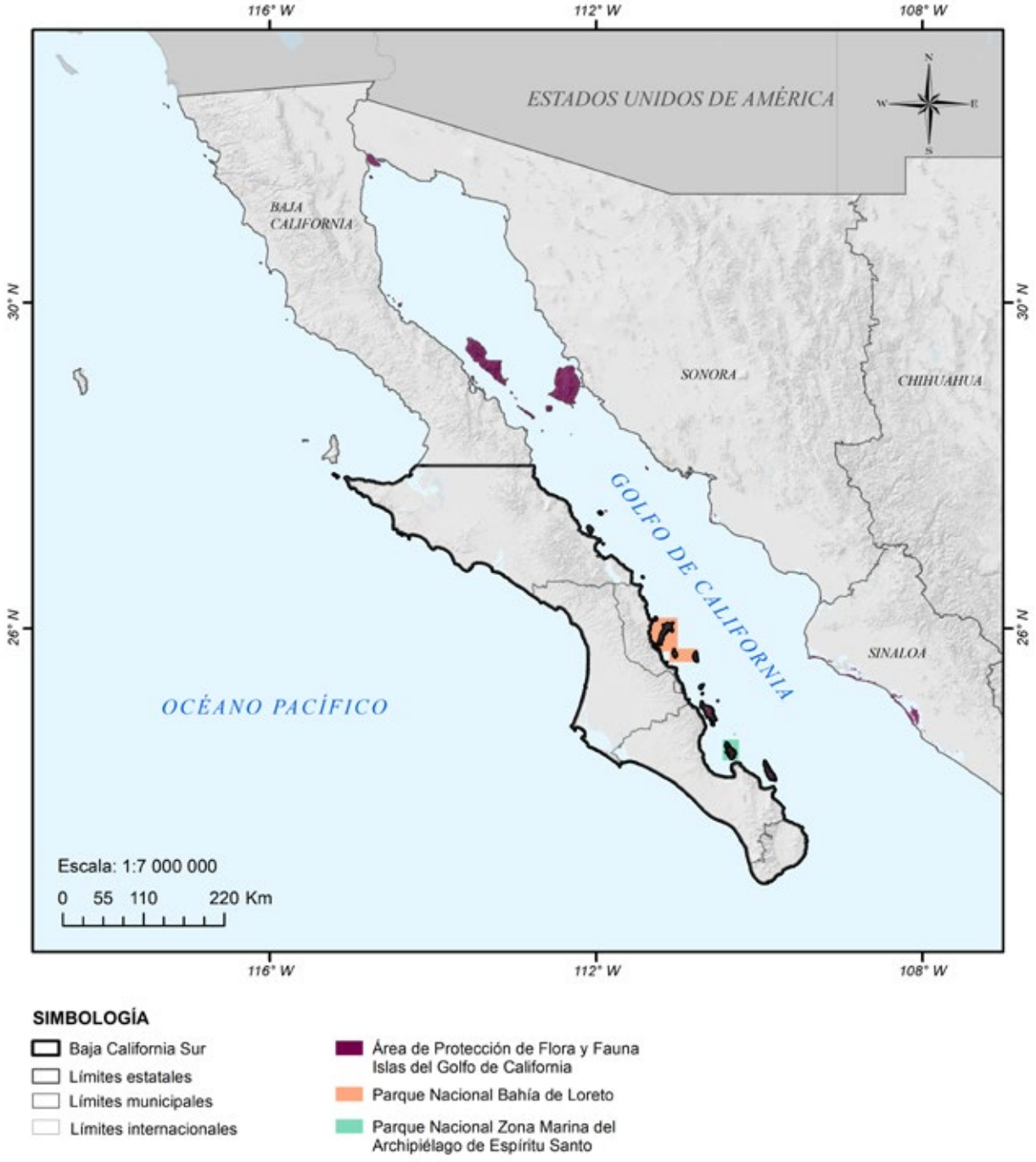


Figura 8. Localización de las ANP ubicadas en la región Islas del Golfo. Fuente: CONANP 2018.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

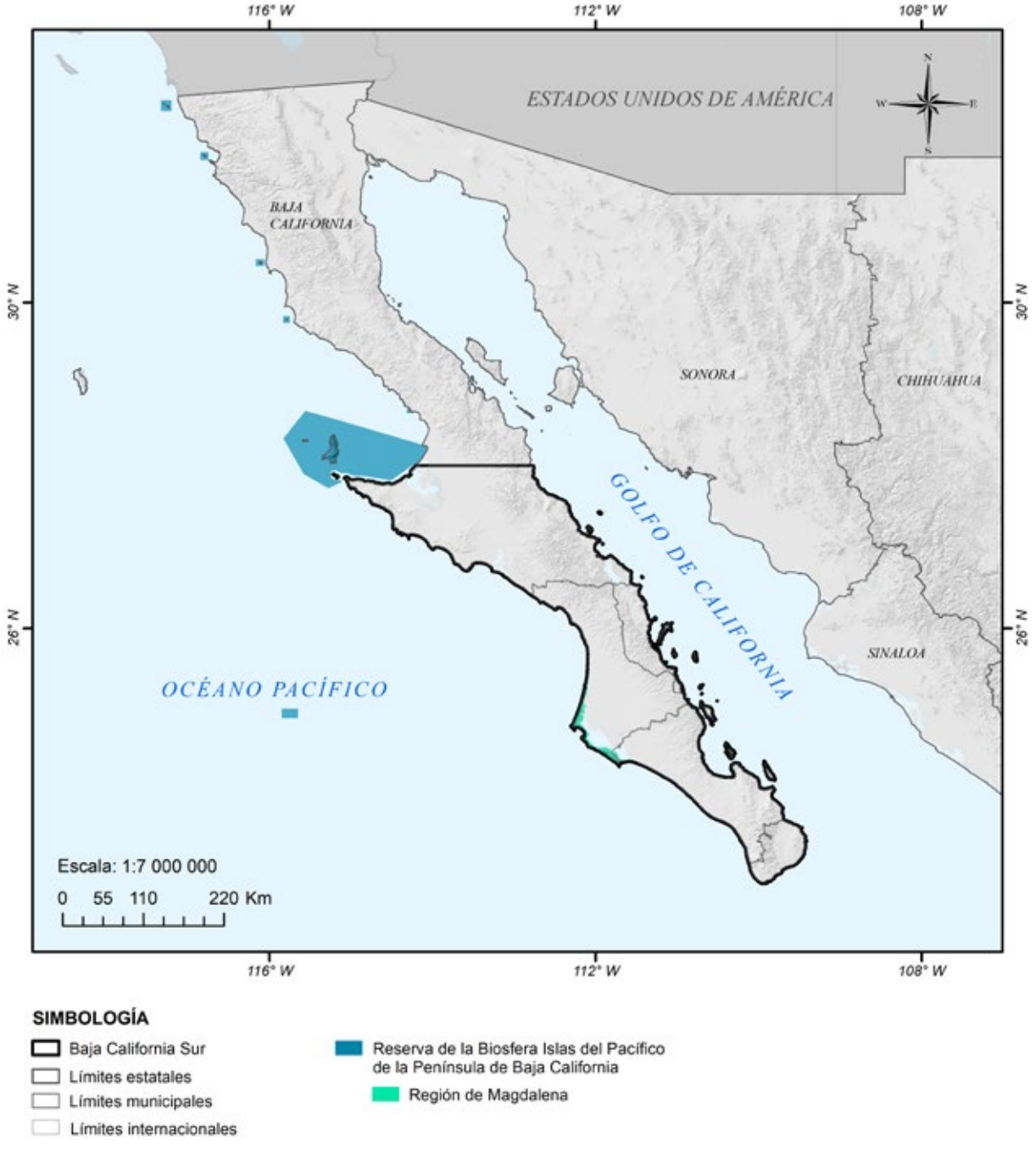


Figura 9. Localización de la ANP Reserva de la Biosfera Islas del Pacífico de la Península de Baja California; se destacan las islas en Magdalena. Fuente: CONANP 2018.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Figura 10. El nopal de Magdalena (*Opuntia pycnantha*) es un ejemplo de elementos endémicos de distribución restringida, con apenas algunas poblaciones dispersas en el ambiente desértico de la región. Foto: José Juan Pérez-Navarro 2018.

Tierras Bajas del Cabo

Esta área como parte de la región Los Cabos, es la de mayor diversidad florística, a pesar de que geográficamente no es la de mayor superficie. Consta de 932 *taxa* con un endemismo de 24%. Las familias más diversas son Fabaceae (113 *taxa*), Asteraceae (100) y Poaceae (84); mientras que los géneros con mayor número de *taxa* son *Euphorbia* (27), *Ipomoea* (20) y *Cyperus* (12). En el caso de las especies incluidas en la NOM-059, están presentes la espada acuática (*Echinodorus cordifolius*), la saya (*A. palmatifida*), el viejito ardilla (*Echinocereus sciurus*), la biznaga de San José (*F. townsendianus* var. *townsendianus*), el viejito del cabo (*Mammillaria capensis*), el viejito peninsular (*M. peninsularis*), el viejito de Moran (*Morangaya pensilis*), el nopal de Bravo (*O. bravoana*), los mangles botoncillo (*C. erectus*) y rojo (*R. mangle*), la jatrofa del cabo (*Jatropha giffordiana*), el palo escopeta (*Hesperalbizia occidentalis*), el palo fierro (*O. tesota*), los algodones silvestres (*G. davidsonii* y *G. harknessii*) y el sargazo de agua dulce (*Noveloa coulteriana*). Las especies exóticas invasoras registradas en la región son manto de cristo (*C. grandiflora*), higuerilla (*R. communis*), carrizo gigante (*A. donax*), zacate buffel (*C. ciliaris*) y pinos salados (*T. aphylla* y *T. ramosissima*).

En esta región se localizan dos ANP: 1) Parque Nacional Cabo Pulmo en el litoral del golfo de California, que incluye una parte del margen costero en la zona entre Las Barrancas y Los Frailes; 2) Área de Protección de Flora y Fauna Cabo San Lucas, incluye parte del margen costero de la bahía de San Lucas (figura 11; CONANP 2018). En ambas ANP la flora es representativa de desierto y de hábitats costeros (como marismas y dunas costeras, figura 12).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

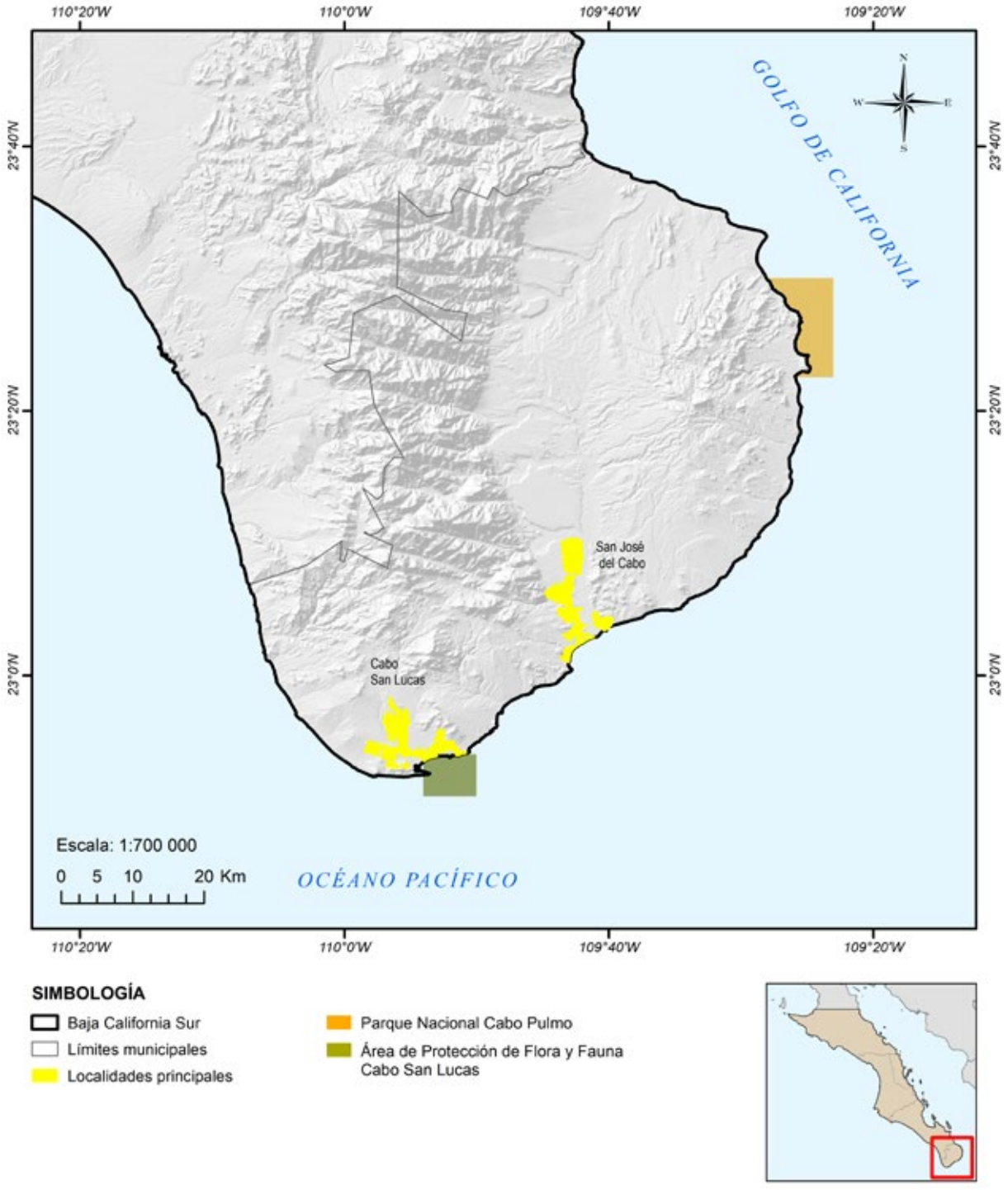


Figura 11. Localización de las ANP ubicadas en la subregión Tierras Bajas del Cabo. Fuente: CONANP 2018.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Figura 12. Ejemplos de la flora en Tierras Bajas del Cabo: a) gloria de la mañana de playas (*Oenothera drummondii* subsp. *thalassaphila*); b) viejito de pie de monte del Cabo (*Mammillaria phitauiana*); c) cardón barbón (*Pachycereus pecten-aboriginum*). Fotos: José Juan Pérez-Navarro.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Montañas del Cabo

Se ubica al sur del istmo de La Paz, en el extremo sur del estado; históricamente se ha reconocido como una isla biológica en el territorio peninsular (Wiggins 1980). Esta isla altitudinal alberga tipos de vegetación que otras islas de este tipo no tienen, o que son apenas fragmentos relictuales (p.e. el bosque de encinos o el bosque tropical seco). Su flora contiene 881 *taxa*, de los cuales 18% es endémico. Las familias de mayor diversidad son Poaceae (103 *taxa*), Asteraceae (91) y Fabaceae (88); mientras que los géneros más diversos son *Euphorbia* (19 *taxa*), *Cyperus* (18) y *Muhlenbergia* (16). Las siguientes especies se encuentran enlistadas en la NOM-059: pino de La Laguna (*Pinus cembroides* subsp. *lagunae*), trébol (*Trifolium wormskioldii*), viejito de Moran (*M. pensilis*), nopal de Bravo (*O. bravoana*), palo escopeta (*H. occidentalis*), biznaga de San José (F. *townsendianus* var. *townsendianus*), algodones silvestres (*G. davidsonii* y *G. harknessii*) y sargazo de agua dulce (*N. coulteriana*). Por otra parte, las especies invasoras que se encuentran en la región son: manto de cristo (*C. grandiflora*), higuerilla (*R. communis*), carrizo gigante (*A. donax*), zacate buffel (*C. ciliaris*) y pino salado (*T. aphylla*).

En este espacio geográfico se localiza la Reserva de la Biosfera Sierra La Laguna (figura 13; CONANP 2018), abarcando el centro montañoso de la región Los Cabos. Sus principales formaciones florísticas se componen de elementos de afinidad de clima templado (p.e. bosques de pino y encino, figura 14) y tropical (p.e. bosque tropical seco o deciduo). La flora que se establece en esta esta área, además de ser un recurso importante para otros grupos biológicos, también se reconoce por proveer servicios ecosistémicos primordiales para las poblaciones humanas en los municipios de Los Cabos y La Paz, como la captación y acumulación de agua subterránea. La conservación de esta ANP, y en general de las áreas protegidas, es de gran importancia por las funciones ecosistémicas que permiten mantener la viabilidad de centros de población humana en Baja California Sur.

Especies de importancia económica y cultural

En las comunidades rurales del estado, los recursos naturales son aprovechados de diversas maneras, que van desde autoconsumo hasta la comercialización en distintos mercados (Breceda *et al.* 1997). Asimismo, se presentan diversos usos de la flora silvestre, como alimenticio, medicinal, de ornato y para construcción (Lagunas-Vázques *et al.* 2013).

Alimenticio

Entre las especies que tienen este uso se encuentran: 1) consumo de semilla del encino (*Quercus brandegeei*) y caribe (*Cnidoscolus maculatus*); 2) consumo de los frutos del zalate (*Ficus petiolaris*), pitayas (*Stenocereus thurberi* y *S. gummosus*), dátil (*Phoenix dactylifera*) y ciruelo (*Cyrtocarpa edulis*); 3) condimentos como el orégano (*Lippia palmeri*) y chiltepín (*Capsicum annuum*); 4) verdura como el guamúchil (*Pithecellobium dulce*); y 5) consumo como té de damiana (*Turnera diffusa*), margarita (*Aloysia barbata*) y anís de monte (*Tagetes filifolia* y *T. micrantha*; Pío-León *et al.* 2017, 2018).

Forestal

Las especies empleadas para la construcción son carrizo (*Phragmites australis* subsp. *berlandieri*), palma de taco (*Brahea brandegeei*) y palmilla (*Washingtonia robusta*); mien-tras que para producir carbón están mezquite (*Prosopis articulata*), palo fierro o uña de gato (*O. tesota*) y palo hierro (*Prosopis palmeri*). Aunque para su explotación se requiere un permiso que otorga la autoridad, se observa que los usuarios de los recursos cada vez se extienden en un área mayor para encontrar arboles de tamaño deseado (Breceda *et al.* 1997). Algunas especies de importancia ornamental son la alfombrilla (*Abronia* spp.), varias especies de cactáceas como los viejitos (*Mammillaria* spp.) y el copalquín (*Pachycormus discolor*; León y Coria 1992).

Medicinal

Entre las plantas con usos terapéuticos se encuentran: 1) para el mal de orín el canutillo (*Russelia retrorsa*); 2) para anginas la planta de san miguelito (*Antigonon leptopus*); 3) para dolor de oídos el viejito (*Mammillaria dioica*); 4) para tos y gripe el orégano (*Lippia palmeri*); 5) para cicatrización de heridas y coagulación el cardón (*Pachycereus pringlei*); 6) para dolor de riñón

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

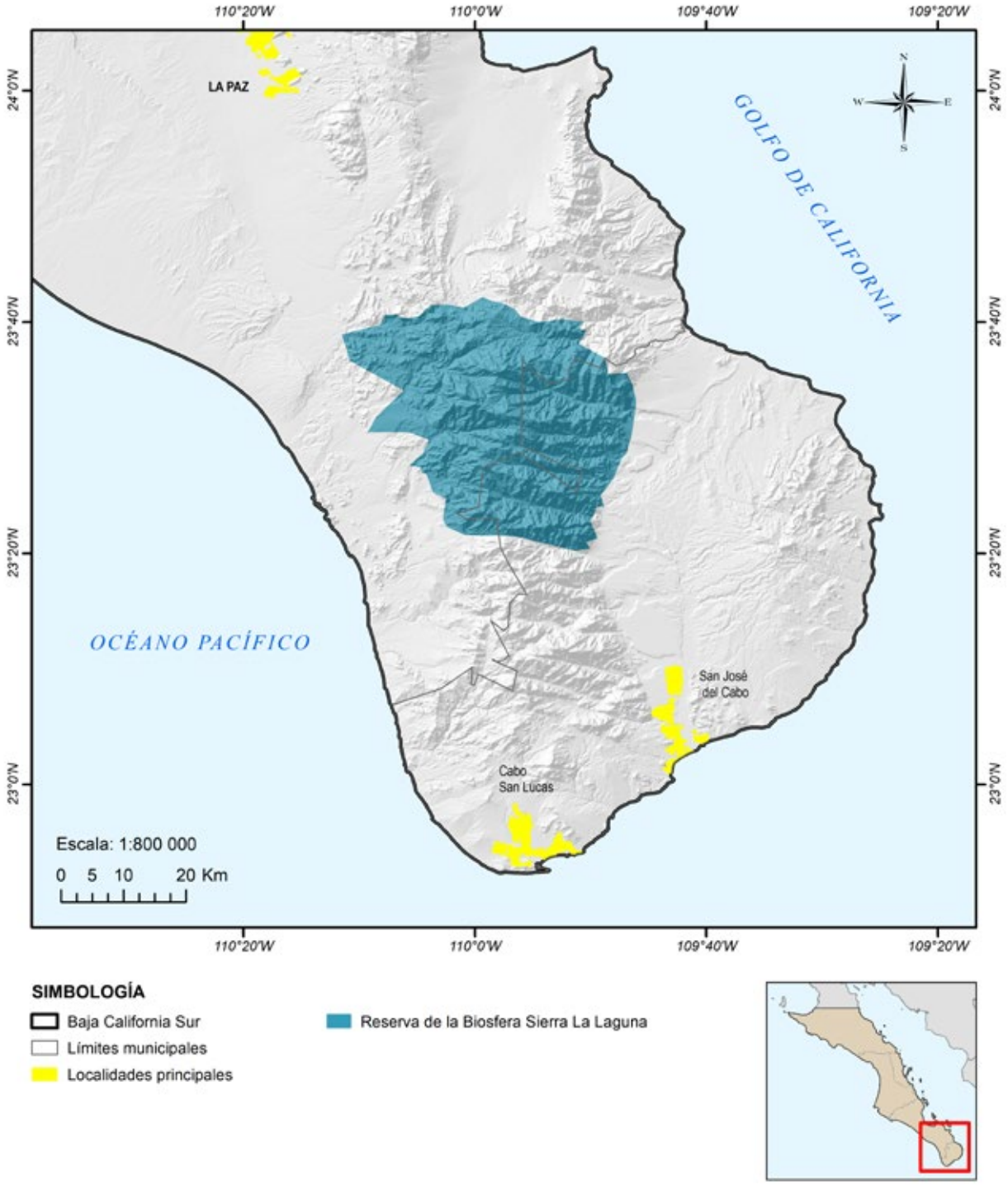


Figura 13. Localización de la ANP Reserva de la Biosfera Sierra La Laguna en las Montañas del Cabo. Fuente: CONANP 2018.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Figura 14. Los bosques templados (dominados por pino y encino) de las Montañas del Cabo se consideran refugios de biodiversidad, pero también proveen servicios ecosistémicos que deben priorizarse. Entre los componentes representativos de estos ambientes se encuentran: a) bosques con encino negro (*Quercus devia*); b) sotol (*Nolina beldingii*); c) nopal de La Laguna (*Opuntia lagunae*). Fotos: Víctor Hugo Luja/Banco de imágenes CONABIO.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

el tabardillo (*Calliandra peninsularis*); 7) para llagas y heridas la hierba del cáncer (*Acalypha comonduana*); 8) para dolor estomacal el mezquite (*P. articulata*); 9) para el tratamiento de heridas, heridas infectadas y cicatrizante el copal (*Bursera hindsiana*); 10) para reumatismo la gobernadora (*Larrea tridentata*); 11) como cicatrizante el lomboi blanco (*Jatropha cinerea*); y 12) para mordedura de víbora o piquete de mantarraya la pitaya dulce (*S. thurberi*; Dimayuga y Contreras 1992).

Es importante realizar estudios de las especies que tienen un uso intensivo (p.e. aquellas con uso maderable y medicinal) y determinar tanto la cantidad de extracción como el estado de conservación de las poblaciones naturales. Asimismo, es necesario recuperar el conocimiento sobre el aprovechamiento tradicional y fomentar que las nuevas generaciones valoren, conserven y usen sustentablemente los recursos naturales que poseen.

Conclusiones

Si bien México ocupa el cuarto lugar mundial en riqueza de plantas, Baja California Sur ocupa el lugar 28 respecto de la riqueza de especies por estado (Villaseñor 2016). Sin embargo, es imprescindible considerar que la flora estatal como parte de la biota peninsular, tiene millones de años de adaptación y especialización; lo anterior se refleja en que una de cada cuatro plantas tiene su distribución restringida a la península o el estado. El territorio estatal se encuentra en un proceso franco de cambio y deterioro (Rodríguez-Estrella 2007), por lo que la flora enfrenta un alto nivel de vulnerabilidad ante amenazas naturales y antropogénicas, especialmente aquellos elementos endémicos o microendémicos (Riemann y Ezcurra 2007).

Entre las principales amenazas para la flora sudcaliforniana destacan la pérdida de hábitat y la presencia de especies invasoras. El cambio de cobertura del suelo es resultado de actividades como el desarrollo urbano y turístico, desmontes agrícolas, la ganadería extensiva y la minería. El mayor crecimiento urbano se encuentra en la parte sur del estado, en las ciudades de La Paz y Los Cabos, amenazando especies microendémicas de gran interés evolutivo como el guayacán de Los Cabos (*Guaiacum unijugum*; McCauley *et al.* 2010). Por otra parte, hay especies invasoras que han incrementado su rango de distribución en los últimos años, por lo que sus efectos negativos sobre las especies nativas se encuentran en evaluación; se tiene documentado que cambian de manera importante la composición de especies en los hábitats invadidos, como los casos del manto de cristo (Rodríguez-Estrella *et al.* 2010), el zacate buffel (Garcillán *et al.* 2013) y el arbusto candelero (Pérez-Navarro y Rodríguez-Estrella 2020).

Referencias

APG IV. Angiosperm Phylogeny Group IV. 2016. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society* 181:1-20.

Arriaga, L., S. Díaz, R. Domínguez y J.L. León. 1997. Composición florística y vegetación. En: *Los oasis de la Península de Baja California*. L. Arriaga y R. Rodríguez-Estrella (eds.). CIBNOR, La Paz, pp. 69-106.

Axelrod, D.I. 1958. Evolution of the Madro-Tertiary geoflora. *The Botanical Review* 24(7):443-509.

Brandegee, T.S. 1892. The distribution of the flora of the Cape Region of Baja California. *Zoe* 3:223-230.

Breceda, A., L. Arriaga y R. Coria. 1997. Características socioeconómicas y usos de los recursos naturales en los oasis. En: *Los oasis de la Península de Baja California*. L. Arriaga y R. Rodríguez-Estrella (eds.). CIBNOR, La Paz, pp. 261-283.

CONANP. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 2014. *Estudio previo justificativo para el establecimiento del área natural protegida de competencia de la Federación con la categoría de Reserva de la Biosfera "Sierras La Giganta y Guadalupe", en el estado de Baja California Sur*. SEMARNAT, México.

—. 2018. *Región Península de Baja California y Pacífico Norte*. En: <https://www.gob.mx/conanp/documentos/region-peninsula-de-baja-california-y-pacifico-norte?state=published>, última consulta: febrero de 2021.

Dimayuga, R.E. y G. Contreras. 1992. Medicina tradicional de Baja California Sur, México. *Revista Médica IMSS México* 30(4):297-309.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Ezcurra, E., E. Mellink, E. Wehncke *et al*. 2006. Natural history and evolution of the world's deserts. En: *Global deserts outlook*. E. Ezcurra (ed.). UNEP, Nairobi, pp. 2-26.

Garcillán, P.P., C. González-Abraham y E. Ezcurra. 2012. Phytogeography, vegetation and ecological regions. En: *Baja California plant field guide*. J.P. Rebman y N.C. Roberts. San Diego Natural History Museum Publication, California, pp. 23-34.

Garcillán, P.P., C. González-Abraham, E. López-Reyes *et al*. 2013. Crossing the fence? Buffelgrass (*Cenchrus ciliaris* L.) spreading along the coastal scrub of Baja California, Mexico. *The Southwestern Naturalist* 58(3):370-375.

GBIF. Global Biodiversity Information Facility. 2019. *Free and open access to biodiversity data*. En: <http://www.gbif.org>, última consulta: noviembre 2019.

Lagunas-Vázques, M., E. Rubio y Fierro-Bandala, E.F. Cervantes-Martínez *et al*. 2013. Apropiación de la naturaleza por parte de las y los pobladores rurales de la REBIOSLA: análisis con enfoque de género en el uso de los recursos naturales. En: *Diagnóstico y análisis de los aspectos sociales y económicos en la Reserva de la Biosfera Sierra La Laguna, Baja California Sur, México*. M. Lagunas-Vázques, L.F. Beltrán-Morales y A. Ortega-Rubio (eds.). CIBNOR, La Paz, pp. 167-194.

Lapiedra, O., D. Sol, A. Traveset y M. Vilà. 2015. Random processes and phylogenetic loss caused by plant invasions. *Global Ecology and Biogeography* 24(7):774-785.

Lenz, L.W. 1993. *An annotated catalogue of the plants of Cape Region, Baja California Sur, Mexico*. Cape Press, Claremont.

León, J.L. y R. Coria. 1992. *Flora iconográfica de Baja California Sur*. CIBNOR, La Paz.

León, J.L. y R. Domínguez. 1989. Flora of the Sierra de la Laguna, Baja California Sur, México. *Madroño* 36:61-83.

León, J.L., J. Cancino y L. Arriaga. 1991. Capítulo 8. Asociaciones fisonómico-florísticas y flora. En: *La Reserva de la Biosfera El Vizcaíno de la Península de Baja California*. A. Ortega y L. Arriaga (eds.). Publicación No. 4. CIBNOR, La Paz, pp. 145-175.

León, J.L., R. Domínguez-Cadena y A. Medel Narváez. 2012. Florística de la selva baja caducifolia de la Península de Baja California, México. *Botanical Sciences* 90(2):143-162.

León, J.L., A. Medel-Narváez y R. Domínguez-Cadena. 2015. Floristic diversity and notes on the vegetation of bahía Magdalena area, Baja California Sur, México. *Botanical Sciences* 93(3):579-600.

León, J.L., J.J. Pérez-Navarro, M. Domínguez y R. Domínguez. 1999. *XVIII. Flora de la región del Cabo de Baja California Sur*. Instituto de Biología-UNAM, México.

León, J.L., J. Rebman, M. Domínguez-León y R. Domínguez-Cadena. 2008. The vascular flora and floristic relationships of the Sierra de La Giganta in Baja California Sur, Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 79:29-65.

McCauley, R.A., A.C. Cortés-Palomec y K. Oyama. 2010. Distribution, genetic structure, and conservation status of the rare microendemic species, *Guaiacum unijugum* (Zygophyllaceae) in the Cape Region of Baja California, Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 81:745-758.

MO. Missouri Botanical Garden, herbario. 2019. *Name search*. En: <http://www.tropicos.org/NameSearch.aspx>, última consulta: noviembre de 2019.

Moran, R. 1983. Appendix 4.5 Relictual northern plants on peninsular mountain tops. En: *Island biography in the sea of Cortés*. T.J. Case y M. Cody (eds.). University of California Press, California, pp. 408-410.

Pérez-Navarro, J.J. y R. Rodríguez-Estrella. 2020. The exotic invasive candle bush *Senna alata* (L.) Roxb. in Baja California Peninsula, México, a new threat for relictual oasis. *BioInvasions Records* 9(1):29-36.

Pérez-Navarro, J.J., R. Rodríguez-Estrella y A. González-Abraham. 2019. Human activity and geographical factors influence vegetation and plant richness in vanishing oases of Baja California peninsula. *Natural Areas Journal* 39:409-419.

Pío-León, J.F., F. Delgado-Vargas, J.L. León y A. Ortega-Rubio. 2017. Prioritizing wild edible plants for potential new crops based on deciduous forest traditional knowledge by a Rancher community. *Botanical Sciences* 95(1):47-59.

Pío-León, J.F., A. Nieto-Garibay, J.L. León *et al*. 2018. Plantas silvestres consumidas como tés recreativos por grupos de rancheros en Baja California Sur, México. *Acta Botanica Mexicana* 123:7-19.

PPG I. Pteridophyte Phylogeny Group I. 2016. A community-derived classification for extant lycophytes and ferns. *Journal of Systematics and Evolution* 54(6):563-603.

Rebman, J.P. y N.C. Roberts. 2012. *Baja California plant field guide*. San Diego Natural History Museum Publication, California.

Rebman, J.P., J. Gibson y K. Rich. 2016. Annotated checklist of the vascular plants of Baja California, Mexico. *Proceedings of the San Diego Society of Natural History* 45:1-353.

Rebman, J.P., J.L. León y R. Moran. 2002. Appendix 4.1 Vascular plants of the Gulf islands. En: *A new island biogeography of the sea of Cortés*. T.J. Case, M.L. Cody y E. Ezcurra (eds.). Oxford University Press, Nueva York, pp. 465-511.

Redfern, J. 2008. *Phylogeny and phylogeography of Fouquieriaceae: evolutionary history of a North American warm desert plant family*. Tesis de doctorado. The New Mexico University, Albuquerque.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Riddle, B.R., D.J. Hafner, L.F. Alexander *et al*. 2000. Cryptic vicariance in the historical assembly of a Baja California peninsular desert biota. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 97(26):14438-14443.

Riemann, H. y E. Ezcurra 2007. Endemic regions of the vascular flora of the Peninsula of Baja California, México. *Journal of Vegetation Science* 18:327-336.

Rodríguez-Estrella, R. 2007. Land use changes affect distributional patterns of desert birds in the Baja California Peninsula, Mexico. *Diversity and Distributions* 13:877-889.

Rodríguez-Estrella, R., J.J. Pérez-Navarro, B. Granados *et al*. 2010. The distribution of an invasive plant in a fragile ecosystem: the rubber vine (*Cryptostegia grandiflora*) in oases of Baja California Peninsula. *Biological Invasions* 12:3389-3393.

Rzedowski, J. 2006. *Vegetación de México*. 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.

—. 2019. *Modificación del anexo normativo III, Lista de especies en riesgo de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010*. Publicada el 4 de marzo de 2020 en el Diario Oficial de la Federación.

Shreve, F. 1951. Vegetation of the Sonoran Desert. En: *Vegetation and flora of the Sonoran Desert*. Vol. I. F. Shreve y I.L. Wiggins (eds.). Stanford University Press, Stanford, pp. 1-186.

SEINet. Southwest Environmental Information Network. 2019. *Welcome to SEINet*. En: <http://swbiodiversity.org/seinet/index.php>, última consulta: octubre de 2019.

Takhtajan, A. 1986. *Floristic regions of the world*. University of California Press, California.

Villaseñor, J.L. 2004. Los géneros de plantas vasculares de la flora de México. *Boletín de la Sociedad Botánica Mexicana* 75:105-135.

—. 2016. Checklist of the native vascular plants of Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 87:559-902.

Wiggins, I.L. 1951. Flora of the Sonoran Desert. En: *Vegetation and flora of the Sonoran Desert*. Vol. I y II. F. Shreve y I.L. Wiggins (eds.). Stanford University Press, Stanford.

—. 1980. *Flora of Baja California*. Stanford University Press, Standford.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Diversidad biológica e importancia de las praderas de pastos marinos

Karla Verónica Pedraza Venegas y Juan Manuel López Vivas

Introducción

Los pastos marinos o fanerógamas marinas son un grupo de plantas con flores que viven totalmente sumergidas en la zona intermareal y submareal de las costas de casi todo el mundo (Short *et al.* 2001, Den Hartog y Kuo 2006, Van Tussenbroek *et al.* 2010, Kuo *et al.* 2018). Su importancia ecológica radica en que forman densas praderas que intervienen en el reciclamiento de nutrientes, estabilizan los sedimentos, son zona de crianza para larvas y juveniles de especies de importancia comercial, y proveen alimento y refugio a peces y organismos bentónicos (Phillips y McRoy 1980, Phillips 1984, Duarte y Chiscano 1999, Oshima *et al.* 1999, Hemminga y Duarte 2000, Kemp 2000). Asimismo, son importantes sumideros marinos de carbono que ayudan a mitigar los efectos del cambio climático global (Van Tussenbroek *et al.* 2010).

Distribución y diversidad

La distribución de los pastos marinos en México es principalmente en estuarios, marismas, lagunas costeras y en zonas someras de las plataformas continentales, en sustratos como arena de grano fino o grueso, arcilla y sobre roca como en el caso del género *Phyllospadix* (Romeu 1996). En las costas de Baja California Sur se distribuyen tres especies de pastos marinos típicas de zonas templadas: *Zostera marina*, *Phyllospadix scouleri* y *P. torreyi*; así como dos especies de zonas tropicales: *Halodule wrightii* y *Halophila decipiens* (Lot-Helgueras 1971, Ibarra-Obando y Ríos 1993); además de *Ruppia maritima* reportada por Ramírez-García y Lot-Helgueras (1994). *Zostera marina* (figura 1) es considerada la especie dominante ya que está presente en casi todas las lagunas costeras que bordean la península; las praderas que forma son perennes con excepción de las situadas en bahía Concepción que tienen un ciclo anual (figura 2; Ibarra-Obando *et al.* 1997, Meling-López e Ibarra-Obando 1999, Santamaría-Gallegos *et al.* 2000, Cabello-Pasini *et al.* 2003, López-Calderón *et al.* 2013, Riosmena-Rodríguez *et al.* 2013).

Phyllospadix scouleri y *P. torreyi*

De las cinco especies de *Phyllospadix* reportadas para el mundo, en México *P. scouleri* (figura 3) y *P. torreyi* se encuentran exclusivamente en la costa occidental de la Península de Baja California. La distribución de ambas especies va desde el norte en isla Coronado (Tijuana, Baja California), hasta el sur en isla Santa Margarita (Comondú); incluso se ha considerado la localidad Conquista Agraria (23° 57' 20" N, 110° 52' 26" O) como límite

Pedraza-Venegas, K.V. y J.M. López-Vivas. 2025. Diversidad biológica e importancia de las praderas de pastos marinos. En: *La biodiversidad en Baja California Sur. Estudio de Estado*. Vol. II. CONABIO/FFB, México, pp. 120-129.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Figura 1. Pradera de *Zostera marina* en laguna Ojo de Liebre. Foto: Karla Verónica Pedraza-Venegas.

de distribución de *P. scouleri* (figura 2; Ibarra-Obando y Ríos 1993, Ramírez-García *et al.* 2002, Pedraza-Venegas 2019).

Halodule wrightii

Se encuentra en el Pacífico oriental tropical desde el golfo de California hasta el golfo de Panamá (Short *et al.* 2010), con presencia en las bahías de La Paz y Concepción; en esta última destaca la localidad de El Requesón (figura 2; Santamaría-Gallegos 2007).

Halophila decipiens

Presenta escasa distribución en el Pacífico mexicano (Santamaría-Gallegos 2007, Van Tussenbroek *et al.* 2010). En el golfo de California hay praderas de esta especie en bahía Concepción (Mulegé), junto con *Z. marina* y *H. wrightii*, y en bahía de La Paz (La Paz) también asociada con *H. wrightii* (figura 2).

Ruppia maritima

Se localiza en 11 sitios, que van desde la isla Ángel de la Guarda (Mexicali) en Baja California, hasta Cabo San Lucas (Los Cabos) en el extremo sur de Baja California Sur (Ramírez-García y Lot-Helgueras 1994). Destacan la laguna San Ignacio, Cabo San Lucas, las bahías de La Paz, Balandra, Concepción, y San José del Cabo (figura 2; López-Calderón *et al.* 2010).

Ecología y productividad

Uno de los aspectos más importantes de las praderas de pastos marinos es su influencia sobre las pesquerías, y una de las que más ingresos deja a la entidad es

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

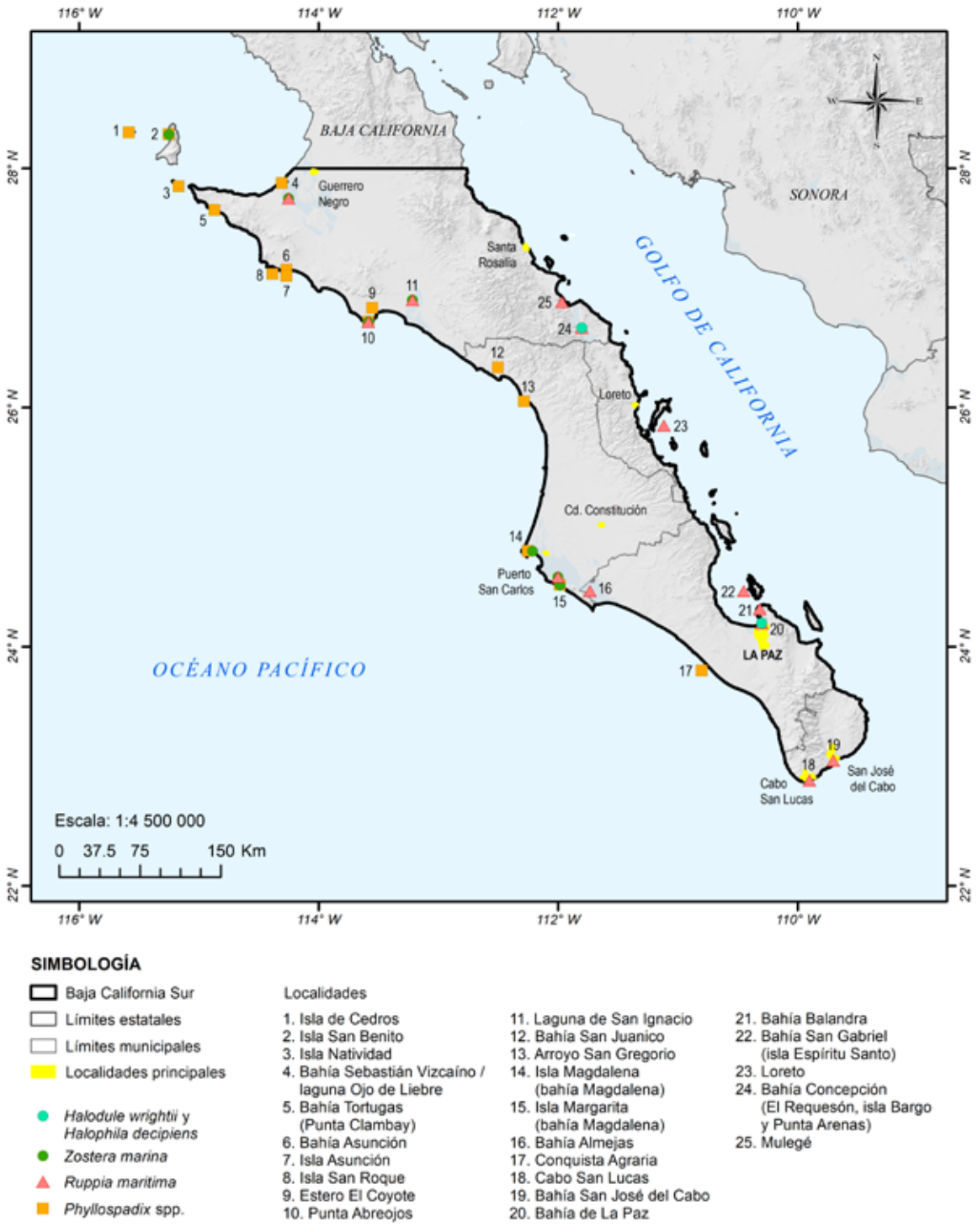


Figura 2. Distribución de pastos marinos en la entidad. Fuente: elaboración propia con datos de Den Hartog 1970, Ramírez-García y Lot-Helgueras 1994, Riosmena-Rodríguez y Sánchez-Lizaso 1996, Sánchez-Lizaso y Riosmena Rodríguez 1997, Santamaría-Gallegos *et al.* 2000, 2001, 2007, Cabello-Pasini *et al.* 2003, Carrera-González y De la Fuente-León 2003, Ramírez-Rodríguez *et al.* 2004, Muñiz-Salazar *et al.* 2005, Hernández-Carmona *et al.* 2007, López-Calderón y Riosmena-Rodríguez 2010, Riosmena-Rodríguez *et al.* 2010, Rodríguez-Salinas *et al.* 2010, CONAPESCA 2014, Pedraza-Venegas 2019.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

la pesquería de abulón (*Haliotis* spp.). Durante 2017 la pesquería de abulón tuvo un peso desembarcado de 221.65 t a nivel nacional, de las cuáles 126.31 t corresponden a la producción de Baja California Sur, lo que equivale a un valor de producción de casi 41 millones de pesos (cuadro 1; SIAP 2017).



Figura 3. *Phyllospadix scouleri*, en bahía Magdalena. Foto: Karla Verónica Pedraza-Venegas.

Cuadro 1. Producción pesquera por especie en 2017 para Baja California Sur.

Nombre común	Nivel	Peso vivo (t)	Peso desembarcado (t)	Valor de la producción (millones de pesos)	Precio (pesos por kg)
Abulón	Nacional	272.70	221.65	76.228	324.09
	Estatal	159.05	126.31	40.935	
Almeja	Nacional	15 481.09	14 804.80	580.863	32.66
	Estatal	4 364.12	3 605.71	117.751	
Cabrilla	Nacional	7 854.17	7 585.65	116.373	14.16
	Estatal	6 315.00	6 062.95	85.849	
Jaiba	Nacional	48 602.48	48 508.82	753.463	15.48
	Estatal	1 277.04	1 273.44	19.718	
Langosta	Nacional	5 190.27	5 127.47	953.097	188.93
	Estatal	2 484.79	2 484.78	469.453	

Fuente: elaboración propia con datos de SIAP 2017.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

El abulón (*Haliotis fulgens*) consume diferentes especies de macroalgas como *Sargassum* sp., *Eisenia arborea* y *Cryptopleura crispa*, aunque su dieta también está conformada (aproximadamente 32%) por el pasto marino *Phyllospadix torreyi* (figura 4; Serviere-Zaragoza *et al.* 1998, López-Calderón 2012). Los pastos marinos no solo son fuente de alimento, sino que también sirven como refugio para esta y otras especies de importancia comercial.

En bahía Tortugas se ha reportado la presencia del pasto *P. torreyi* en los estómagos de la langosta roja (*Panulirus interruptus*), lo que sugiere que es parte de la dieta de la langosta y su ingesta no es accidental (figura 5; Díaz-Arredondo y Guzmán del Próo 1995). La pesquería de langosta es una de las más importantes en la península por la generación de divisas y empleos (INAPESCA 2018b). Durante 2017, a nivel nacional se obtuvo una producción de 5 127.47 t (peso desembarcado) lo que arrojó un valor de producción de 953 millones de pesos, de los cuales Baja California Sur fue el que aportó el mayor peso desembarcado con 2 484.78 t con un valor de producción de poco más de 469 millones de pesos (cuadro 1; SIAP 2017). Por ello, es de vital interés conservar las praderas para continuar la explotación sustentable de este valioso recurso pesquero.

Otra asociación importante ocurre entre el callo de hacha (*Atrina* sp.) y las praderas de *Z. marina* (López-Calderón 2012). La presencia de las praderas de pastos marinos es fundamental para mantener el hábitat y la pesquería de callo de hacha en la laguna de San Ignacio. Se ha observado que el esfuerzo sobre la pesca de este producto y su valor económico han aumentado desde hace 16 años, así como la presión sobre las praderas de pastos marinos. En Baja California Sur, la



Figura 4. *Haliotis* sp. en pradera de *Phyllospadix scouleri*, localidad de San Juanico, Baja California Sur. Foto: Karla Verónica Pedraza-Venegas.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Figura 5. Uno de los recursos pesqueros más importantes en el estado es la langosta *Panulirus* sp., presente en las praderas de *Phyllospadix scouleri* de bahía Magdalena. Foto: Karla Verónica Pedraza-Venegas.

captura de callo de hacha presentó una tendencia positiva hasta 2013 con el registro histórico de 1 400 t; y en 2014 y 2015, se registraron 600 t (SAGARPA 2018). De acuerdo con el Instituto Nacional de Pesca (INAPESCA 2018a), en el litoral del Pacífico, la producción de callo de hacha en el estado fue de 19.61% del total nacional. Otros productos pesqueros beneficiados por las praderas de pastos marinos en el estado son la almeja catarina, la cabrilla y la jaiba (cuadro 1).

Respecto a las aves, se ha identificado que varias especies migratorias (p.e. patos y gansos) se alimentan de pastos marinos. Un caso particular es la branta negra (*Branta bernicla nigricans*), especie que migra desde Alaska para pasar el invierno en las lagunas costeras de la Península de Baja California, donde se alimenta exclusivamente de *Zostera marina* (Ward 1983, Ward y Stehn 1989, Romeu 1996). Por su parte, en estudios sobre contenido estomacal en la tortuga prieta (*Chelonia mydas agassizii*), se tiene registro del consumo de los pastos marinos *P. torreyi* y *Z. marina*, además de macroalgas como *Gelidium robustum*, *Sargassum sinicola* y *Ulva* sp. (López-Mendilaharsu *et al.* 2003).

La producción pesquera del litoral sudcaliforniano en 2017 (cifras preliminares) fue de 118 868 t, lo que representó 11% del total de la producción en México y situó al estado en el tercer lugar a nivel nacional en volumen de producción. Destacaron las pesquerías de langosta, abulón, camarón, almeja y guachinango con una producción registrada de 10 135 t, de las cuales las principales especies de exportación fueron: langosta, abulón y almeja generosa con poco más de 1 500 t (SADER 2018).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Puerto San Carlos, ubicado en bahía Magdalena, es el puerto con el mayor volumen de descarga de productos del mar del estado (API-BCS 2020). Sin embargo, debido al incremento en la temperatura superficial del mar, detectada desde 2010 y probablemente a la sobrepesca, la captura de varias especies de importancia comercial ha disminuido drásticamente. Por ello, es necesario determinar los cambios en la productividad y las condiciones ambientales de bahía Magdalena para contar con elementos que permitan desarrollar la pesca y la acuicultura de manera que se perturbe de la menor manera posible al ecosistema (INAPESCA 2018b).

Por otra parte, se identificó que la producción de algunos recursos como las almejas catarina y chocolata (figura 6), callo de hacha y camarón, decayó en 2014, 2015 y 2016. Lo anterior coincide con la desaparición de las praderas de pastos marinos, probablemente por la incidencia de anomalías de temperatura positivas, conocidas en su conjunto como El Blob (2013-2015) y el fenómeno de El Niño, principalmente en bahía Magdalena durante 2015 y parte de 2016 (INAPESCA 2018b, Pedraza-Venegas 2019). Cabe señalar que las pesquerías de abulón y langosta también disminuyeron en ese mismo período de tiempo (Valdéz-Romero 2016).

Conclusiones

En la actualidad existe una gran demanda por establecer cultivos de moluscos y otras especies que permitan generar un impacto económico favorable; no obstante, para que esto suceda de manera ordenada y sustentable es necesario conocer el hábitat y sus variaciones (INAPESCA 2018b). Actualmente no existen estudios de largo plazo sobre la cobertura de pastos marinos en la Península de Baja California, pero se sabe que las poblaciones se han visto amenazadas por factores ambientales, principalmente temperatura y actividades antropogénicas en las costas.

Las praderas de pastos marinos son de gran importancia para la economía del estado. Por ello, se debe poner atención en los cambios que pudieran presentarse en estos ecosistemas, debido a que su pérdida puede modificar la composición, abundancia y diversidad del resto de la biota asociada (Kikuchi y Pérès 1977, Hemminga y Duarte 2000).

En este sentido, es necesario llevar a cabo estudios en los que se evalúe el impacto de las pesquerías en las praderas de pastos marinos. Cabe señalar que casi todas las especies de pastos marinos en Baja California Sur ya se encuentran protegidas por la NOM-059 (excepto *Ruppia maritima*; SEMARNAT 2010).



Figura 6. Pesquería de la almeja chocolata (*Megapitaria squalida*), en bahía Magdalena. Foto: Programa de Investigación en Botánica Marina.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Asimismo, algunas de las praderas más importantes se ubican dentro de áreas naturales protegidas, por lo que se espera que estas medidas –en sinergia con otras estrategias– favorezcan la conservación de estos ecosistemas.

Referencias

API-BCS. Administración Portuaria Integral de Baja California Sur. 2020. *Puerto de San Carlos*. En: <https://www.apibcs.com.mx/puerto-de-san-carlos/>, última consulta: 23 de febrero de 2020.

Cabello-Pasini, A., R. Muñiz-Salazar y D.H. Ward. 2003. Annual variations of biomass and photosynthesis in *Zostera marina* at its southern end of distribution in the north Pacific. *Aquatic Botany* 76(1):31-47.

Carrera-González, E. y G. De la Fuente-León. 2003. *Inventario y clasificación de humedales en México*. Parte I. Ducks Unlimited de México A.C., México.

CONAPESCA. Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca. 2014. *Cuadro de la producción pesquera por oficina de pesca del año 2014*. En: <https://datos.gob.mx/busca/dataset/produccion-pesquera/resource/bf5f0047-75e6-4047-b3d1-e1eebf83c347>, última consulta: 3 de enero de 2020.

Den Hartog, C. 1970. *The sea grasses of the world*. North-Holland Publishing Company, Amsterdam.

Den Hartog, C. y J. Kuo. 2006. Taxonomy and biogeography of seagrasses. En: *Seagrasses: Biology, ecology and conservation*. A.W.D. Larkum, R.J. Orth y C.M. Duarte (eds.). Springer Netherlands, Países Bajos, pp. 1-23.

Díaz-Arredondo, M.A. y S.A. Guzmán del Próo. 1995. Hábitos alimentarios de la langosta roja (*Panulirus interruptus* Randall, 1840) en bahía Tortugas, Baja California Sur. *Ciencias Marinas* 21(4):439-462.

Duarte, C.M. y C.L. Chiscano. 1999. Seagrass biomass and production: a reassessment. *Aquatic Botany* 65(1-4):159-174.

Hemminga, M.A. y C.M. Duarte. 2000. *Seagrass ecology*. Cambridge University Press, Reino Unido.

Hernández-Carmona, G., E. Serviere-Zaragoza, R. Riosmena-Rodríguez e I. Sánchez-Rodríguez. 2007. Flora marina del sistema lagunar de bahía Magdalena-Bahía Almejas. En: *Estudios ecológicos en bahía Magdalena*. R. Funes-Rodríguez, J. Gómez Gutiérrez y R. Palomares-García (eds.). CICIMAR-IPN, La Paz, pp. 113-126.

Ibarra-Obando, S.E. y R. Ríos. 1993. Ecosistemas de fanerógamas marinas. En: *Biodiversidad marina y costera de México*. S.I. Sálazar-Vallejo y N.E. González (eds.). CONABIO/CIQROO, México, pp. 54-65.

Ibarra-Obando, S.E., C.F. Boudouresque y M. Roux. 1997. Leaf dynamics and production of a *Zostera marina* bed near its southern distributional limit. *Aquatic Botany* 58(2):99-112.

INAPESCA. Instituto Nacional de Pesca. 2018a. *Establecimiento de veda para Callo de hacha*. En: <https://www.gob.mx/inapesca/prensa/establecimientpo?idiom=es>, última consulta: 23 de enero de 2020.

—. 2018b. *Segundo informe de autoevaluación 2018*. En: <https://www.inapesca.gob.mx/portal/documentos/transparencia/planes-programas-informes/Informe-de-Autoevaluacion-2T2018.pdf>, última consulta: 20 de octubre de 2020.

Kemp, W.M. 2000. Seagrass ecology and management: an introduction. En: *Seagrasses: monitoring, ecology, physiology, and management*. S.A. Bortone (ed.). CRC Press, Florida, pp. 1-6.

Kikuchi, T. y J.M. Pérès. 1977. Consumer ecology of seagrass beds. En: *Seagrass ecosystems, a scientific perspective*. C.P. McRoy y C. Helfferich (eds.). Marcel Dekker, Nueva York, pp. 147-193.

Kuo, J., M.L. Cambridge y H. Kirkman. 2018. Anatomy and structure of Australian seagrasses. En: *Seagrasses of Australia. Structure, ecology and conservation*. A.W.D. Larkum, G.A. Kendrick y P.J. Ralph (eds.). Springer International Publishing, Nueva York, pp. 93-125.

López-Calderón, J.M. 2012. *Áreas críticas para la conservación de Zostera marina en lagunas costeras del noroeste Mexicano*. Tesis de doctorado. UABCS, Baja California Sur.

López-Calderón, J. y R. Riosmena-Rodríguez. 2010. Pastos marinos en laguna San Ignacio, Baja California Sur: Un ecosistema desatendido. *Biodiversitas* 93:7-10.

López-Calderón, J.M., R. Riosmena-Rodríguez, J.M. Rodríguez-Baron *et al.* 2010. Outstanding appearance of *Ruppia maritima* along Baja California Sur, México and its influence in trophic networks. *Marine Biodiversity* 40(4):293-300.

López-Calderón, J.M., J. Torre-Cosio, A. Meling *et al.* 2013. Conservation status of *Zostera marina* populations at Mexican Pacific. En: *Advances in environmental research*. J.A. Daniels (ed.). Nova Science Publishers, Nueva York, pp. 35-63.

López-Mendilaharsu, M., S.C. Gardner, J.A. Seminoff y R. Riosmena-Rodríguez. 2003. Feeding ecology of the east Pacific green

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

turtle (*Chelonia mydas agassizii*) in bahía Magdalena, BCS. México. En: *22nd Annual Symposium on Sea Turtle Biology and Conservation*. J.A. Seminoff (comp.). USDC/NOAA/NMFS/SFSC, Miami, pp. 219-220.

Lot-Helgueras, A. 1971. Estudios sobre fanerógamas marinas en las cercanías de Veracruz, Ver. *Anales del Instituto de Biología-UNAM* serie botánica 42(1):1-48.

Meling-López, A.E. y S.E. Ibarra-Obando. 1999. Annual life cycles of two *Zostera marina* L. populations in the Gulf of California: contrasts in seasonality and reproductive effort. *Aquatic Botany* 65(1-4):59-69.

Muñiz-Salazar, R., S.L. Talbot, G.K. Sage *et al.* 2005. Population genetic structure of annual and perennial populations of *Zostera marina* L. along the Pacific coast of Baja California and the Gulf of California. *Molecular Ecology* 14(3):711-722.

Oshima, Y., J.M. Kishi y T. Sugimoto. 1999. Evaluation of the nutrient budget in a seagrass bed. *Ecological Modelling* 115(1):19-33.

Pedraza-Venegas, K.V. 2019. Distribución espacio-temporal y efecto de la temperatura en praderas de *Phyllospadix scouleri* en tres localidades de BCS. Tesis de doctorado. UABCS, Baja California Sur.

Phillips, R.C. 1984. *The ecology of eelgrass meadows in the Pacific northwest: a community profile*. FWS/USDA/Corps of Engineers/USDI, California.

Phillips, R.C. y C.P. McRoy. 1980. *Handbook of seagrass biology: an ecosystem*. Garland STPM Press, Nueva York.

Ramírez-García, P. y A. Lot-Helgueras. 1994. La distribución del manglar y de los "pastos marinos" en el golfo de California, México. *Anales del Instituto de Biología-UNAM* serie botánica 65(1):63-72.

Ramírez-García, P., J. Terrados, F. Ramos *et al.* 2002. Distribution and nutrient limitation of surfgrass, *Phyllospadix scouleri* and *Phyllospadix torreyi*, along the Pacific coast of Baja California (México). *Aquatic Botany* 74(2):121-131.

Ramírez-Rodríguez, M., C. López-Ferreira y A. Hernández-Herrera. 2004. Atlas de localidades pesqueras: Baja California, Baja California Sur y Sonora. CICIMAR-IPN/CONAPESCA, La Paz.

Riosmena-Rodríguez, R. y J.L. Sánchez-Lizaso. 1996. The southern distributional limit of *Zostera marina* L. and *Phyllospadix torreyi* Watson for northwestern Mexico. *Oceanides* 11(1):45-48.

Riosmena-Rodríguez, R., A. Talavera-Sáenz, B. Acosta-Vargas y S.C. Gardner. 2010. Heavy metals dynamics in seaweeds and seagrasses in bahía Magdalena, BCS, México. *Journal of Applied Phycology* 22(3):283-291.

Riosmena-Rodríguez, R., R. Muñiz-Salazar, J.M. López-Calderón *et al.* 2013. Conservation status of *Zostera marina* populations at Mexican Pacific. *Advances in Environmental Research* 27(2):10-13.

Rodríguez-Salinas, P., R. Riosmena-Rodríguez, G. Hinojosa-Arango y R. Muñiz-Salazar. 2010. Restoration experiment of *Zostera marina* L. in a subtropical coastal lagoon. *Ecological Engineering* 36(1):12-18.

Romeu, E. 1996. Pastos marinos, una cuna para la biodiversidad. *Biodiversitas* 5:10-14.

SADER. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. 2018. *Actividad Pesquera en Baja California Sur*. En: <https://www.gob.mx/agricultura/bajacaliforniasur/articulos/actividad-pesquera-en-baja-california-sur?idiom=es>, última consulta: 23 de enero de 2020.

SAGARPA. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 2018. *Acuerdo por el que se da a conocer la actualización de la Carta Nacional Pesquera*. Publicado el 11 de junio de 2018 en el Diario Oficial de la Federación.

Sánchez-Lizaso, J. y R. Riosmena Rodríguez. 1997. Macroalgas epífitas de *Zostera marina* L. en bahía Concepción, BCS, México. *Océanides* 12(1560-8433):55-59.

Santamaría-Gallegos, N.A. 2007. Estudio de las praderas de fanerógamas marinas en Baja California Sur (México): ciclo de vida y estrategias reproductivas de *Zostera marina*, *Halodule wrightii* y *Halophila decipiens*. Tesis de doctorado en ciencias del mar y biología aplicada. Universidad de Alicante, España.

Santamaría-Gallegos, N., R. Riosmena Rodríguez y J.L. Sánchez Lizaso. 2001. Las praderas de *Zostera marina* (L.) en la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno, México. En: *Actas de las I Jornadas Internacionales sobre Reservas Marinas*. J.L. Sánchez Lizaso, N. Santamaría Gallegos y R. Riosmena Rodríguez (eds.). Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, España, pp. 135-146.

Santamaría-Gallegos, N.A., J.L. Sánchez-Lizaso y E.F. Félix-Pico. 2000. Phenology and growth cycle of annual subtidal eelgrass in a subtropical locality. *Aquatic Botany* 66(4):329-339.

Santamaría-Gallegos, N.A., E.F. Félix-Pico, J.L. Sánchez-Lizaso y R. Riosmena-Rodríguez. 2007. Ecología de la fanerógama *Zostera marina* en el sistema lagunar bahía Magdalena-bahía Almejas. En: *Estudios ecológicos en bahía Magdalena. La Paz, Baja California Sur, México*. R. Funes-Rodríguez, J. Gómez-Gutiérrez, R. Palomares-García (eds.). CICIMAR-IPN, La Paz, pp. 101-112.

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

Serviere-Zaragoza, E., D. Gómez-López y G. Ponce-Díaz. 1998. The natural diet of the green abalone (*Haliotis fulgens philippi*) in the southern part of its range, Baja California Sur, México, assessed by an analysis of gut contents. *Journal of Shellfish Research* 17(3):777-782.

Short, F.T., R.G. Coles y C. Pergent-Martini. 2001. Global seagrass distribution. En: *Global seagrass research methods*. F.T. Short, R.G. Coles y A.C. Short (eds.). Elsevier, Amsterdam, pp. 5-25.

Short, F.T., T.J.R. Carruthers, B. Van Tussenbroek y J. Zieman. 2010. *Halodule wrightii*. En: <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2010-3.RLTS.T173372A7001725.en.>, última consulta: 21 de octubre de 2020.

SIAP. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2017. *Producción pesquera por especie*. En: <http://www.campomexicano.gob.mx/raw_pesca_gobmx/seccionar_especie.php>, última consulta: 3 de abril de 2020.

Valdéz-Romero, J. 2016. *Pescador de langosta, lenguado, camarón y otros recursos pesqueros en bahía Magdalena*. Comunicación personal, octubre.

Van Tussenbroek, B.I., M.G. Barba-Santos, J.G. Ricardo-Wong *et al.* 2010. *Guía de los pastos marinos tropicales del Atlántico oeste*. UNAM, México.

Ward, D.H. 1983. *The relationship of two seagrasses: Zostera marina and Ruppia maritima to the black brant, Branta bernicla nigricans, at San Ignacio lagoon, Baja California México*. Eugene, Oregon.

Ward, D.H. y R.A. Stehn. 1989. *Response of brant and other geese to aircraft disturbance at Izembek Lagoon, Alaska*. USFWS, Anchorage.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Diversidad parasitaria en organismos de ambientes marinos

María del Carmen Gómez del Prado Rosas y Horacio Lozano Cobo

Introducción

Baja California Sur ocupa la mitad sur de la Península de Baja California, y sus costas representan 25.7% del total para el litoral nacional del océano Pacífico y golfo de California (Hernández-Vicent 1998). Las características oceanográficas, batimétricas y topográficas del litoral sudcaliforniano privilegian la presencia de una gran riqueza de especies animales y vegetales en el medio marino. Una de ellas es la diversidad parasitaria, relación ecológica que se encuentra muy extendida en el reino animal.

El número de especies de parásitos en un hospedero depende de varios factores interrelacionados; algunos de estos factores son atribuibles al hospedero o al ambiente en el que vive, mientras que otros son inherentes a la biología del parásito. Es por ello que la fauna parasitaria puede aportar una nueva dimensión al entendimiento de las interacciones ecológicas, a los patrones de distribución de los hospederos y a la compleja historia de muchas regiones y biotas (Pérez-Ponce de León y García-Prieto 2001).

Manter (1966) reconoció a los helmintos o gusanos parásitos como elementos clave para comprender la historia de la biota, al establecer su importancia como indicadores filogenéticos, ecológicos y biogeográficos de sus hospederos. En este sentido, los helmintos han sido utilizados como pruebas contemporáneas de biodiversidad, y como organismos que permiten monitorear el estado de los ecosistemas (Pérez-Ponce de León y García-Prieto 2001). Asimismo, el estudio de los parásitos puede proveer información sobre el medio ambiente y el manejo de recursos, debido a que muchos de ellos tienen ciclos de vida complejos y dependen de las relaciones depredador-presa para su transmisión de un hospedero a otro, por lo que se obtiene información valiosa sobre el estrés ambiental, cadenas tróficas y biodiversidad (Marcogliese 2003).

Cabe señalar que los parásitos regulan las poblaciones de hospederos y estructuran las comunidades de animales silvestres; además, pueden influir de manera decisiva en las prácticas de conservación. Esto se debe a que son fuente importante de información sobre los ecosistemas (Poulin 1999), proveen analogías o modelos predictivos de comunidades biológicas que pueden responder a perturbaciones ecológicas y al cambio global (climatológico o antropogénico) u otras actividades humanas, como la introducción de especies ligadas al desarrollo de enfermedades nuevas en humanos, en organismos domésticos o de vida silvestre (Hoberg *et al.* 2003). Por lo anterior, los parásitos ha sido utilizados como marcadores biológicos (Sharom 1987, Moser 1991, MacKenzie 1993).

Gómez del Prado-Rosas, M.C. y H. Lozano-Cobo. 2025. Diversidad parasitaria en organismos de ambientes marinos En: *La biodiversidad en Baja California Sur. Estudio de Estado*. Vol. II. CONABIO/FFB, México, pp. 131-143.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Estos organismos pueden afectar la abundancia de diferentes especies animales de la misma manera como lo harían los depredadores tope, lo cual puede justificar la inclusión del parasitismo como una fuerza biótica capaz de determinar la biodiversidad de las comunidades (Poulin 1999). Particularmente en peces, el estudio de parásitos ha permitido conocer aspectos biológicos importantes de sus hospederos, como:

- Migraciones (Sindermann 1957, MacKenzie 1988).
- Identificación de poblaciones y reclutamiento (Arthur 1983, Leaman y Kabata 1987).
- Variación en la susceptibilidad de infección de los parásitos en relación con la edad y hábitos alimentarios de los hospederos (Arai y Kussat 1967, MacKenzie 1990).
- Relación con las condiciones ambientales del hospedero y su comportamiento (Le Brun *et al*. 1990, Balbuena y Raga 1994).
- Fluctuaciones en número y tipos de parásitos según las estaciones del año en un determinado hospedero y lugar (Grutter 1994, Marcogliese 2001, Chibani y Rokicki 2004, Genc *et al*. 2005, Cavaleiro y Santos 2009).

La vejez del hospedero tiene como consecuencia una serie de cambios que se suscitan a nivel fisiológico, lo cual incluye cambios en su estructura, conducta, modo de vida, dieta, sexo y susceptibilidad de contraer más infecciones (Rhode 1986, Bush *et al*. 1990, Guégan y Kennedy 1993, Kennedy 1993). Otro aspecto es el que se refiere a la riqueza de parásitos de hospederos con hábitos solitarios y con hábitos gregarios, donde Ranta (1992) caracterizó la fauna parásita en unos y otros. Finalmente, Ferdig y colaboradores (1993) hicieron muy notoria la observación de la variación morfológica que los parásitos pueden presentar dependiendo del tiempo y espacio de sus hospederos.

Diversidad

El objetivo del presente trabajo es dar a conocer la fauna parásita de vertebrados e invertebrados marinos registrada a través del tiempo en las costas sudcalifornianas, a partir de la revisión bibliografía especializada en parasitología, del Catálogo Nacional de Helmintos, resúmenes de congresos nacionales e internacionales y trabajos de campo de la Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABCS) y del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR-IPN).

La mayoría de los ejemplares de las especies parásitas registradas se encuentran depositadas en la Colección Nacional de Helmintos del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México (IB-UNAM), la Colección Helmintológica del Museo Nacional de Estados Unidos de América, la Colección Parasitológica del Museo de Historia Natural-UABCS y la Colección Helmintológica del Departamento de Zoología de la Universidad de California, Los Ángeles. La diversidad total de parásitos en Baja California Sur se compone de 18 grupos y 289 especies (177 identificadas, apéndice 10). De éstos, 13 grupos parasitan vertebrados (figura 1) y conforman un total de 265 especies que incluyen helmintos, crustáceos y anélidos, además de peces (pez rémora) y algas (rojas y pardas).

Se encontró un total de 241 especies de helmintos (gusanos o vermes, de cuerpo alargado y blando por carecer de esqueleto) representantes de los *phyla* Platyhelminthes (clases Trematoda y Cestoda), Acanthocephala y Nematoda. Respecto a los Trematoda, se encontraron especies de monogéneos (figuras 2a a 2g) caracterizados por un órgano en su región posterior que sirve para sujetarse al hospedero); aspidogastreos con una gran ventosa subdividida por tabiques musculares, que ocupa gran parte de su región ventral; y digéneos (figuras 2h a 2u) con una ventosa anterior y otra a la mitad del cuerpo, de mayor tamaño. Por su parte, las especies en Cestoda (tenias, figuras 2v a 2aa) presentan una región anterior a manera de cabeza, con cuerpo muy alargado y aplanado. En el *phylum* Acanthocephala (figuras 2ab a 2ad), las especies se caracterizan por presentar un extremo anterior con espinas; mientras que en Nematoda (figuras 2ae, 2af) son gusanos redondos con extremos más o menos afilados.

Los crustáceos (*phyla* Arthropoda, clase Crustacea) son invertebrados con un caparazón generalmente calcificado, dos pares de antenas y un número variable de apéndices, y están representados por 19 especies, pertenecientes a las subclases Copepoda, Eumalacostraca (Isopoda y Anfipoda) y Thecostraca (Cirripedia). A continuación se presenta una breve descripción de cada grupo.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

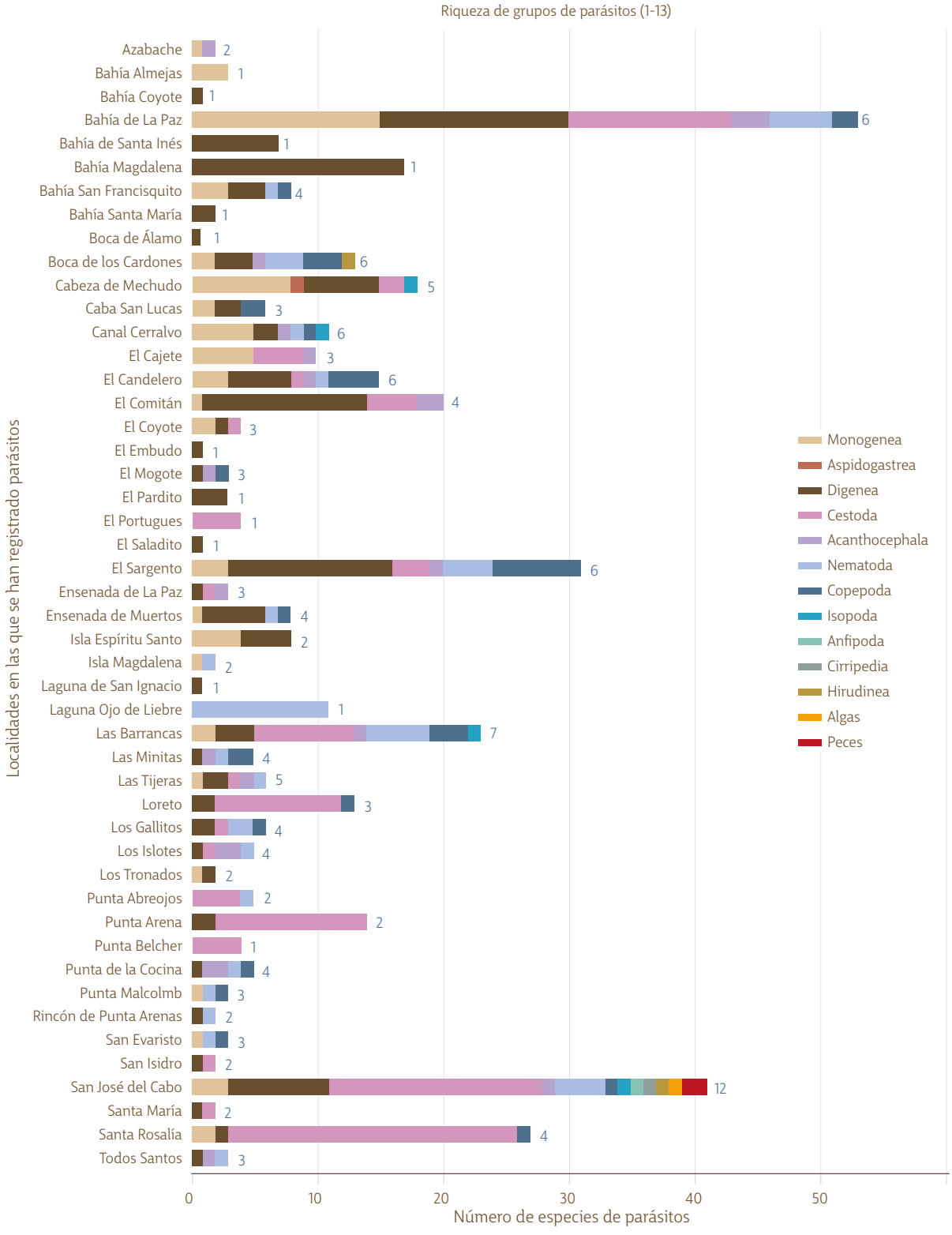


Figura 1. Diversidad y riqueza de especies parásitas en localidades de la entidad. Las cifras dentro del gráfico indican riqueza de grupos en cada localidad. Fuente: elaboración propia.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

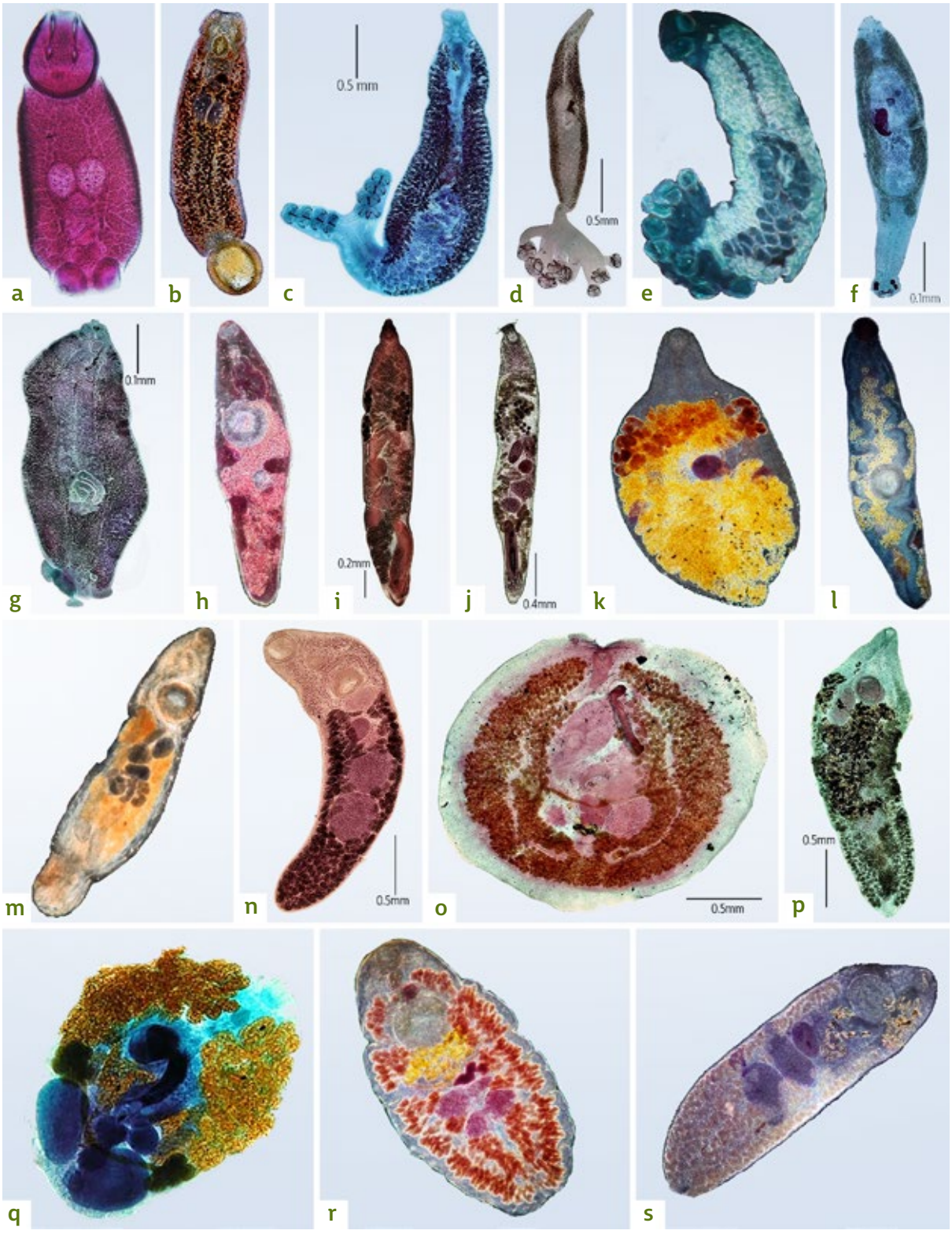


Figura 2. Diversidad de parásitos registrados en Baja California Sur (consultar texto para mayor referencia). Fotos: Gómez del Prado-Rosas 2012 (b, e, h, k, l, m, q, r, s, u, ab, ac, ae), Gómez del Prado-Rosas y Lozano-Cobo 2005 (v, x, y, z), Gómez del Prado-Rosas

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



y Lozano-Cobo 2007 (c, d, f, g, i, j, n, o, p), Lozano-Cobo *et al.* 2014 (a, ad, al), Mendoza-Cruz *et al.* 2013 (t, w, aa, af, ag, ah, ai, aj, ak).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

- Copepoda: son organismos con cuerpo dividido en cabeza, tórax y abdomen (figuras 2ag a 2ak) y forman parte del plancton.
- Isopoda (figura 2al): tienen el cuerpo dividido en cabeza y varios segmentos torácicos y abdominales.
- Anfipoda: presentan un cuerpo deprimido dorsoventralmente, tórax ensanchado y abdomen reducido a un pequeño muñón.
- Cirripedia: se refiere a los organismos conocidos como percebes; pueden tener tallo o no, viven adheridos a rocas, objetos u organismos flotantes.

Dentro del *phylum* Annelida (vermes con cuerpo dividido en anillos), los hirudíneos (mejor conocidos como sanguijuelas) están presentes con dos especies; mientras que de los llamados peces parásitos, solamente se encontró el pez rémora (*Remora remora*).

Respecto a los parásitos en invertebrados, la diversidad parasitaria es de 29 especies incluidas en 10 grupos, de los cuales los siguientes cinco son distintos a los mencionados en los vertebrados: diatomeas (algas microscópicas que forman parte del fitoplancton); myzozoarios (algunos conocidos como protozoarios, organismos unicelulares); ciliados (protozoarios con cilios a su alrededor); diciémidos (organismos microscópicos del riñón de pulpos); y picnogónidos (conocidos como arañas de mar por su aspecto similar al de una araña, y porque tienen ocho patas locomotoras).

Distribución

El registro de parásitos en la entidad inició con el estudio de los peces marinos en 1956 en La Paz, con los trabajos de Bravo-Hollis (1956) del Laboratorio de Helmintología (IB-UNAM), continuaron en 1978 en Cabo San Lucas, y posteriormente con los estudios de Arai (1962, Pacific Biological Station, Nanaimo, British Columbia), Lamothe-Argumedo (1985, Laboratorio de Helmintología IB-UNAM), y Gómez del Prado-Rosas (1983, Laboratorio de Parasitología-UABCS). A partir de entonces, investigadores nacionales y extranjeros han realizado aportaciones al conocimiento de la biodiversidad parasitofaunística de organismos vertebrados e invertebrados (apéndice 10).

Así, de las seis localidades registradas para Baja California Sur en el Catálogo Nacional de Helmintos (Lamothe-Argumedo *et al.* 1997), que representaban 2.36% del total nacional, actualmente se cuenta con un registro de 48 localidades (18.8% del total nacional): 28 en el golfo de California y 20 en el Pacífico (figura 3). En la bahía de La Paz y San José del Cabo se cuenta con la mayor riqueza de especies parásitas; sin embargo, San José del Cabo tiene una mayor diversidad de grupos (figura 1).

Hospederos

En cuanto a los hospederos vertebrados, los que tienen mayor número de parásitos son los peces óseos (teleósteos) y cartilaginosos (elasmobranquios); mientras que el resto de los vertebrados marinos presenta menor número (figura 4).

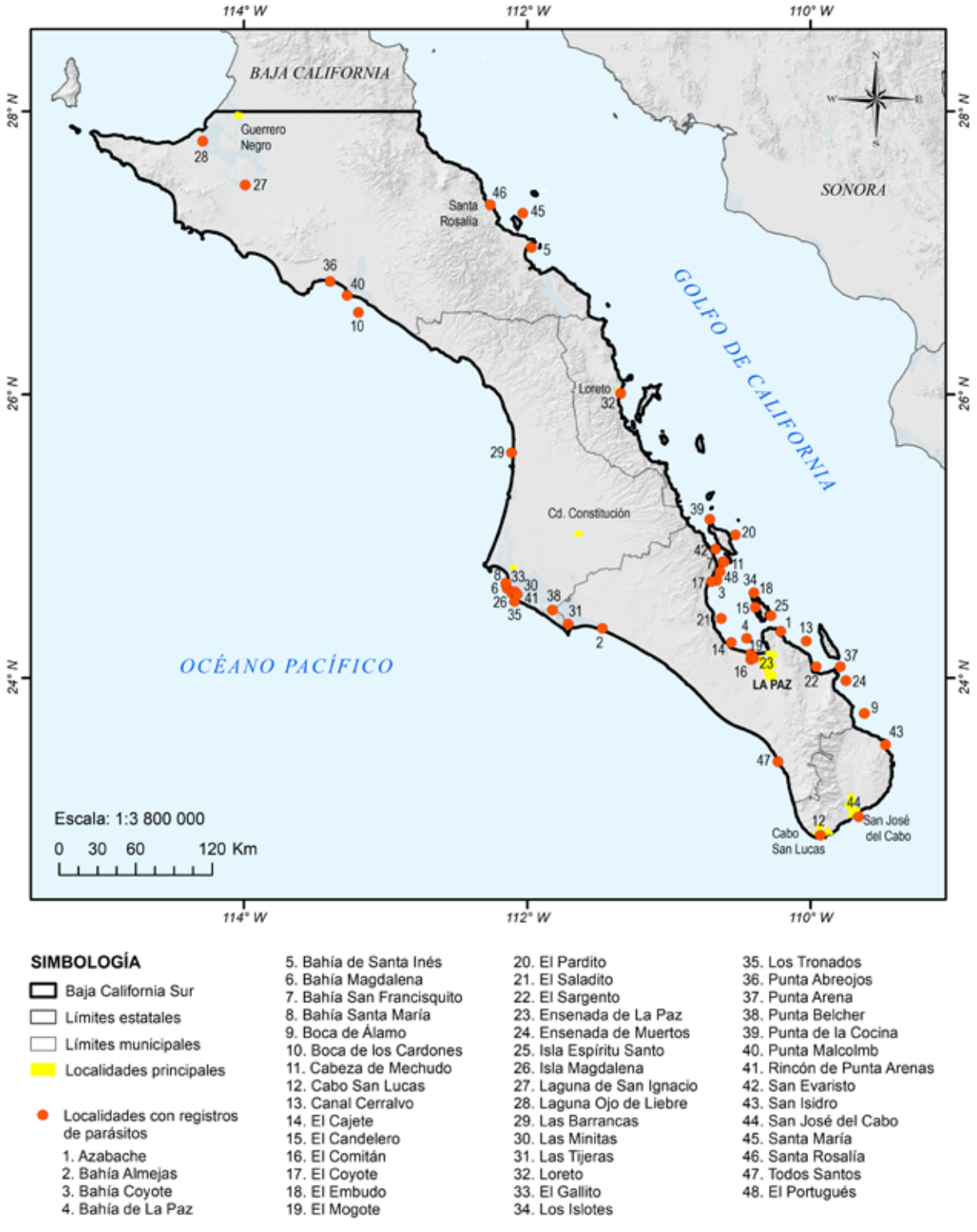
Peces óseos

En aguas nacionales se han descrito 2 763 especies de peces óseos (teleósteos), tanto marinas como dulceacuícolas. Para el caso de las regiones marinas y estuarinas del Pacífico mexicano, golfo de México y mar Caribe se han identificado poco más de 2 100 especies. De estos ambientes, en el Pacífico se conocen 1 121 especies, y particularmente se identifica al golfo de California como la zona con mayor diversidad y endemismos (20%), seguido por el mar Caribe (15%), el golfo de Tehuantepec (15%) y el golfo de México (15%; Espinosa-Pérez 2014). De acuerdo con De la Cruz-Agüero y colaboradores (1997), una cuarta parte de las especies del país se encuentran en Baja California Sur. Esto resalta la importancia de los peces teleósteos como hospederos, lo que se confirma debido a que son el grupo con mayor número de parásitos en el estado (figura 4, apéndice 10). La fauna parasitaria de peces óseos se compone de nueve grupos. Entre los helmintos, los monogéneos y digéneos son los grupos con mayor número de especies (42 y 82, respectivamente); mientras que los aspidogastreos (1), hirudíneos (1) e isópodos (2) son los de menor diversidad (figura 5).

Peces cartilaginosos

De acuerdo con Merlo-Serna y García-Prieto (2016), de las 204 especies de peces cartilaginosos (elasmobranquios) conocidas en México, 48 (20 de tiburones y 28 de rayas) se encontraron parasitadas por 132 *taxa* de

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



SIMBOLOGÍA

- Baja California Sur
- Límites estatales
- Límites municipales
- Localidades principales
- Localidades con registros de parásitos

1. Azabache
2. Bahía Almejas
3. Bahía Coyote
4. Bahía de La Paz
5. Bahía de Santa Inés
6. Bahía Magdalena
7. Bahía San Francisquito
8. Bahía Santa María
9. Boca de Álamo
10. Boca de los Cardones
11. Cabeza de Mechudo
12. Cabo San Lucas
13. Canal Cerralvo
14. El Cajete
15. El Candelero
16. El Comitán
17. El Coyote
18. El Embudo
19. El Mogote
20. El Pardito
21. El Saladito
22. El Sargento
23. Ensenada de La Paz
24. Ensenada de Muertos
25. Isla Espíritu Santo
26. Isla Magdalena
27. Laguna de San Ignacio
28. Laguna Ojo de Liebre
29. Las Barrancas
30. Las Minitas
31. Las Tijeras
32. Loreto
33. El Gallito
34. Los Islotes
35. Los Tronados
36. Punta Abreojos
37. Punta Arena
38. Punta Belcher
39. Punta de la Cocina
40. Punta Malcolmb
41. Rincón de Punta Arenas
42. San Evaristo
43. San Isidro
44. San José del Cabo
45. Santa María
46. Santa Rosalía
47. Todos Santos
48. El Portugués

Figura 3. Localidades con registros de parásitos. Fuente: elaboración propia.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

helmintos. Para Baja California Sur, el presente trabajo registró 82 especies de helmintos como parásitos de elasmobranquios, lo que corresponde a 62.1% de los helmintos reportados en peces cartilaginosos a nivel nacional.

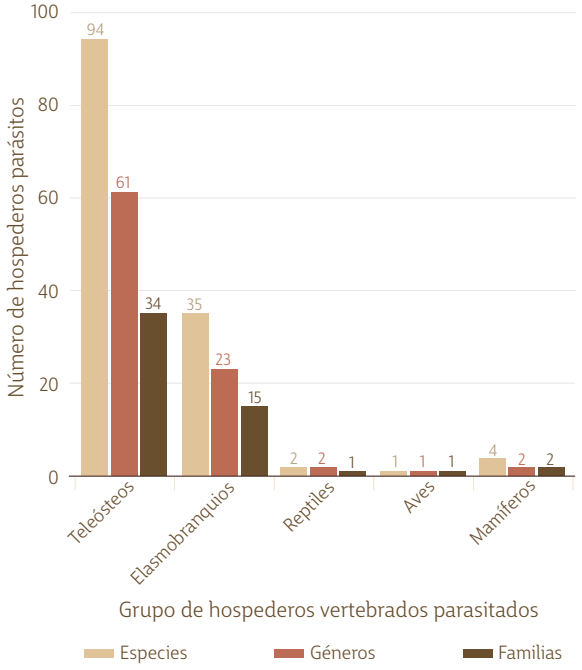


Figura 4. Diversidad de vertebrados parasitados en los ambientes marinos de la entidad. Fuente: elaboración propia.

Además de helmintos (monogéneos, digéneos, céstodos y nemátodos), la parasitofauna de elasmobranquios también se compone de crustáceos (copépodos e isópodos), aunque en menor proporción. Los céstodos o tenias (57 especies) y los digéneos o gusanos acintados (12) son los mejor representados; en contraste, los grupos con menor riqueza de especies fueron los monogéneos (7), nemátodos (4), copépodos (1) e isópodos (1, figura 5).

Reptiles

En el mundo existen ocho especies de tortugas marinas, de las cuales siete se encuentran en México (Mota-Rodríguez y Lara-Uc 2014). De éstas, cinco especies llegan regularmente a bahía Magdalena para anidar y alimentarse de las algas marinas e invertebrados, como son los casos de las tortugas blanca (*Chelonia mydas*) y amarilla (*Caretta caretta*); también llegan únicamente para alimentarse las tortugas carey (*Eretmochelys imbricata*), laúd (*Dermochelys coriacea*) y golfina (*Lepidochelys olivacea*; Hinojosa-Arango *et al*. 2015). Respecto a la presencia de parásitos, en la tortuga blanca (*C. mydas*) en bahía Magdalena, se encontró una especie de digéneo, y en la tortuga golfina (*L. olivacea*) en San José del Cabo se encontró la presencia de epibiontes (organismos sésiles que viven encima de otro ser vivo) de una especie de Cirripedia y otra de Amphipoda, dos especies de algas rojas, una de hirudíneos y una de pez rémora.

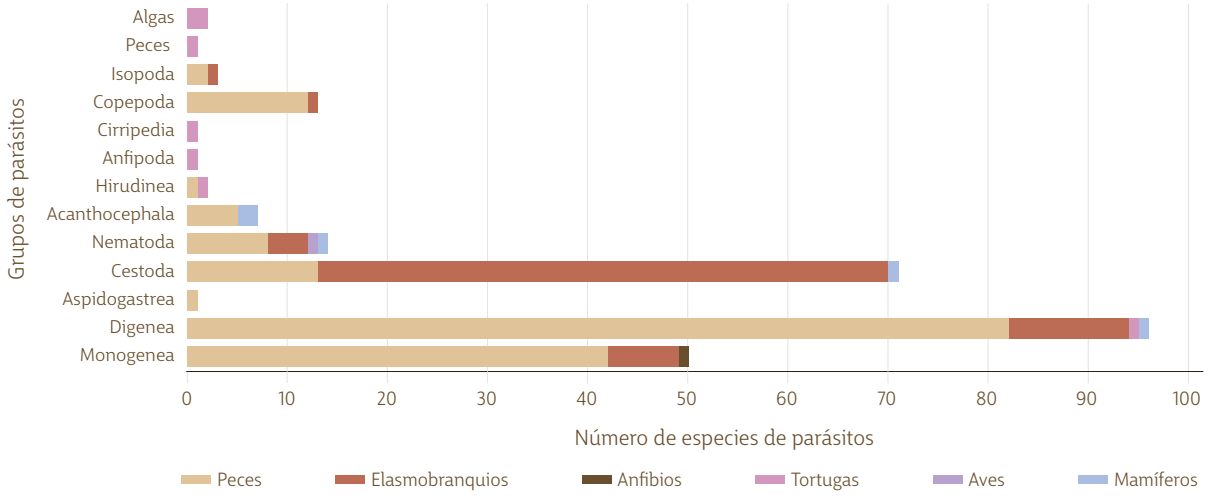


Figura 5. Especies de parásitos en vertebrados marinos. Fuente: elaboración propia.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Aves

En Baja California Sur se reportan cerca de 433 especies de aves, de las cuales 163 viven en ambientes marinos (Erickson *et al.* 2013). Al respecto, solamente para el pelícano pardo (*Pelecanus occidentalis*) se tiene registrado un parásito, el nemátodo *Contracaecum multipapillatum sensu lato* (Molina-Fernández *et al.* 2017, Valles-Vega *et al.* 2017).

Mamíferos marinos

En el golfo de California se conocen 36 especies de mamíferos marinos (Niño-Torres *et al.* 2011), y solamente para cuatro de ellas existen registros de parasitismo. El lobo marino (*Zalophus californianus*) de los islotes en bahía de La Paz registra cinco especies de parásitos (un tremátodo digéneo, un céstodo, un nemátodo y dos acantocéfalos; Méndez 2002); mientras que las ballenas azul (*Balaenoptera musculus*), de aleta (*B. physalus*) y gris (*Eschrichtius robustus*) presentan huevos de céstodos (coracidios), acantocéfalos (*Bolbosoma* sp.) y nemátodos (*Crassicauda* sp., *Anisakis* sp.; Rocha-Gosselin 2009, Flores-Cascante 2012).

Invertebrados marinos

En cuanto al parasitismo en invertebrados marinos de Baja California Sur, algunos moluscos bivalvos (almejas) registran formas larvarias de digéneos (metacercarias), céstodos (metacéstodos) y nemátodos en su tercera fase larvaria, así como una especie de aspidogastreo adulto (apéndice 10). Por su parte, en los gasterópodos (abulones) se registran formas larvarias de digéneos (en gran abundancia) y nemátodos; mientras que los cefalópodos (pulpos) son parasitados por protozoarios y diciémidos.

Al considerar el papel que pueden tener los invertebrados zooplanctónicos como hospederos intermediarios de formas larvarias de varios helmintos, se encontró que en los copépodos (crustáceos) se registran organismos unicelulares en su cavidad corporal: dos especies de algas y dos dinoflagelados, así como cuatro especies de metacercarias de digéneos (apéndice 10). En los eufaúsidos (crustáceos genéricamente conocidos como krill) se registran dos especies de algas unicelulares, cuatro de organismos unicelulares, un céstodo, un acantocéfalo y un isópodo, por lo que este fue el grupo que mostró una mayor riqueza parasitaria, en contraste con los poliquetos en donde se encontró solamente una especie de picnogónido.

Importancia

Se hicieron registros parasitológicos en los cinco municipios del estado, de los cuales las localidades bahía de La Paz, San José del Cabo, El Sargento, Santa Rosalía y Las Barrancas tienen la mayor riqueza de especies parásitas debido a que fueron sujetas de estudio con mayor frecuencia, lo que representa 67.7% del total de las especies registradas. En contraste, las localidades de Punta Belcher, laguna Ojo de Liebre, laguna de San Ignacio, El Saladito, El Pardito, El Embudo, Boca de Álamo, bahía Santa María, bahía Magdalena, bahía de Santa Inés, bahía Coyote y bahía Almejas (figuras 1 y 3), tienen una menor riqueza de grupos de parásitos, lo que representa 4.6% del total de especies registradas para el estado.

En todos los grupos de vertebrados se registraron helmintos, pero los peces teleósteos y elasmobranquios tuvieron un mayor número. Se han descrito siete especies nuevas de monogéneos y cinco de digéneos en teleósteos, así como cinco monogéneos, cinco digéneos y 32 céstodos en peces cartilaginosos. Al respecto, es importante mencionar la función que tienen los hospederos registrados en este trabajo, debido a que los peces actúan como hospederos definitivos de varios grupos de helmintos (monogéneos, digéneos, acantocéfalos), copépodos e isópodos; en contraste, en invertebrados solamente se encontraron formas larvarias de digéneos, céstodos y acantocéfalos, lo cual resalta su función como hospederos intermediarios en el ciclo de vida de dichos helmintos.

En cuanto a los hospederos vertebrados, hay nuevos registros que indican un incremento en la distribución geográfica de parásitos como los monogéneos (*Mexicana bychowskyi*, *Choricotyle* sp., *Cotylophora trachinoti*), digéneos (*Monorcheides alexanderi*), y céstodos (*Rhinoptericola megacantha*, *Dioecotaenia* sp., *Tylocephalum* sp.). Estos datos contrastan con el vacío de información en invertebrados marinos, ya que a pesar de que en el estado se tiene una amplia diversidad de especies (entre ellas 17 de crustáceos, 69 de esponjas, 65 de cnidarios, 198 de equinodermos,

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

164 de platelmintos, 75 de moluscos y 43 de anélidos; CONABIO 2020), solamente se cuenta con estudios parasitológicos en moluscos por su importancia comercial (bivalvos, gasterópodos y cefalópodos), en crustáceos (copépodos y eufaúsidos) por su función como hospederos intermediarios en el ciclo de vida de protozoarios, digéneos, céstodos, acantocéfalos y nemátodos, y en un anélido poliqueto en aparente parasitismo.

Respecto a las ictiozoonosis (enfermedades parasitarias por el consumo de pescado, productos pesqueros o productos de la acuacultura), de las especies registradas, solamente la tercera fase larvaria de los nemátodos de la familia Anisakidae (*Anisakis simplex*, *A. physeteris*, *Pseudoterranova decipiens* o *Contracaecum osculatum*) representan un riesgo potencial a la salud humana, al ser los causantes de la enfermedad denominada anisakidosis (Quijada *et al.* 2005). En este trabajo se encontraron principalmente especies de los géneros *Anisakis* y *Contraccecum* en peces de importancia comercial; sin embargo, aún no se han registrado casos de anisakidosis gástrica, intestinal o extraintestinal (pulmón, hígado y páncreas) en la población estatal. El céstodo *Phyllobothrium* sp. también es causante de difilobotriosis en el humano (Yera *et al.* 2008), y al igual que en el primer caso, tampoco hay registros de casos de salud pública por el consumo de peces con estos organismos.

Debido a la actividad antropogénica en la ensenada de La Paz por la construcción de muelles para las embarcaciones turísticas, y por la pesca excesiva de recursos marinos de importancia comercial (moluscos bivalvos y peces), se ha observado la disminución de la presencia de larvas de céstodos y acantocéfalos, lo cual revela la ausencia de hospederos intermediarios necesarios para cerrar su ciclo biológico.

Por su parte, relacionado con la introducción de especies exóticas en el estado, Balart y colaboradores (2008) alertaron sobre un daño potencial en la fauna local de la bahía de La Paz, por la introducción ilegal con fines de acuacultura durante 2005, del pez de origen mediterráneo *Sparus aurata*, el cual está parasitado por el monogéneo *Sparicotyle chrysophrii*. No obstante, hasta el momento se desconoce si la especie tuvo éxito en su adaptación y si ha causado efectos sobre las especies nativas.

Otras introducciones en el estado, y también con fines de acuacultura, se realizaron con las especies marinas *Seriola lalandi* proveniente de Chile (Purcell *et al.* 2015) y *S. rivoliana* de Hawaii (Mendoza-Portillo *et al.* 2020). Sin embargo, no se ha visto impacto alguno, a pesar de estar parasitados con monogéneos del género *Neobenedenia* (Trasviña-Moreno 2018, Valles-Vega 2020). Buentello y colaboradores (2007) registran al bagre *Ictalurus punctatus*, especie dulceacuícola proveniente de Tamaulipas, y tampoco se ha visto impacto negativo debido a su ámbito dulceacuícola.

Conclusiones

Conforme a los resultados encontrados, aún se puede considerar a las costas de Baja California Sur como zonas sin riesgo prioritario desde el punto de vista de enfermedades en salud pública, ni en enfermedades en especies de importancia comercial que afecten severamente su potencial reproductivo o crecimiento. Por el contrario, desde el punto de vista parasitológico, hay mucho trabajo por hacer y por descubrir especies nuevas, debido a que el desarrollo y la actualización de estudios taxonómicos, morfológicos, moleculares y ambientales es muy importante para comprender mejor la vida de los parásitos en las costas sudcalifornianas.

Referencias

Arai, H.P. 1962. Trematodos digéneos de peces marinos de Baja California, México. *Anales del Instituto de Biología-UNAM* serie zoología 33:113-130.

Arai, H.P. y R.H. Kussat. 1967. Observations on the distribution of parasites of certain catostomid fishes of the Bow River, Alberta. *Canadian Journal of Zoology* 45:1287-1290.

Arthur, J.R. 1983. A preliminary analysis of the discreteness of stocks of walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) from the northeastern Pacific ocean off Canada based on their parasites. *Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences* 1184:1-15.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Balart, E.F., J.C. Pérez-Urbiola, L. Campos-Dávila *et al*. 2008. On the first record of a potentially harmful fish, *Sparus aurata* in the Gulf of California. *Biological Invasions* 11:547-550.

Balbuena, J.A. y J.A. Raga. 1994. Intestinal helminths as indicators of segregation and social structure of pods of long-finned pilot whales (*Globicephala melas*) off the Faeroe islands. *Canadian Journal of Zoology* 72:443-448.

Bravo-Hollis, H.M. 1956. Trematódos de peces marinos de aguas mexicanas. XI. *Anales del Instituto de Biología-UNAM* 27:245-277.

Bush, A.O., J.M. Aho y C.R. Kennedy. 1990. Ecological versus phylogenetic determinants of helminth parasite community richness. *Evolutionary Ecology* 4:1-20.

Cavaleiro, F.I. y M.J. Santos. 2009. Seasonality of metazoan ectoparasites in marine European flounder *Platichthys flesus* (Teleostei: Pleuronectidae). *Parasitology* 136:855-865.

CONABIO. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2020. *Coordinación General de Proyectos y Enlace*.

Chibani, M. y J. Rokicki. 2004. Seasonal occurrence of parasites of flounder *Platichthys flesus* (*l.*) from the Gulf of Gdańsk. *Oceanological and Hydrobiological Studies* 33:17-30.

De la Cruz-Agüero, J., M. Arellano-Martínez, V.M. Cota-Gómez *et al*. 1997. *Catálogo de los peces marinos de Baja California Sur*. CICIMAR-IPN/CONABIO, México.

Erickson, R.A., R. Carmona, G. Ruiz-Campos *et al*. 2013. Annotated checklist of the birds of Baja California and Baja California Sur. *North American Birds* 66:582-613.

Espinosa-Pérez, H. 2014. Biodiversidad de peces en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85:450-459.

Ferdig, M.T., M.A. Mcdowell, J. Janovy Jr. *et al.* 1993. Patterns of morphological variation of *Salsuginus yutanensis* (Monogenea: Ancyrocephalidae) over space and time. *Journal of Parasitology* 79:744-750.

Flores-Cascante, L. 2012. *Caracterización de la carga parasitaria intestinal en ballenas azules del Golfo de California*. Tesis de maestría. CICIMAR-IPN, La Paz.

Genc, E., M.A. Genc, E. Genc *et al*. 2005. Seasonal variation and pathology associated with helminthes infecting two serranids (Teleostei) of Iskenderun Bay (northeast Mediterranean Sea), Turkey. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 5:29-33.

Gómez del Prado-Rosas, M.C. 1983. Hallazgo de una forma larvaria de *Echinocephalus* sp. (Nematoda: Gnathostomidae) en *Argopecten circularis* y *Lyropecten subnodosus* (Mollusca: Lamellibranchia) de la Laguna Ojo de Liebre, Guerrero Negro, BCS. *Anales del Instituto de Biología-UNAM* serie zoología 53:421-431.

—. 2012. *Parasitofauna de peces del género Paralabrax (Pisces: Serranidae) en las costas del noroeste de México*. Tesis de doctorado. UNAM, México.

Gómez del Prado-Rosas, M.C. y H. Lozano-Cobo. 2005. Nuevos registros de céstodos de *Rhinoptera steindachneri* Evermann y Jenkins, 1892 (Chondricthyes: Myliobatidae) en la bahía de La Paz, BCS., México. En: *Memorias del X Congreso de la Asociación de Investigadores del Mar de Cortés A.C. y IV Simposium Internacional sobre el Mar de Cortés*. Asociación de Investigadores del Mar de Cortés A.C., Mazatlán.

—. 2007. Nuevos registros de hospederos y localidades de monogéneos y trematódos de peces del noroeste de bahía de La Paz, Baja California Sur, México. En: *Memorias del XI Congreso de la Asociación de Investigadores del Mar de Cortés A.C. y V Simposium Internacional sobre el Mar de Cortés*. Asociación de Investigadores del Mar de Cortés A.C., Hermosillo.

Grutter, A.S. 1994. Spatial and temporal variations of the ectoparasites of seven reef fish species from Lizard island and Heron island, Australia. *Marine Ecology Progress Series* 115:21-30.

Guégan, J.F. y C.R. Kennedy. 1993. Maximum local helminth parasite community richness in British freshwater fish: a test of the colonization time hypothesis. *Parasitology* 106:91-100.

Hernández-Vicent, M.A. 1998. *Desarrollo, planificación y medio ambiente en Baja California Sur*. UABCS, Baja California Sur.

Hinojosa-Arango, G., M.M. Lara-Uc, J.M. López-Vivas *et al*. 2015. Sea turtles and conservation. Challenges in the Peninsula of Baja California. En: *Successful conservation strategies for sea turtles. Achievements and challenges*. M. Lara-Uc, J.M. Rodríguez-Baron y R. Riosmena-Rodríguez (eds.). Nova Publishers, Nueva York, pp. 173-174.

Hoberg, E.P., S.J. Kutz, K.E. Galbreath *et al*. 2003. Arctic biodiversity: from discovery to faunal baselines-revealing the history of a dynamic ecosystem. *The Journal of Parasitology* 89:S84-S95.

Kennedy, C.R. 1993. The dynamics of intestinal helminth communities in eels *Anguilla anguilla* in a small stream: long-term changes in richness and structure. *Parasitology* 107:71-78.

Lamothe-Argumedo, R. 1985. Monogéneos de los anfibios de México VII. Hallazgo de *Pseudodiplorchis americanus* (Rodgers y Kuntz, 1940) Yamaguti, 1963 en Baja California Sur, México. *Anales del Instituto de Biología-UNAM* serie zoología 56:291-300.

Lamothe-Argumedo, R., L. García-Prieto, D. Osorio-Sarabia *et al*. 1997. *Catálogo de la Colección Nacional de Helmintos*. Instituto de Biología-UNAM/CONABIO, México.

Leaman, B.M. y Z. Kabata. 1987. *Neobracheilla robusta* (Wilson, 1912) (Copepoda: Lernaeopodidae) as a tag for identification

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

of stocks of its host, *Sebastes alutus* (Gilbert, 1890) (Pisces: Teleostei). *Canadian Journal of Zoology* 65:2579-2582.

Le Brun, N., F. Renaud y A. Lambert. 1990. Differential settlement by *Diplozoon gracile* (monogenea) on teleostean (cyprinid) hosts in relation to biological and environmental condictions. *Acta Oecologica* 11:729-739.

Lozano-Cobo, H., A. Ysla, M.C. Gómez del Prado-Rosas *et al.* 2014. Efficacy of fresh water treatment for metazoan parasites removal prior of the marine species *Paralabrax nebulifer* (Girard, 1854) (Pisces: Serranidae) culture under laboratory conditions. En*: Memorias del 13th International Congress of Parasitology* ICOPA XIII. Ciudad de México.

Manter, H.W. 1966. Parasites of fishes as biological indicators of recent and ancient conditions. En: *Host-parasite relationships.* J.E. McCauyley (ed.). Oregon State University Press, Corvallis, pp. 59-71.

MacKenzie, K. 1988. *Digenean parasites as indicators of seasonal migrations of North Sea herring*. International Council for the Exploration of the Sea, Dinamarca.

—. 1990. Cestode parasites as biological tags for mackerel (*Scomber scombrus* L.) in the Northeast Atlantic. *Journal du Conseil International d'l Exploration de la Mer* 46:155-166.

—. 1993. Parasites as biological tags. *Bulletin of the Scandinavian Society for Parasitology* 1:1-10.

Marcogliese, D.J. 2001. Implications of climate change for parasitism of animals in the aquatic environment. *Canadian Journal of Zoology* 79:1331-1352.

—. 2003. Food webs and biodiversity: are parasites the missing link? *Journal of Parasitology* 89:S106-S113.

Méndez, O. 2002. *Helmintos gastrointestinales del lobo marino de California Zalophus californianus californianus (Lesson, 1828), Allen 1880, en Los Islotes, Bahía de La Paz, Baja California Sur, México*. Tesis de licenciatura. UABCS, Baja California Sur.

Mendoza-Cruz, M., I. Valles-Vega, H. Lozano-Cobo *et al.* 2013. Parasitofauna de *Paranthias colonus* (Valenciennes, 1846) en El Sargento, Baja California Sur, México. *Neotropical Helminthology* 7:13-28.

Mendoza-Portillo, V., C. Galván-Tirado, D.S. Portnoy *et al.* 2020. Genetic diversity and structure of circumtropical almaco jack, *Seriola rivoliana*: tool for conservation and management. *Journal of Fish Biology* 97(3):882-894.

Merlo-Serna, A.I. y L. García-Prieto. 2016. A cheklist of helminth parasites of Elasmobranchii in Mexico. *Zookeys* 563:73-128.

Molina-Fernández, D., I. Valles-Vega, S. Hernández-Trujillo *et al.* 2017. A scanning electron microscopy study of early development in vitro of *Contracaecum multipapillatum* s.l. (Nematoda: Anisakidae) from a brown pelican (*Pelecanus occidentalis*) from the Gulf of California, Mexico. *Parasitology Research* 116:2733-2740.

Moser, M. 1991. Parasites as biological tags. *Parasitology Today* 7:182-185.

Mota-Rodríguez, C. y M. Lara-Uc. 2014. Tortugas marinas comunes entre México y El Salvador. *Bioma* 23:42-48.

Niño-Torres, C.A., J. Urbán-Ramírez y O. Vidal. 2011. *Mamíferos marinos del golfo de California: guía ilustrada*. Publicación Especial No. 2. Alianza WWF México/Telcel, México.

Pérez-Ponce de León, G. y L. García-Prieto. 2001. Los parásitos en el contexto de la biodiversidad y la conservación. *Biodiversitas* 34:11-15.

Poulin, R. 1999. The functional importance of parasites in animal communities: many roles at many levels? *International Journal for Parasitology* 29:903-914.

Purcell, C.M., C.L. Chabot y M.T. Craig. 2015. Developing a genetic baseline for the yellowtail amberjack species complex, *Seriola lalandi sensu lato*, to assess and preserve variation in wild populations of these globally important aquaculture species. *Conservation Genetics* 16:1475-1488.

Quijada, J., C.A. Lima dos Santos y N. Avdalov. 2005. Enfermedades parasitarias por consumo de pescado. Incidencia en América Latina. *Infopesca Internacional* 24:16-23.

Ranta, E. 1992. Gregariousness versus solitude: another look at parasite faunal richness in Canadian freshwater fishes. *Oecologia* 89:150-152.

Rocha-Gosselin, A. 2009. *Caracterización de la carga microbiana y parasitaria de tres especies de Misticetos en las costas de la Península de Baja California*. Tesis de maestría. CICIMAR-IPN, La Paz.

Rohde, K. 1986. Differences in species diversity of Monogenea between the Pacific and Atlantic Oceans. *Hydrobiologia* 137:21-28.

Shaharom, F.M. 1987. *The use of marine fish parasites as biological tags*. Annual Seminar of the Malasyan Society of Marine Sciences, Kuala Lumpur.

Sindermann, C.J. 1957. Diseases of fishes of the western north Atlantic. V. Parasites as indicators of herring movements. *Maine Department of Sea and Shore Fisheries, Research Bulletin* 27:1-30.

Trasviña-Moreno, A.G. 2018. *Influencia de compuestos antiparasitarios de origen natural en la respuesta inmune y control de la infección con Neobenedenia sp. en Seriola lalandi*. Tesis de doctorado. CIBNOR, La Paz.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Valles-Vega, I. 2020. *Efecto de la temperatura en el sistema inmune de Seriola rivoliana contra la infestación de Neobenedenia sp*. Tesis de doctorado. CIBNOR, La Paz.

Valles-Vega, I., D. Molina-Fernández, R. Benítez *et al*. 2017. Early development and life cycle of *Contracaecum multipapillatum* s.l. from a brown pelican *Pelecanus occidentalis* in the Gulf of California, Mexico. *Diseases of Aquatic Organisms* 125:167-178.

Yera, H., J. Nicolaud, J. Dupoy-Camet. 2008. Use of nuclear and mithochondrial DNA PCR and sequencing for molecular identification of *Diphyllobothrium* isolates potentially infective for humans. *Parasite* 15:402-407.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Zooplancton marino

Jaime Gómez Gutiérrez, Horacio Lozano Cobo, Arturo Rubén Sánchez Uvera,
Juan Ramón Beltrán Castro y Angel Antonio Silveyra Bustamante

Introducción

La trama alimentaria marina inicia con el fitoplancton (*phyton*: planta, *planktos*: errante) que absorbe nutrientes de la columna de agua, y utiliza la luz solar como fuente de energía para realizar la fotosíntesis (figura 1a). A partir de este proceso se alimentan numerosas especies del zooplancton (*zoion*: animal, *planktos*: errante), del bentos (que habitan el fondo marino) y del necton (que nadan activamente en la columna de agua). El zooplancton es la comunidad de animales que son transportados por las corrientes marinas debido a su pequeño tamaño y limitada capacidad de natación. Esta comunidad incluye casi todos los grupos taxonómicos del océano con tamaños que van desde fracciones de micras (p.e. virus), hasta metros (p.e. medusas), con formas y colores extraordinariamente diversos y exuberantes como el molusco nudibranquio *Glaucilla marginata* recolectado en bahía Magdalena (figura 1b).

En esta comunidad existen organismos prácticamente de todas las estrategias alimentarias (herbívoros, omnívoros, carnívoros, coprófagos, detritófagos, microdepredadores, parásitos, parasitoides e hiperparásitos). El zooplancton tiene diversas funciones biológicas en los ecosistemas, al ser intermediario entre la biomasa del fitoplancton (del cual se alimentan) y numerosas especies de depredadores que se encuentran en el medio marino (para las cuales sirve como alimento).

Una gran cantidad de especies de animales que viven en el bentos y el necton se dispersan por las corrientes marinas durante sus fases planctónicas (huevos y larvas), entre las que se incluyen moluscos, crustáceos y peces con valor comercial. La mayor parte de las especies tienen amplios rangos de distribución biogeográfica o incluso algunas son cosmopolitas. En ambas costas de Baja California Sur existe fauna planctónica de afinidad tropical y subtropical, con incursiones de zooplancton de aguas frías, distribuidas por la Corriente de California a lo largo de la costa occidental de la península (Pacífico).

El zooplancton marino en Baja California Sur ha sido sistemáticamente identificado y cuantificado a nivel de grandes grupos taxonómicos en bahías y al menos en cinco zonas costeras de la costa Pacífico y la región suroeste del golfo de California con distinta abundancia y diversidad (cuadro 1). El zooplancton de tamaño pequeño ha sido poco estudiado (pico: 0.2-2 µm, nano: 2-20 µm, y microzooplancton: 20-200 µm), contrario al plancton de mayor tamaño (mesozooplancton: 0.2-20 mm), del cual hasta ahora se cuantifican 31 grupos taxonómicos (cuadro 1).

Gómez-Gutiérrez, J., H. Lozano-Cobo, A.R. Sánchez-Uvera, J.R. Beltrán-Castro y A.A. Silveyra-Bustamante. 2025. Zooplancton marino. En: *La biodiversidad en Baja California Sur. Estudio de Estado*. Vol. II. CONABIO/FFB, México, pp. 145-159.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

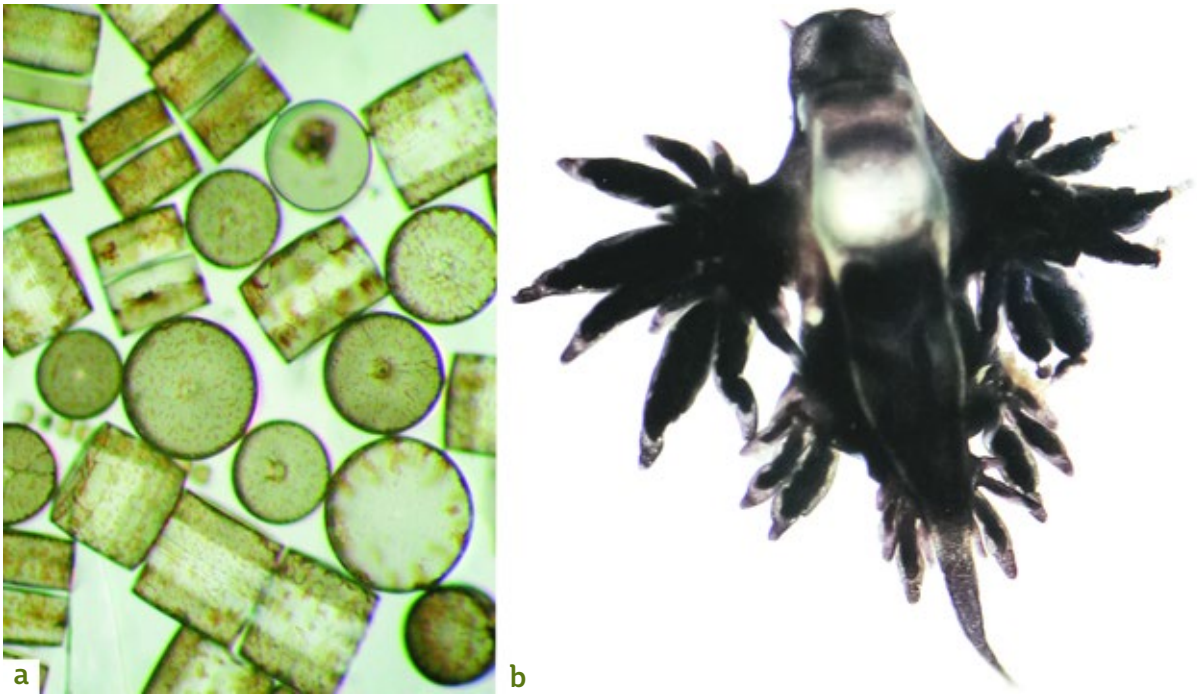


Figura 1. Diversidad de fitoplancton y zooplancton marino de bahía Magdalena: a) florecimiento de diatomeas (*Coscinodiscus* sp.); b) molusco holoplanctónico *Glaucilla marginata*. Fotos: Jaime Gómez-Gutiérrez.

De los sitios estudiados están las bahías Magdalena y Concepción que destacan por su abundancia de zooplancton: mientras que la bahía de La Paz (canal de San Lorenzo), Puerto Escondido y el Parque Nacional Cabo Pulmo tienen menores densidades de zooplancton (cuadro 1, figura 2). Bahía Magdalena y Puerto Escondido son los ecosistemas más diversos numéricamente dominados por copépodos; mientras que bahía Concepción tuvo la menor riqueza de zooplancton dominada por los cladóceros (cuadro 1).

Bahía Magdalena

Desde 1975, esta bahía es el sitio mejor estudiado dentro del estado en aspectos de oceanografía y zooplanctología, donde el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE), el Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional (CICIMAR-IPN) y otras instituciones desarrollaron los primeros esfuerzos de investigación (Álvarez-Borrego *et al.* 1975, Funes-Rodríguez *et al.* 2007, Hinojosa-Medina *et al.* 2007). El interés en este sitio surgió con el objetivo de conocer los periodos de reproducción de especies de peces de importancia pesquera, y estimar la densidad de huevos y larvas para la sardina del Pacífico (*Sardinops sagax*), la sardina crinuda (*Opisthonema* spp.), la macarela (*Scomber japonicus*) y las anchovetas (*Anchoa* spp.; Saldierna-Martínez *et al.* 1987, Funes-Rodríguez *et al.* 1998a, b, 2001, 2007). La sardina del Pacífico es la principal especie de pez pelágico menor, y su captura anual fluctúa entre las 8 000 y 50 000 t/año en bahía Magdalena (Félix-Uraga *et al.* 1996, 2004).

Hernández-Trujillo y colaboradores (2010) reportaron la abundancia de zooplancton en bahía Magdalena e identificaron 24 grupos taxonómicos, entre los que destacan copépodos y quetognatos por su abundancia y frecuencia (cuadro 1). Para los copépodos se reportan 152 especies (pelágicas, epibénticas y parásitas; Hernández-Trujillo *et al.* 2004), cuyas comunidades cambian estacional e interanualmente en respuesta a cambios oceanográficos y eventos climáticos como El Niño (Palomares-García y Gómez-Gutiérrez 1996, Palomares-García *et al.* 2001, 2003b, López-Ibarra y Palomares-García 2006).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Cuadro 1. Abundancia relativa (%) del zooplancton marino en sitios de las costas del Pacífico y golfo de California.

Grupo	Bahía Magdalena	Bahía Concepción	Puerto Escondido	Bahía de La Paz	Cabo Pulmo
Foraminifera	*		0.04	0.86	0.54
Radiolaria	*		0.01	0.39	2.81
Bryozoa	0.15		0.06	0.07	0.05
Hydroida	0.39		*	*	0.01
Medusozoa	*	2.57	0.02	0.26	0.03
Ctenophora			*		*
Siphonophora	0.18	0.09	0.12	2.72	0.83
Polychaeta	0.13		0.09	0.11	0.24
Pteropoda	0.10	0.12	0.25	1.50	
Heteropoda			0.01	0.21	
Bivalvia	0.12	0.04	0.09	0.15	0.14
Gastropoda	0.59	6.12	1.05	*	2.47
Cephalopoda			*	0.01	0.01
Chaetognatha	6.68	7.43	8.69	11.30	12.18
Nemertea	0.01		*	*	
Cladocera	6.40	46.71	1.29	2.59	2.76
Cirripedia	0.47	0.18	0.17	0.09	0.02
Copepoda	66.15	14.94	67.47	39.58	63.98
Ostracoda	0.05	0.02	0.36	0.16	0.44
Stomatopoda	0.13	0.16	*	0.18	0.94
Mysida	0.03		*	0.16	0.48
Amphipoda	0.07	0.04	0.11	0.25	0.52
Isopoda	0.01		*	*	0.01
Cumacea	*		*	*	*
Euphausiacea	1.24	0.04	12.61	2.41	1.40
Decapoda	9.98	2.41	0.37	28.63	2.78
Echinodermata	1.58		0.04	0.23	0.27
Ophiuroidea			0.08		
Thaliacea	0.41	0.34	5.84	2.41	0.72
Larvacea	4.30	18.80	1.19	5.72	1.72
Teleostei (huevos)	0.75		0.02		4.50
Teleostei (larvas)	0.08		0.02		0.15
Densidad total (ind./1 000 m³)	**1 417 223.70**	**1 081 980.00**	**479 362.70**	**632 100.30**	**789 695.60**

*Abundancia relativa menor a 0.001. Fuente: elaboración propia.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Figura 2. Principales grupos taxonómicos del zooplancton colectados en Baja California Sur: a) Foraminifera; b) Medusozoa; c) Ctenophora; d) Siphonophora; e) Polychaeta; f) Pteropoda; g) Bivalvia; h) Gastropoda; i) Cephalopoda; j) Chaetognatha; k) Cladocera; l) Copepoda; m) Ostracoda; n) Stomatopoda; o) Mysida; p) Amphipoda; q) Isopoda; r) Cumacea; s) Euphausiacea; t) Decapoda, zoea de jaiba azul *Callinectes bellicosus*; u) Decapoda, larva de la langostilla *Pleuroncodes planipes*; v) Ophiuroidea; w) Teleostei, huevos de peces; x, y) Teleostei, larvas de peces. Fotos: Jaime Gómez-Gutiérrez (a-c, e-i, k-y), Ángel Silveyra-Bustamante (d), Horacio Lozano-Cobo (j).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Los quetognatos son sumamente abundantes, pero poco diversos (10 especies) en bahía Magdalena (Cota-Meza *et al.* 1992). El intercambio de zooplancton entre la plataforma continental y bahía Magdalena ocurre en tres bocas, pero la boca más amplia (Boca Entrada) es delimitada por un pronunciado gradiente de temperatura y salinidad movido por corrientes de marea (frente de marea). Dichas corrientes transportan y movilizan zooplancton propio de la bahía y de fuera de la costa, pero cada una de éstas tiene una comunidad de zooplancton distinta (Gómez-Gutiérrez *et al.* 2001, 2007, López-Ibarra y Palomares-García 2006, Martínez-Gómez *et al.* 2007). De esta forma, el zooplancton de bahía Magdalena es profundamente influenciado por la fauna planctónica de la plataforma continental y la alta productividad de la parte interior de la bahía.

Parque Nacional Cabo Pulmo

El primer estudio de zooplancton en el Parque Nacional Cabo Pulmo fue de Punta Arenas a Los Frailes, donde se registraron 28 grupos taxonómicos, de los cuales los copépodos, los quetognatos, los decápodos, los moluscos y las larvas de peces representaron 95% de la abundancia total (Angulo-Campillo *et al.* 2015). En el periodo de 2014-2017 se realizó un muestreo de zooplancton semanal por científicos civiles residentes del parque nacional e investigadores del CICIMAR-IPN para conocer la diversidad biológica del ecosistema que protegen, donde se cuantificó la abundancia de 27 grupos taxonómicos (cuadro 1). En 2014, de 4 388 huevos y larvas recolectados, fue posible identificar 157 especies de peces (agrupados en 16 ordenes, 46 familias y 84 géneros) mediante métodos genéticos (Ahern *et al.* 2018). Cabe señalar que durante el verano existen densas agregaciones del misidáceo *Mysidium rickettsi*, que viven cerca del fondo marino (demersales) y sirven como alimento para numerosos depredadores del arrecife coralino como meros, pargos y mantas (figura 3). Finalmente, es importante destacar que en esta zona continúan ampliándose los estudios sobre organismos planctónicos (p.e. Martínez-Soler *et al.* 2021, Ventura-Domínguez *et al.* 2022, Mondragón-Neri *et al.* 2023, Bates-Góngora *et al.* 2025).

Bahía de La Paz

Los primeros estudios de zooplancton en esta bahía los realizaron investigadores pioneros de la Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABCS; Signoret y Santoyo 1980), quienes implementaron un plan de muestreo en el que se registraron 100 especies de larvas de peces (González-Navarro y Saldierna-Martínez 1997). Posteriormente, se estudió la variación estacional en la distribución y abundancia de larvas de peces de especies de sardinas con valor comercial de la familia Clupeidae (*Sardinops sagax, Opisthonema libertate, O. medirastre, O. bulleri, Etrumeus sadina, Harengula thrissina* y *Lile stolifera*; Hinojosa-Medina 2004), así como la distribución y la abundancia estacional de siete especies de krill, que son presas comunes de las ballenas que visitan la bahía (De Silva-Dávila 1997, De Silva-Dávila y Palomares-García 1998, 2002).

La comunidad de zooplancton en la ensenada de La Paz es dominada por los copépodos *Acartia* (*Acartiura*) *clausii, A.* (*Odontacartia*) *lilljeborgii* y *Paracalanus parvus parvus* (Palomares-García 1996). Por su parte, para bahía de La Paz se han reportado 93 especies, donde los copépodos *Temora discaudata*, *Nannocalanus minor*, *Oithona plumifera*, *Acartia* (*Acartia*) *danae* y *Centropages furcatus* fueron las especies más frecuentes y abundantes (Lavaniegos-Espejo y González-Navarro 1999b, Aceves-Medina *et al.* 2007). En el caso específico del Canal de San Lorenzo, Lavaniegos-Espejo y González-Navarro (1999a) registraron 28 grupos taxonómicos de zooplancton (cuadro 1).

Las estimaciones de tasas de pastoreo y de producción de huevos de copépodos en bahía de La Paz brinda información sobre la variación estacional de la productividad secundaria de la bahía (Hernández-Trujillo *et al.* 2007, 2008). Los copépodos son presas comunes de las larvas de peces de importancia comercial como las sardinas y anchovetas. Sánchez-Velasco y colaboradores (2004) investigaron la distribución, abundancia y riqueza de larvas de peces en la bahía, y reportaron 110 especies pertenecientes a 44 familias, muchas de ellas parte de la pesca ribereña de la región. Las familias más abundantes fueron Pomacentridae (25%), Gerreidae (16%), Sciaenidae (14%), Haemulidae (14%) y Clupeidae (9%), que en conjun-

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Figura 3. Condiciones submarinas del Parque Nacional Cabo Pulmo: a) densa agregación epidemersal de miscidáceos; b) hembra ovígera de *Mysidium* (*Mysidium*) *rickettsi*. Fotos: Octavio Aburto-Oropeza y Jaime Gómez-Gutiérrez.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

to sumaron más de 78% del total. Posteriormente, Sánchez-Velasco y colaboradores (2006) investigaron la relación espacio-temporal de las asociaciones de larvas de peces y el flujo superficial en la bahía y la región adyacente en el golfo de California; ellos encontraron un conjunto de especies de larvas de peces costeros (como la sardina del Pacífico, *S. sagax*) y otro conjunto de especies de aguas profundas y de afinidad oceánica dominados por *Vinciguerria lucetia* y *Benthosema panamense*. Estas variaciones de las asociaciones parecen relacionarse con el patrón de intercambio de corrientes de agua entre la bahía y el golfo de California, debido a que durante el verano-otoño existe mayor número de especies de larvas de peces que el encontrado durante el resto del año.

Parque Nacional Bahía de Loreto (Puerto Escondido)

Hasta el momento no existen publicaciones que describan la estructura de la comunidad de zooplancton costero en el Parque Nacional Bahía de Loreto, pero se cuenta con estudios realizados en cruceros oceanográficos en la parte central del golfo de California (CICESE, UNAM y CICIMAR) y un estudio de larvas de peces (Brogan 1994). En los alrededores de Puerto Escondido (50 km al sur de Loreto) se observó a varias ballenas de aleta (*Balaenoptera physalus*) alimentándose de agregaciones de krill adulto de *Nyctiphanes simplex* (Gómez-Gutiérrez *et al.* 2010), además de la presencia de larvas de krill que son presa de mantas (*Mobula* spp.) y otros depredadores que consumen zooplancton (figura 4).

En el periodo de 2012-2015, el CICIMAR realizó muestreos en los que estimó la abundancia de zooplancton perteneciente a 31 grupos taxonómicos, donde los copépodos fueron los organismos más abundantes del zooplancton (67.5%), seguidos de los eufáusidos (12.6%) y quetognatos (8.7%, cuadro 1). Paradójicamente, Puerto Escondido es la región con menor abundancia de zooplancton en el estado, y en él se ha identificado una estructura de comunidad típica de la parte central del golfo de California (Brinton y Townsend 1980, Brinton *et al.* 1986). Aun con estas bajas abundancias relativas de zooplancton, la zona es punto de reunión de ballenas azules y de aleta que se alimentan de agregaciones de krill (Gendron 1992).

Bahía Concepción

La composición bioquímica, el biovolumen y la estructura de las comunidades de fito y zooplancton, se estudiaron en bahía Concepción, con la finalidad de conocer el ambiente en el que se desarrolla una pesquería artesanal de almeja catarina (Palomares-García *et al.* 2002). La estructura de la comunidad de zooplancton estuvo conformada por 16 grupos taxonómicos (cuadro 1), donde el cladócero *Penilia avirostris* fue la especie más abundante. Le siguieron los copépodos (15%) con la especie *Acartia* (*Acartiura*) *clausii* como la dominante, seguida por *Labidocera acuta*, *Pontellina plumata*, *Undinula vulgaris* y *Copilia mirabilis*, durante la época cálida. La estructura simple de la comunidad de zooplancton dominada por cladóceros es distinta a la de otras bahías del estado, debido a que es una bahía somera con una circulación dominada por mareas semi-diurnas que introducen zooplancton del golfo de California.

Bahía Concepción tiene las mayores concentraciones de clorofila *a* y biomasa zooplanctónica durante el verano, pero ambas variables son menores durante el resto del año. Los quetognatos (dominados por *Aidanosagitta neglecta*), la medusa *Liriope tetraphylla* y las larvas de crustáceos decápodos de jaibas y camarones también fueron abundantes (Palomares-García *et al.* 2002). Cabe señalar que el microzooplancton (20-200 µm) solo ha sido estudiado en bahía Concepción (Palomares-García *et al.* 2006, Noriega-Cañar y Palomares-García 2008), por lo que se trata de una fracción del zooplancton prácticamente desconocida en el resto de las bahías y zonas costeras sudcalifornianas.

Costa occidental de Baja California Sur

El programa americano California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations (CALCOFI) realizó los estudios pioneros de zooplancton (principalmente de larvas de peces y krill) en la costa del Pacífico del estado (1949-1980; Moser y Smith 1993). Por su parte, el CICIMAR estudió la distribución y abundancia de larvas de peces, copépodos y eufáusidos en cruceros durante el periodo de 1980-1994 (Gómez-Gutiérrez *et al.* 1995, Funes-Rodríguez *et al.* 1998a, b). A su vez, el CICESE y el CICIMAR

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

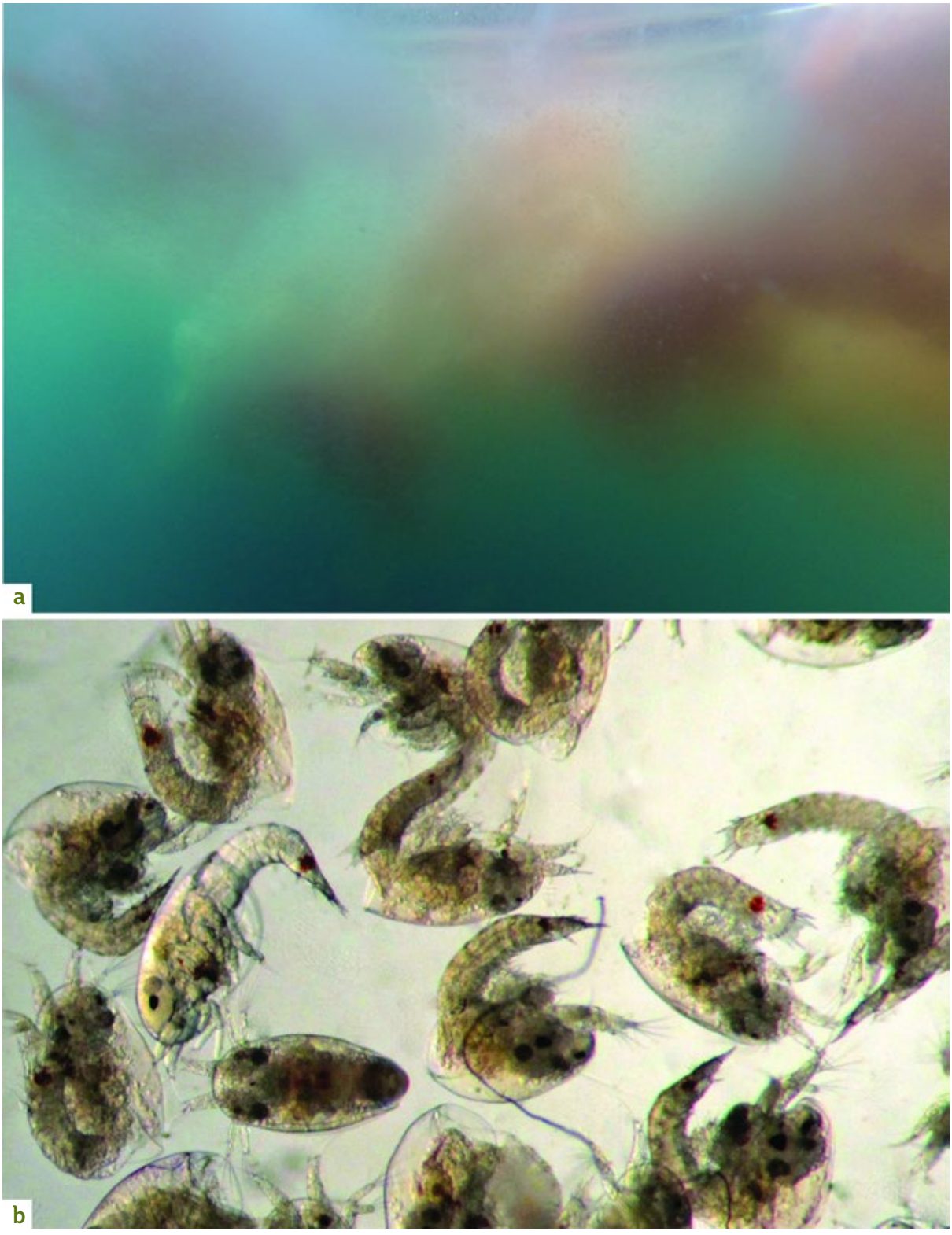


Figura 4. Parque Nacional Bahía de Loreto: a) agregación subsuperficial de larvas del krill *Nyctiphanes simplex* observado al sur de Puerto Escondido; b) larvas de *N. simplex* vistas en microscopio. Fotos: Jaime Gómez-Gutiérrez.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

–como parte del programa Investigaciones Mexicanas de la Corriente de California (IMECOCAL) en el periodo de 1998-2018– estudiaron las asociaciones específicas de larvas de peces (Jiménez-Rosenberg *et al.* 2007, 2010, Aceves-Medina *et al.* 2018, 2019), copépodos (Jiménez-Pérez y Lavaniegos-Espejo 2004, Lavaniegos-Espejo y Jiménez-Pérez 2006), anfípodos (Espinosa-Leal y Lavaniegos-Espejo 2016, Lavaniegos-Espejo 2017), eufáusidos (Lavaniegos-Espejo y Ambriz-Arreola 2011) y otros grupos zooplancton (Lavaniegos-Espejo 2014, Lavaniegos-Espejo *et al.* 2010, 2015).

Como resultado fue posible identificar 198 especies de larvas de peces (Jiménez-Rosenberg *et al.* 2010). Esta riqueza fue usualmente más alta durante el verano (99 especies) que durante el invierno (74), lo cual se explica por el desplazamiento hacia el norte de especies con afinidad tropical-ecuatorial, cuya distribución también es influenciada por remolinos y frentes oceánicos (Aceves-Medina *et al.* 2018, 2019).

Los peces de aguas profundas de la familia Myctophidae (*Vinciguerria lucetia*, *Diogenichthys laternatus* y *Triphoturus mexicanus*) fueron las especies más abundantes durante todo el año; su relevancia ecológica radica en que son presas frecuentes de múltiples peces y mamíferos marinos. Actualmente, estas especies de peces de agua profunda no tienen valor comercial. Las larvas de peces de especies comercialmente importantes como la anchoveta (*Engraulis mordax*), la sardina del Pacífico (*Sardinops sagax*), la merluza (*Merluccius productus*) y el charrito (*Trachurus symmetricus*), usualmente son abundantes durante invierno y primavera. La pesquería de estas especies ha sido explotada en bahía Magdalena desde la década de los setenta y en el pasado solía haber una pesquería en isla Cedros (Félix-Uraga *et al.* 1996, 2004).

Región suroeste del golfo de California

El zooplancton costero frente a Cabo San Lucas ha sido menos estudiado que en el resto del estado, debido a que la principal actividad socioeconómica en esta región está avocada al turismo con pesca deportiva y no a la industria pesquera. En la parte oceánica existe un gradiente pronunciado de temperatura y salinidad (frente termo-halino) que separa la fauna de krill y copépodos de la parte sur de la Corriente de California y del golfo de California (Gómez-Gutiérrez y Hernández-Trujillo 1994), lo que representa una región de transición entre ambas masas de agua.

Como referente, Davies y colaboradores (2015) estudiaron la distribución vertical de larvas de peces en la parte suroccidental del estado, y encontraron la mayor riqueza y abundancia en la región norte donde la capa mínima de oxígeno es más profunda (>250 m); mientras que la menor riqueza estuvo en la porción sur de la boca del golfo, donde la capa mínima de oxígeno es usualmente somera (>60 m). Asimismo, Jerónimo-Balcázar (2011) investigó la estructura de la comunidad de zooplancton oceánico de la región de bahía Concepción a Cabo San Lucas a partir de la comparación de datos de marzo 2005 y 2006, y registró 18 grupos taxonómicos dominados por copépodos (46-64%), quetognatos (11-27%), eufáusidos (5.5-7.9%), ostrácodos (1.7%) y taliáceos (7-8%); mientras que la comunidad de larvas de peces incluyó 50 especies.

Apango-Figueroa y colaboradores (2015) demostraron una conexión entre el hábitat costero de Baja California Sur y el hábitat oceánico para 110 *taxa* de larvas de peces demersales (que viven cerca del fondo marino), pelágicos y epipelágicos (que viven en profundidades no mayores a 200 m) transportados por corrientes perpendiculares a la costa conectados con remolinos; la implicación ecológica de ello es la retención de larvas cerca de la costa que favorece a las poblaciones costeras de peces.

Por su parte, Urias-Leyva y colaboradores (2018) reportaron 74 *taxa* de larvas de peces (50 especies, 56 géneros y 35 familias) a lo largo de la costa este de la entidad; además, regionalizaron latitudinalmente la biota en diferentes épocas del año y detectaron las áreas de desove de especies de relevancia comercial y ecológica, como lenguados, peces pelágicos menores y peces mictófidos. Asimismo, Sánchez-Velasco y colaboradores (2017) demostraron los cambios en la estructura de la comunidad de larvas de peces de aguas profundas (peces linternas como *Diogenichthys laternatus*, *Vinciguerria lucetia* y *Bregmaceros bathymaster*) y larvas de atún (género *Auxis*) en la boca del golfo de California por efecto del evento de El Niño durante el periodo de 2015-2016, en contraste con la comunidad de larvas encontrada durante 2000-2012.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Importancia

La estimación de la producción secundaria en un ecosistema es importante porque permite inferir la cantidad biomasa que produce una especie por unidad de área y unidad tiempo (p.e. miligramos de peso por metro cúbico por día, mg/m^3/día). Es decir, brinda una cantidad que puede compararse para saber si una región es más productiva que otra en cuanto a la concentración de biomasa por crecimiento corporal y/o reproducción de la especie analizada. Los estudios de producción secundaria en zooplancton de Baja California Sur y en México se han realizado hasta ahora únicamente en dos grupos: una especie de krill y algunas pocas especies de copépodos.

El krill *N. simplex* presenta una elevada abundancia que forma grandes agregaciones en aguas costeras alrededor de la Península de Baja California, y es la especie con mayor número de estimaciones de producción secundaria (Lavaniegos-Espejo 1995, Gómez-Gutiérrez *et al.* 1996, 2012, De Silva-Dávila 1997, De Silva-Dávila y Palomares-García 1998, 2002). La mayor producción de *N. simplex* se detectó frente a Punta Abreojos, seguida de bahía Sebastián Vizcaíno, y en menor proporción en la costa de bahía Magdalena y bahía de La Paz. Las grandes agregaciones antes mencionadas son presa común de peces como el tiburón ballena (*Rhincodon typus*; Ketchum-Mejia 2003), aves y mamíferos marinos como la ballena azul (*Balaenoptera musculus*) y la ballena de aleta (*Balaenoptera physalus*; Gendron 1992, Del Ángel-Rodríguez 1997). Por lo tanto, las estimaciones de abundancia y producción permiten inferir qué regiones son más propicias para que estos depredadores se alimenten de krill, información relevante para las empresas ecoturísticas de avistamiento de tiburón ballena y ballenas.

En el caso de los copépodos solo se ha estimado la producción de huevos (sin estimar producción por mudas y crecimiento corporal) de cinco especies en bahía Magdalena (*P. parvus*, *A. lilljeborgii*, *A.* (*Acartiura*) *clausii*, *C. furcatus* y *Labidocera trispinosa*; Gómez-Gutiérrez *et al.* 1999, Palomares-García y De Silva-Dávila 2007), cuatro especies en bahía de La Paz (*A.* (*Acartiura*) *clausii*, *lilljeborgii*, *C. furcatus* y *L. acuta*; Palomares-García *et al.* 2003a, Hernández-Trujillo *et al.* 2008) y una especie en bahía Concepción (*A.* (*Acartiura*) *clausii*; Palomares-García *et al.* 2006). Estos organismos se reproducen diariamente; las hembras pueden producir hasta 40% de su peso en huevos, lo que les permite tener altas densidades que son presa de virtualmente todos los carnívoros y omnívoros del zooplancton, peces, aves e incluso ballenas.

Las zonas con mayor tasa de producción secundaria de krill y copépodos se han registrado en bahía Magdalena, seguida de bahía de La Paz. Actualmente, se desconoce cuál es el efecto de los cambios climáticos de calentamiento del mar en la producción de zooplancton en el estado, que evidentemente tiene un impacto en niveles tróficos superiores.

Amenazas a la biodiversidad

Sobrepesca

Las actividades humanas afectan al zooplancton marino, debido a que es vulnerable a múltiples riesgos por sus cortos ciclos de vida que los hace altamente sensibles incluso a procesos y disturbios de corta duración. La sobrepesca daña fuertemente al meroplancton[1] (Gell y Roberts 2003, Johnson *et al.* 2017). Esta sobreexplotación deteriora los ecosistemas de arrecifes rocosos y coralinos, y causa la disminución de las densidades de peces e invertebrados de pesca comercial, que son a su vez los progenitores de los huevos y las larvas de peces en el zooplancton (Aburto-Oropeza y Balart 2001, Aburto-Oropeza *et al.* 2011, 2015, Ahern *et al.* 2018). Asimismo, la sobrepesca a mediano y largo plazo modifica la diversidad y la producción de zooplancton, al disminuir la población reproductora de peces y crustáceos de valor comercial. Lo anterior puede revertirse a través del diseño de estrategias de conservación de áreas altamente diversas o productivas como es el caso del Parque Nacional Cabo Pulmo, que es un ejemplo a nivel mundial de recuperación del ecosistema en cerca de una década (Aburto-Oropeza *et al.* 2011, 2015).

1 Organismos que pasan solo una parte de su vida en el plancton, típicamente en sus fases larvales.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Desalinización

La desalinización del agua marina, producto del desarrollo costero, afecta enormemente a la comunidad del zooplancton (Verutes *et al.* 2014). Aunque hasta la fecha de la elaboración de este trabajo no se cuenta con estimaciones del volumen de agua desalinizada en la entidad, se considera que utilizar el agua marina a través de dicho proceso con fines de riego y consumo humano directo es probablemente la mayor amenaza a la diversidad del zooplancton costero, debido a que por su geografía, clima desértico, escasa precipitación y poca recarga en los acuíferos, el territorio sudcaliforniano es una de las zonas con menor disponibilidad de agua del país.

El agua marina superficial alberga miles de organismos de diversas especies, por lo que su extracción significa una enorme sustracción de biota marina entre la que se incluyen huevos y larvas de peces, crustáceos (camarones, cangrejos y langostas) y moluscos (almejas), que de adultos son parte de la pesca comercial y de la subsistencia de la población estatal. A nivel ecológico, esto puede traer consecuencias graves como modificación de la trama alimenticia y la posible disminución de la riqueza de especies.

La desalinización ha sido una solución en la realización de desarrollos turísticos que no podrían existir con abasto de agua exclusivamente de los mantos acuíferos naturales del estado. Este problema se agrava con el aumento de la densidad poblacional (de 313 000 en 1990 a 712 000 en 2019), la tasa de crecimiento de 130% en los últimos 25 años y al incremento de desarrollos turísticos en la región de Los Cabos, La Paz y Loreto, donde el abastecimiento de agua por acuíferos parece estar cerca de su límite con un consumo promedio de 150-200 l de agua/día/habitante. Al respecto, es importante destacar que 10 de los 39 acuíferos en el estado actualmente tienen intrusión salina.

Ante la situación del uso de agua desalinizada, se considera importante desarrollar estrategias con menor riesgo ambiental como: 1) la desalinización de agua de los acuíferos subterráneos, y 2) la construcción de presas que permitan acumular agua de huracanes y lluvias por la creación de cuencas epicontinentales que acumulen agua. Respecto a este último punto, cabe señalar que 80% de las precipitaciones que ocurren en la época de tormentas tropicales, se pierde por escurrimientos hacia el mar y evaporación durante el verano (septiembre a octubre cuando es la época de huracanes).

Microplásticos y cambio climático

La contaminación por microplásticos es otra amenaza para el zooplancton (aún no estudiado en aguas del estado; Cole *et al.* 2013, Fossi *et al.* 2017), así como el cambio climático que puede afectar sus niveles de producción (Gómez-Gutiérrez *et al.* 2012, Robinson *et al.* 2016, Sánchez-Velasco *et al.* 2017). En el golfo de California estacionalmente se presenta una tropicalización de la fauna planctónica durante el verano (junio-octubre), con el avance de agua tropical superficial proveniente de la región sur del golfo (Brinton y Townsend 1980, Brinton *et al.* 1986). Sin embargo, desde 2010 el agua tropical superficial avanza más hacia el norte por la ocurrencia de periodos de aguas cálidas estacionales cada vez más prolongados, lo que acarrea una disminución generalizada de la biomasa zooplanctónica y el incremento (y posible establecimiento) de especies tropicales e invasoras (Robinson *et al.* 2016, Ahern *et al.* 2018). En resumen, el incremento prolongado de la temperatura en el futuro puede causar veranos más largos y disminuir la productividad de zonas pesqueras como Punta Abreojos, bahías Magdalena y de La Paz, en zonas de avistamiento de ballenas como Loreto y bahía de La Paz, y potencialmente afectar ecosistemas actualmente en buena condición de salud ecosistémica como el Parque Nacional Cabo Pulmo. El efecto del clima en la base de la trama alimentaria en Baja California Sur debiera ser una preocupación de los habitantes de este estado rodeado de hábitats marinos.

Conclusiones

El conocimiento de la diversidad de zooplancton marino en Baja California Sur es, en general, adecuado; esto contrasta con el virtual desconocimiento del zooplancton de aguas epicontinentales (ríos, arroyos temporales y oasis), cuya diversidad y abundancia puede ser afectada por la explotación de agua dulce de mantos de agua naturales. Hasta el momento no existen estudios de zooplancton de cuerpos de agua

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

dulce en el estado, por lo que se considera que debe investigarse en un futuro cercano. Las bahías mejor conocidas en cuanto a la diversidad de zooplancton marino son Magdalena y de La Paz, y desde 2012 el Parque Nacional Cabo Pulmo. El zooplancton de Cabo San Lucas y la región suroeste de la entidad son menos conocidos.

El mayor riesgo para la diversidad y abundancia de zooplancton en Baja California Sur es la desalinización de agua, lo cual sucede en parte por la falta de sensibilidad y desconocimiento de la población, pero principalmente por la acción de los desarrolladores de proyectos civiles y turísticos, quienes desconocen el impacto ecológico que causa su actividad en los ambientes costeros marinos. Se espera que la desalinización aumente de acuerdo con el incremento poblacional del estado, y con ello incremente el deterioro progresivo de los mantos acuíferos. Actualmente no se está desarrollando ninguna acción de protección a los ambientes marinos por efectos de la desalinización de agua marina y la contaminación por microplásticos u otros posibles contaminantes.

El único ecosistema protegido exitosamente es el Parque Nacional Cabo Pulmo; mientras que el éxito en el Parque Nacional Bahía de Loreto y el archipiélago de Espíritu Santo ha sido menor. Adicionalmente, cabe resaltar que la sobrepesca impone un gran reto de conservación en beneficio de mantener ecosistemas naturales saludables para las generaciones futuras.

Referencias

Aburto-Oropeza, O. y E.F. Balart. 2001. Community structure of reef fish in several habitats of a rocky reef in the Gulf of California. *Marine Ecology* 22(4):283-305.

Aburto-Oropeza, O., B. Erisman, G.R. Galland *et al.* 2011. Large recovery of fish biomass in a no-take marine reserve. *PLOS ONE* 6(8):e23601.

—. 2015. A framework to assess the health of rocky reefs linking geomorphology, community assemblage, and fish biomass. *Ecological Indicators* 52:353-361.

Aceves-Medina, G., S.P.A. Jiménez-Rosenberg y R. Durazo. 2018. Distribution and abundance of the ichthyoplankton assemblages and its relationships with the geostrophic flow along the southern region of the California Current. *Latin Amercan Journal of Aquatic Research* 461:104-119.

—. 2019. Fish larvae as indicator species of interannual environmental variability in a subtropical transition area off the Baja California Peninsula. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography* 169-170:104631.

Aceves-Medina, G., G. Esqueda-Escárcega, M.R. Pacheco-Chávez *et al.* 2007. Cambios diarios en la composición y abundancia de copépodos planctónicos al sur de bahía de La Paz (octubre 2002). *Hidrobiológica* 17(2):185-188.

Ahern, A.L.M., J. Gómez-Gutiérrez, O. Aburto-Oropeza *et al.* 2018. DNA sequencing of fish eggs and larvae reveals high species diversity and seasonal changes in spawning activity in the southeastern Gulf of California. *Marine Ecology Progress Series* 592:159-179.

Álvarez-Borrego, S., L.A. Galindo-Bect y A. Chee-Barragán. 1975. Características hidroquímicas de bahía Magdalena, BCS. *Ciencias Marinas* 2(2):94-110.

Angulo-Campillo, O., C. Salinas-Zavala y V. Morales-Zarate. 2015. Distribución y abundancia de zooplancton en Cabo Pulmo. En: *Simposio 20 años de investigación y manejo para la conservación del Parque Nacional Cabo Pulmo*. UABCS, Baja California Sur.

Apango-Figueroa, E., L. Sánchez-Velasco, M.F. Lavín *et al.* 2015. Larval fish habitats in a mesoscale dipole eddy in the Gulf of California. *Deep Sea Research Part I* 103:1-12.

Bates-Góngora, K.V., R. Funes-Rodríguez, R.J. Saldierna-Martínez *et al.* 2025. Ichthyoplankton species assemblages during the 2015-2016 El Niño in the southwest Gulf of California. *Journal of Plankton Research* 47:fbaf011.

Brinton, E. y A.W. Townsend. 1980. Euphausiids in the Gulf of California-the 1957 cruises. *California Cooperative Oceanic Fish Investigations Report* 21:211-236.

Brinton, E., A. Fleminger y D. Siegel-Causey. 1986. The temperate and tropical planktonic biotas of the Gulf of California. *California Cooperative Oceanic Fish Investigations Report* 27:228-266.

Brogan, M.W. 1994. Two methods of sampling fish larvae over reefs: a comparison from the Gulf of California. *Marine Biology* 118(1):33-44.

Cole, M., P. Lindeque, E. Fileman *et al.* 2013. Microplastic ingestion by zooplankton. *Environmental Science and Technology* 47(12):6646-6655.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Cota-Meza, S., M.J. Haro-Garay y R.V. Massé-Zendejas. 1992. Distribución y abundancia de quetognatos en el complejo lagunar de bahía Magdalena, Baja California Sur, México durante el ciclo estacional 1988-1989. *Investigaciones Marinas* CICIMAR 7(2):47-59.

Davies, S.M., L. Sánchez-Velasco, E. Beier *et al.* 2015. Three-dimensional distribution of larval fish habitats in the shallow oxygen minimum zone in the eastern tropical Pacific Ocean off Mexico. *Deep Sea Research Part I* 101:118-129.

De Silva-Dávila, R. 1997. *Abundancia y distribución de los eufaúsidos y producción larvaria de Nyctiphanes simplex Hansen, en la bahía de La Paz, BCS, México*. Tesis de maestría. CICIMAR-IPN, La Paz.

De Silva-Dávila, R. y J.R. Palomares-García. 1998. Unusual larval growth production of *Nyctiphanes simplex* in bahia de la Paz, Baja California Sur, Mexico. *Journal of Crustacean Biology* 18(3):490-498.

—. 2002. Distributional patterns of the euphausiid community in bahia de La Paz, BCS, México. En: *Contributions to the study of the East Pacific crustaceans*. M.E. Hendrickx (ed.). Instituto de Ciencias del Mar y Limnología-UNAM, México, pp. 109-125.

Del Ángel-Rodríguez, J.A. 1997. *Hábitos alimentarios y distribuciones espacio-temporal de los rorcuales común (Balaenoptera physalus) y azul (Balaenoptera musculus) en la bahía de La Paz, BCS* México. Tesis de maestría. CICIMAR-IPN, La Paz.

Espinosa-Leal, L.L. y B.E. Lavaniegos-Espejo. 2016. Seasonal variability of pelagic amphipods off Baja California during La Niña 2011 and comparison with a "neutral year" (2005). *California Cooperative Oceanic Fisheries Investigation Report* 57:132-150.

Félix-Uraga, R., R.M. Alvarado-Castillo y R. Carmona-Piña. 1996. The sardine fishery along the western coast of Baja California, 1981 to 1994. *California Cooperative Oceanic Fisheries Investigation Report* 37:188-192.

Félix-Uraga, R., V.M. Gómez-Muñoz, C. Quiñonez-Velázquez *et al.* 2004. On the existence of Pacific sardine groups off the west coast of Baja California and southern California. *California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations Report* 45:146-151.

Fossi, M.C., M. Baini, C. Panti *et al.* 2017. Are whale sharks exposed to persistent organic pollutants and plastic pollution in the Gulf of California (Mexico)? First ecotoxicological investigation using skin biopsies. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology and Pharmacology* 199:48-58.

Funes-Rodríguez, R., R. González-Armas y R. Avendaño-Ibarra. 1998a. Distribución y abundancia de las larvas de peces en el sistema lagunar de Bahía Magdalena-Almejas, Baja California Sur, México. *Hidrobiológica* 8(1):55-66.

Funes-Rodríguez, R., A. Fernández-Alamo y R. González-Armas. 1998b. Larvas de peces en el sistema lagunar recolectadas durante dos eventos El Niño en la costa occidental de Baja California Sur, México. *Oceánides* 13(1):67-75.

Funes-Rodríguez R., A. Hinojosa-Medina, R. Avendaño-Ibarra *et al.* 2001. Spawning of small pelagic fishes in Bahía Magdalena, Baja California Sur, Mexico, at the beginning of the 1997-1998 El Niño event. *Estuarine Coastal of Shelf Science* 53(5):653-664.

Funes-Rodríguez, R.J., J. Gómez-Gutiérrez y R. Palomares-García. 2007. *Estudios ecológicos en Bahía Magdalena*. IPN, México.

Gell, F.R. y C.M. Roberts. 2003. Benefits beyond boundaries: the fishery effects of marine reserves. *Trends in Ecology and Evolution* 18(9):448-455.

Gendron, D. 1992. Population structure of daytime surface swarms of *Nyctiphanes simplex* (Crustacea: Euphausiacea) in the Gulf of California, Mexico. *Marine Ecology Progress Series* 87:1-6.

Gómez-Gutiérrez, J. y S. Hernández-Trujillo. 1994. Euphausiacea and Copepoda of the oceanic front off Cabo San Lucas BCS, México (August 1988). *Revista de Biología Tropical* 42:155-164.

Gómez-Gutiérrez, J., R. Palomares-García y D. Gendron. 1995. Community structure of the euphausiids populations along the west coast of Baja California, México during the weak ENSO 1986-87. *Marine Ecology Progress Series* 120:41-51.

Gómez-Gutiérrez, J., R. De Silva-Dávila y B. Lavaniegos-Espejo. 1996. Growth production of the euphausiid *Nyctiphanes simplex* on the coastal shelf off bahía Magdalena, Baja California Sur, México. *Marine Ecology Progress Series* 138:309-314.

Gómez-Gutiérrez, J., S. Martínez-Gómez y C.J. Robinson. 2007. Influence of tidal fronts on surface zooplankton aggregation and community structure in a subtropical bay, bahía Magdalena, Mexico. *Marine Ecology Progress Series* 346:109-125.

Gómez-Gutiérrez, J., R. Palomares-García, R. De Silva-Dávila *et al.* 1999. Copepod daily egg production and growth rates in Bahía Magdalena, México. *Journal of Plankton Research* 21(12):2227-2244.

Gómez-Gutiérrez, J., R. Palomares-García, S. Hernández-Trujillo y A. Carballido-Carranza. 2001. Community structure and distribution of zooplankton through the main entrance of Bahía Magdalena México during 1996. *Revista de Biología Tropical* 49(2):545-558.

Gómez-Gutiérrez, J., C.J. Robinson, S. Kawaguchi *et al.* 2010. Parasite diversity of *Nyctiphanes simplex* and *Nematoscelis difficilis* (Crustacea: Euphausiacea) along the Northwestern coast of Mexico. *Diseases of Aquatic Organisms* 88(3):249-266.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Gómez-Gutiérrez, J., S. Martínez-Gómez y C.J. Robinson. 2012. Seasonal growth, molt, and egg production rates of *Nyctiphanes simplex* (Crustacea: Euphausiacea) juveniles and adults in the Gulf of California. *Marine Ecology Progress Series* 455:173-194.

González-Navarro, E. y R. Saldierna-Martínez. 1997. Zooplancton de la bahía de La Paz, BCS (1990-1991). En: *La bahía de La Paz*. R. Urbán y M. Ramírez (eds.). UABCS/CICIMAR-IPN, México, pp. 43-57.

Hernández-Trujillo, S., R. Palomares-García, G. López-Ibarra *et al.* 2004. Riqueza específica de copépodos en bahía Magdalena, Baja California Sur, México. *Anales del Instituto de Biología-UNAM* serie zoología 75(2):253-270.

Hernández-Trujillo, S., A. Zárate-Villafranco, R. Pacheco-Chávez *et al.* 2007. Pastoreo del mesozooplancton sobre el fitoplancton en la bahía de La Paz, BCS, México. *Hidrobiológica* 17(3):225-231.

—. 2008. Variación estacional de la producción de huevos del copépodo calanoideo *Centropages furcatus* (Dana, 1852) en la bahía de La Paz, México. *Hidrobiológica* 18:61-67.

Hernández-Trujillo, S., G. Esqueda-Escárcega y R. Palomares-García. 2010. Variabilidad de la abundancia de zooplancton en bahía Magdalena, Baja California Sur, México (1997-2001). *Latin Amererican Journal of Aquatic Research* 38(3):438-446.

Hinojosa-Medina, A. 2004. *Bahía de La Paz: hábitat de desove de peces de la familia clupeidae*. Tesis de maestría. CICIMAR-IPN, La Paz.

Hinojosa-Medina, A., R. Funes-Rodríguez, G. Aceves-Medina *et al.* 2007. Evolución de la investigación científica en el complejo lagunar bahía Magdalena-Almejas. En: *Estudios ecológicos en bahía Magdalena*. R. Funes-Rodríguez, J. Gómez-Gutiérrez y J.R. Palomares-García (eds.). CICIMAR-IPN, La Paz, pp. 289-311.

Jerónimo-Balcázar, J. 2011. *Variación interanual de las larvas de peces pelágicos menores en el golfo de California, y su relación con el zooplancton y el ambiente durante marzo 2005 y 2006*. Tesis de maestría. CICIMAR-IPN, La Paz.

Jiménez-Pérez, L.C. y B.E. Lavaniegos-Espejo. 2004. Changes in dominance of copepods off Baja California during the 1997-1999 El Niño and La Niña. *Marine Ecology Progress Series* 27:147-165.

Jiménez-Rosenberg, S.P.A., R.J. Saldierna-Martínez, G. Aceves-Medina *et al.* 2007. Fish larvae in bahia Sebastián Vizcaíno and the adjacent oceanic region, Baja California, México. *Check List* 3(3):204-223.

—. 2010. Fish larvae off the northwestern coast of the Baja California Peninsula, Mexico. *Check List* 6(2):334-349.

Johnson, A.F., M. Moreno-Báez, A. Giron-Nava *et al.* 2017. A spatial method to calculate small-scale fisheries effort in data poor scenarios. *PLOS ONE* 12:e0174064.

Ketchum-Mejia, J.T. 2003. *Distribución espacio-temporal y ecología alimentaria del tiburón ballena (Rhincodon typus) en la bahía de La Paz y zonas adyacentes en el Suroeste del Golfo de California*. Tesis de maestría. CICIMAR-IPN, La Paz.

Lavaniegos-Espejo, B.E. 1995. Production of the euphausiid *Nyctiphanes simplex* in Vizcaino Bay, western Baja California. *Journal of Crustacean Biology* 15(3):444-453.

—. 2014. Crustáceos planctónicos como indicadores de variabilidad climática y corrientes marinas. En: *Bioindicadores: guardianes de nuestro futuro ambiental*. C.A. González-Zuarth, A. Vallarino, J.C. Pérez-Jiménez y A.M. Low-Pfeng (eds.). Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, México, pp. 147-170.

—. 2017. Changes in composition of summer hyperiid amphipods from a subtropical region of the California current during 2002-2008. *Journal of Marine System* 165:13-26.

Lavaniegos-Espejo, B.E. y I. Ambriz-Arreola. 2011. Interannual variability in krill off Baja California in the period 1997-2005. *Progress in Oceanography* 97:164-173.

Lavaniegos-Espejo, B.E. y E. González-Navarro. 1999a. Grupos principales del zooplancton durante El Niño 1992-93 en el Canal de San Lorenzo, Golfo de California. *Revista de Biología Tropical* 47(1):129-140.

—. 1999b. Cambios en la comunidad de copépodos durante el ENSO 1992-93 en el canal de San Lorenzo, Golfo de California. *Ciencias Marinas* 25(2):239-265.

Lavaniegos-Espejo, B.E. y L.C. Jiménez Pérez. 2006. Biogeographic inferences of shifting copepod distribution during 1997-1999 El Niño and La Niña in the California Current. En: *Contribuciones al estudio de los crustáceos del Pacífico este*. M.E. Hendrickx (ed.). UNAM, México, pp. 113-158.

Lavaniegos-Espejo, B.E., O. Molina-González y M. Murcia-Riaño. 2015. Zooplankton functional groups from the California Current and climate variability during 1997-2013. *CICIMAR Oceánides* 30(1):45-62.

Lavaniegos-Espejo, B.E., I. Ambriz-Arreola, C. Hereu *et al.* 2010. Variabilidad estacional e interanual del zooplancton. En: *Dinámica del ecosistema pelágico frente a Baja California, 1997-2007*. G. Gaxiola-Castro y R. Durazo (eds.). Instituto Nacional de Ecología, México, pp. 87-126.

López-Ibarra, G.A. y R. Palomares-García. 2006. Estructura de la comunidad de copépodos en bahía Magdalena, México, durante El Niño 1997-1998. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 41(1):63-76.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Martínez-Gómez, S., J. Gómez-Gutiérrez y C.J. Robinson. 2007. Transporte de agregaciones de zooplancton a través de la boca de bahía Magdalena asociado a corrientes y frentes de marea. En: *Estudios ecológicos en bahía Magdalena.* R. Funes-Rodríguez, J. Gómez-Gutiérrez y R. Palomares-García (eds.). CICIMAR-IPN, La Paz, pp. 189-203.

Martínez-Soler, E., J. Gómez-Gutiérrez, R. De Silva-Dávila *et al.* 2021. Cephalopod paralarval species richness, abundance, and size structure during 2014-2017 anomalous warm period at south Gulf of California. *Journal of Plankton Research* 43(2):1-20.

Mondragón-Neri, G., J. Gómez-Gutiérrez, F. García-Fernández *et al.* 2023. Ontogenetic social behavior and seasonal abundance of the subtropical krill *Nyctiphanes simplex* in northwestern Mexican waters. *Journal of Plankton Research* 45(3):421-439.

Moser, G.H. y P.E. Smith 1993. Larval fish assemblages of the California Current region and their horizontal and vertical distributions across a front. *Bulletin of Marine Science* 53(2):645-691.

Noriega-Cañar, A.M. y J.R. Palomares-García. 2008. Pastoreo por el microzooplancton en bahía Concepción, golfo de California, México. *Hidrobiológica* 1:141-151.

Palomares-García, R. 1996. Estructura espacial y variación estacional de los copépodos en la Ensenada de La Paz. *Oceánides* 11(1):29-43.

Palomares-García, R. y J. Gómez-Gutiérrez. 1996. Copepod community structure at Bahia Magdalena, Mexico during El Niño 1983-1984. *Estuarine Coastal of Shelf Science* 43:583-595.

Palomares-García, R. y R. De Silva-Dávila. 2007. Variación estacional de la producción de huevos de copépodos en bahía Magdalena. En: *Estudios ecológicos en bahía Magdalena*. R. Funes-Rodríguez, J. Gómez-Gutiérrez y R. Palomares-García (eds.). CICIMAR-IPN, La Paz, pp. 175-188.

Palomares-García, R., R. De Silva-Dávila, A. Martínez *et al.* 2001. El evento El Niño 1997-1998 y su impacto sobre el zooplancton en Bahía Magdalena, BCS. En: *Los efectos del fenómeno El Niño en México 1997-1998.* CONACYT, México, pp. 92-198.

Palomares-García, R., A. Martínez-López e I. Gárate-Lizárraga. 2002. Plankton community changes in Bahía Concepción, México. *Oceánides* 17:113-128.

Palomares-García, R., A. Martínez-López y R. De Silva-Dávila. 2003a. Winter egg production rates of four calanoid copepod species in bahía de La Paz, México. *Contributions to the study of the East Pacific Crustaceans* 2:139-152.

Palomares-García, R., A. Martínez-López, R. De Silva-Dávila *et al.* 2003b. Biological effects of El Niño 1997-98 on a shallow subtropical ecosystem: Bahía Magdalena, Mexico. *Geofisica Internacional Mexico* 42(3):455-466.

Palomares-García, R., J. Bustillos-Guzmán, C.J. Band-Schnidt *et al.* 2006. Effect of the toxic dinoflagellate *Gymnodinium catenatum* on the grazing, egg production, and hatching success of the copepod *Acartia clausi*. *Ciencias Marinas* 32(1B):97-109.

Robinson, C.J., J. Gómez-Gutiérrez, U. Markaida *et al.* 2016. Prolonged decline of jumbo squid (*Dosidicus gigas*) landings in the Gulf of California is associated with chronically low wind stress and decreased chlorophyll *a* after El Niño 2009-2010. *Fishery Research* 173(2):128-138.

Saldierna-Martínez, R.J., C.A. Sánchez-Ortíz y G.R. Vera-Alejandré. 1987. Estudios sobre los primeros estadios de vida de las sardinas crinuda *Opisthonema libertate* y monterrey *Sardinops sagax*, bahía Magdalena, BCS. Tesis de licenciatura. UABCS, Baja California Sur.

Sánchez-Velasco, L., E. Beier, C. Avalos-García *et al.* 2006. Larval fish assemblages and geostrophic circulation in bahia de La Paz and the surrounding southwestern region of the Gulf of California. *Journal of Plankton Research* 28(11):1081-1098.

Sánchez-Velasco, L., E. Beier, V. Godínez *et al.* 2017. Hydrographic and fish larvae distribution during the "Godzilla El Niño 2015-2016" in the northern end of the shallow oxygen minimum zone of the Eastern Tropical Pacific Ocean. *Journal of Geophysical Research Oceans* 122(3):2156-2170.

Sánchez-Velasco, L., P. Jiménez-Rosenberg, B. Shirasago-German *et al.* 2004. Distribution and abundance of fish larvae in bahia de La Paz (Gulf of California) and their relation to hydrographic variability during summer (1997-1998). *Deep-Sea Research* 51:723-737.

Signoret, M. y H. Santoyo. 1980. Aspectos ecológicos del plancton de la bahía de La Paz, Baja California Sur. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología-UNAM* 7(2):217-248.

Urias-Leyva, H., G. Aceves-Medina, R. Avendaño-Ibarra *et al.* 2018. Regionalization in the distribution of larval fish assemblages during winter and autumn in the Gulf of California. *Latino American Journal of Aquatic Research* 46(1):20-36.

Verutes, G.M., C. Huang, R.R. Estrella *et al.* 2014. Exploring scenarios of light pollution from coastal development reaching sea turtle nesting beaches near Cabo Pulmo, Mexico. *Global Ecology and Conservation* 2:170-180.

Ventura-Domínguez, P.D., J. Gómez-Gutiérrez, R. De Silva-Dávila *et al.* 2022. Community structure and biomass of euphausiids and mysids through a weekly time series from 2014 to 2017 in Cabo Pulmo National Park, Mexico. *Progress in Oceanography* 208:102881.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

6

Diversidad de especies

Invertebrados

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Moluscos marinos

Arturo Tripp Quezada y Abril Karim Romo Piñera

Introducción

Los moluscos son un grupo de invertebrados conformado por quitones (poliplacóforos), caracoles y babosas (gasterópodos), almejas (bivalvos), pulpos y calamares (cefalópodos) y conchas colmillo (escafópodos). Estos organismos están adaptados a una gran diversidad de hábitats, desde la zona intermareal hasta las zonas profundas en los océanos; en agua dulce y hábitats terrestres.

Poseen un cuerpo blando conformado por una cabeza, un pie y la masa visceral, envueltos por una lámina gruesa de tejido (denominada manto) encargada de secretar la concha (en las especies que la poseen). Una característica particular de este grupo (con excepción de los bivalvos) es la presencia de una estructura similar a una lengua con dientes denominada rádula, que según el grupo funciona para perforar, raspar, capturar o triturar a sus presas. Poseen diferentes sistemas visuales como ojos parecidos a los de los vertebrados (en cefalópodos), ocelos de colores brillantes (en almejas) o copas oculares pigmentadas (en abulones; Bertsch y Aguilar-Rosas 2016).

Sus ciclos de vida son muy variados. Los bivalvos pueden presentar especies con sexos separados o hermafroditas, y su reproducción ocurre a través de fecundación externa; asimismo, tienen una fase larvaria móvil y posteriormente llevan a cabo un proceso de metamorfosis, cuando se fijan al sustrato y continúan su crecimiento. Por su parte, los gasterópodos o caracoles presentan órganos copuladores externos, con fecundación interna en la mayoría de los casos. Una vez realizada la fecundación, las hembras liberan los huevos en formas muy variadas. Algunas especies realizan desoves masivos a través de fecundaciones externas. Las larvas presentan una torsión de 180° para formar posteriormente la concha y la fase juvenil (Brusca *et al.* 2016).

Dentro de los moluscos, el grupo que tiene la mayor movilidad son los cefalópodos. Estos presentan sexos separados, donde los machos tienen un brazo modificado llamado hectocotilo que utilizan para transferir los espermatóforos al oviducto de la hembra, donde se lleva a cabo la fecundación interna. Posteriormente, la hembra busca un lugar protegido para poner sus huevos y cuidarlos. Durante las dos semanas posteriores, la hembra no se alimenta, por lo que queda exhausta y una vez que han eclosionado los huevos, generalmente muere (Brusca *et al.* 2016).

En las especies de interés comercial, las poblaciones pueden verse afectadas por la actividad pesquera. Los organismos sésiles o semi-sésiles dependen de condiciones de temperatura y alimento específicas para poder llevar a cabo su reproducción, por lo que

Tripp-Quezada, A. y A.K. Romo-Piñera. 2025. Moluscos marinos. En: *La biodiversidad en Baja California Sur. Estudio de Estado*. Vol. II. CONABIO/FFB, México, pp. 163-170.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

los cambios ambientales o la sobreexplotación pueden diezmar sus poblaciones. En el caso de los cefalópodos su reproducción se ve aún más afectada, debido a que las hembras solo se reproducen una vez, lo que se conoce como semelparidad (Brusca *et al.* 2016).

Diversidad

En México habitan entre 6 000 y 7 000 especies de moluscos, de los cuales al menos 4 600 son marinas (equivalente a ~3% del total en el mundo) y se estima que faltan unas 1 500 por describir en el país. Del total de especies de moluscos en las costas mexicanas, el Pacífico alberga a poco más de 2 500 especies, mientras que en el golfo de California se han documentado 2 196, de las cuales 1 529 son gasterópodos, 566 bivalvos, 59 poliplacóforos, 21 escafópodos, 20 cefalópodos y un monóplacóforo (Hendrickx y Brusca 2007, Castillo-Rodríguez 2014, Martínez-Meyer *et al.* 2014).

Es importante resaltar que existe poca información sobre la riqueza y distribución de los moluscos marinos en las islas y el litoral del golfo de California. En el cuadro 1 se presenta un esfuerzo por documentar la riqueza de especies de moluscos de fondos blandos en 12 sitios del golfo de California (figura 1), que en conjunto representan 6% de las especies reportadas para este golfo (Hendrickx y Brusca 2007).

Distribución

Los moluscos tienen la capacidad de colonizar prácticamente todos los ambientes, desde alturas de más de 3 000 msnm y hasta profundidades mayores a 5 000 m, tanto en aguas polares como tropicales, aunque suelen ser más comunes en los litorales de todo el mundo (Brusca *et al.* 2016). En las costas mexicanas del Pacífico, golfo de México y Caribe, este grupo se distribuye principalmente en fondos someros con hasta 100 m de profundidad, y existe un menor número de datos para especies de mayor profundidad capturadas a través de cruceros oceanográficos (escafópodos, aplacóforos y monoplacóforos).

Las capturas desarrolladas por actividades pesqueras también han permitido conocer mayor información sobre la distribución de moluscos, principalmente para la costa del noroeste del país donde se concentra gran parte del esfuerzo pesquero nacional en comparación con el resto de las entidades del país con litoral. En este sentido, la mayoría de los trabajos de investigación sobre moluscos marinos de Baja California Sur se dirigen a especies de importancia pesquera y acuícola, por lo que se tiene registro de que las costas sudcalifornianas son hábitat para gasterópodos como los abulones azul (*Haliotis fulgens*, figura 2a), amarillo (*H. corrugata*), negro (*H. cracherodii*)

Cuadro 1. Riqueza de especies de moluscos de fondos blandos en 12 sitios del golfo de California.

Sitio	Bivalvos	Gasterópodos	Escafópodos	Total
Cabo Pulmo	40	44		84
Isla Cerralvo	76	54	3	133
Bahía de La Paz	32	40		72
Ensenada de La Paz	38	28		66
Archipiélago Espíritu Santo	48	52	1	101
Isla San Francisco	35	44		79
Isla El Pardito	29	12		41
El Bajo (Islas San Francisco-San José)	37	17		54
Isla San José	39	19		58
Isla Santa Cruz	26	19		45
Isla Santa Catalina	32	33		65
Punta Chivato	54	32		86

Fuente: elaboración propia.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

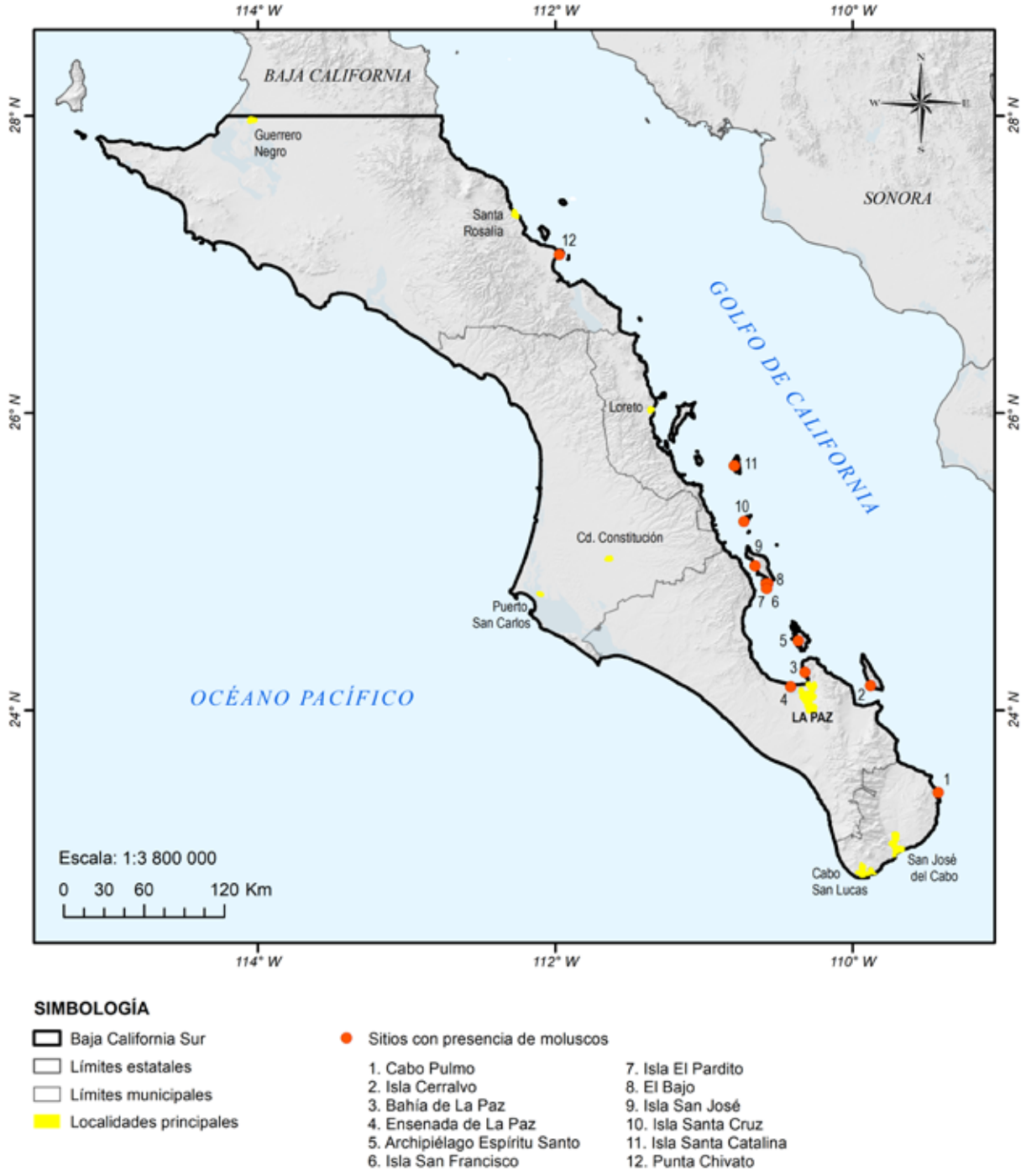


Figura 1. Localización de los sitios en el golfo de California donde se determinó la riqueza de especies de moluscos de fondos blandos. Fuente: elaboración propia con la colaboración de Gabriela Cruz.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

y rojo (*H. rufescens*); el caracol chino negro (*Hexaplex* (*Muricanthus*) *nigritus*) y rosa (*Muricanthus princeps*, figura 2b). Entre los bivalvos se encuentran las almejas pismo (*Tivela stultorum*, figura 2c), catarina (*Argopecten ventricosus*, figura 2d), mano de león (*Nodipecten subnodosus*, figura 2e), voladora (*Pecten vogdesi*, figura 2f), chocolata roja (*Megapitaria aurantiaca*, figura 2g), chocolata (*Megapitaria squalida*, figura 2h), roñosa (*Chione californiensis*, figura 2i), pata de mula (*Anadara tuberculosa*, figura 2j), generosa (*Panopea generosa*), hacha larga (*Pinna rugosa*, figura 2k), hacha china o media luna (*Atrina maura*, figura 2l) y ostión de piedra (*Crassostrea iridescens*); así como algunas especies utilizadas en la producción de perlas como la madre perla (*Pinctada mazatlanica*, figura 2m) y la concha nácar (*Pteria sterna*, figura 2n). Dentro de los cefalópodos está el calamar gigante (*Dosidicus gigas*), el pulpo lunajero (*Octopus bimaculatus*, figura 2o) y el pulpo verde (*O. hubbsorum*, figura 2p). Finalmente cabe señalar que, respecto a especies con distribución restringida, para el Pacífico mexicano se han documentado 920 endemismos (González 1993) y para el golfo de California 460; asimismo, existen 5 especies de moluscos marinos cuya distribución se restringe a los límites sudcalifornianos (Hendrickx y Brusca 2007).

Importancia

Los moluscos han sido de gran interés para los seres humanos desde hace milenios, y actualmente tienen múltiples usos. En algunas partes del país las conchas de los moluscos se ocupan con diversos fines, que van desde materiales de construcción para edificios y carreteras, hasta la elaboración de cremas cosméticas (Corona y Arroyo 2002).

Los grupos indígenas que vivían cerca de las costas del estado desde tiempos remotos se alimentaban de bivalvos, caracoles y pulpos. Existen antiguos asentamientos humanos denominados concheros, que se ubican próximos a las costas de la Península de Baja California, los cuales se reconocen por los depósitos de conchas que se pueden apreciar, junto con la presencia de restos óseos de animales, fogatas y herramientas elaboradas con piedras o huesos. Dichos sitios brindan información relevante dentro de la arqueología y la antropología, debido a que permiten estudiar a los grupos humanos que habitaron el territorio en el pasado (Mandujano-Álvarez 2009). En aquellas sociedades las conchas denotaban estatus social (como lo constatan las ofrendas encontradas), y aún ahora son motivo de afición para colecciones y piezas de joyería.

Se han encontrado concheros en varias zonas de Baja California Sur como lo son: El Médano (municipio de Los Cabos), El Conchalito (La Paz) y La Salinita (Loreto), donde se pueden identificar varias especies de moluscos (hasta 80 en el caso de La Salinita; Fujita y Poyatos 1998, Mandujano-Álvarez 2009, Monteverde *et al.* 2016). Su estudio antropológico permite saber sobre el intercambio de bienes y materiales entre diversas culturas (incluidas conchas de zonas alejadas), así como de los ritos funerarios en los que se ofrendaban los moluscos en las tumbas de los difuntos (Fujita y Poyatos 1998).

En el estado, la pesca y el cultivo de moluscos tienen gran importancia económica. Entre las especies comerciales destacan abulones, almejas catarina, generosa, chocolata, mano de león, pata de mula, pismo, roñosa, callos de hacha, caracol chino, caracol panocha (*Astrea undosa*), ostión roca, calamar gigante y pulpos, por mencionar algunas. Las especies que se cultivan a nivel experimental son la almeja catarina, el hacha media luna, la almeja mano de león, la madre perla y la concha nácar (Ponce-Díaz *et al.* 2009), y de manera comercial el ostión, la almeja mano de león y la concha nácar.

Baja California Sur representa una de las mayores pesquerías de moluscos en el país, debido a que tiene el lugar número uno a nivel nacional en producción de abulón y almejas (se consideran varias especies). Estas pesquerías ascienden a más de 190 mil toneladas al año, con un valor mínimo de 1 400 millones de pesos anuales (CONAPESCA 2012). Parte del producto se exporta principalmente a Estados Unidos de América y China, y en menor medida a Filipinas, Corea, Italia y España (CONAPESCA 2012).

Estado de conservación y amenazas

En México, la NOM-059 (SEMARNAT 2010) incluye a ocho especies de moluscos en la categoría sujeta a protección especial, entre ellas *Spondylus calcifer*, *Pinctada mazatlanica*, *Tivela stultorum*, *Patella mexicana*, *Plicopurpura pansa y Crucibulum scutellatum*, que se

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

encuentran dentro del golfo de California (SEMARNAT 2010). Existen además regulaciones especiales para el abulón (SEMARNAT 1993), la almeja catarina (SEMARNAT 2015a) y dos especies de almeja generosa (SEMARNAT 2015b).

Por su parte, la Carta Nacional Pesquera constituye un instrumento clave para regular el aprovechamiento de los recursos. Este documento es elaborado y actualizado por el Instituto Nacional de Pesca (INAPESCA),[1] que es la institución encargada de desarrollar investigaciones pesqueras en el país. En dicho instrumento se establecen (CONAPESCA 2012):

- Generalidades, información sobre el nombre común y científico de la o las especies; mapas de las zonas de captura; y una descripción de los equipos y artes de pesca utilizados/autorizados para su extracción.
- Indicadores de la pesquería, el área en la que habitan las especies, cómo han sido sus capturas a lo largo del tiempo, cuál es su situación actual con respecto a su densidad poblacional, y las medidas de manejo que se deben de aplicar para incrementar o mantener estables sus densidades poblaciones.
- Esfuerzo pesquero, que define si la intensidad de la pesca se debe mantener o disminuir.
- Lineamientos y estrategias de manejo, que son las recomendaciones para el manejo adecuado de la especie con base en la información analizada y presentada en la ficha.

Respecto a los factores de presión que amenazan las poblaciones de moluscos, se ha identificado la contaminación con hidrocarburos y plaguicidas, la competencia con especies invasoras, los daños genéticos y la sobreexplotación para alimento (Castillo-Rodríguez 2014); otras especies se ven vulneradas por la modificación de sus hábitats y el cambio climático. Cabe indicar que algunas especies tienen una alta tolerancia a la contaminación, por lo cual se utilizan como indicadoras de contaminación en sus respectivos ambientes (Baqueiro-Cárdenas *et al.* 2007).

Conclusiones

En la entidad se cuenta con pocos estudios sobre el uso de moluscos como mejillones, ostiones, almejas y calamares como bioindicadores de contaminación (Páez-Osuna y Osuna-Martínez 2011). Entre las especies que se pueden mencionar se encuentra el ostión de mangle (*Crassostrea palmula*), además de algunos mejillones (*Modiolus capax*, *M. modiolus*, *Mytilus californianus* y *M. edulis*) y almejas (*Megapitaria squalida* y *Laevicardium elatum*).

Debido al crecimiento en las actividades económicas como la acuacultura, la agricultura, la minería y el turismo, se tiene un creciente interés en los estudios relacionados con la presencia de contaminantes, particularmente en aquellos moluscos que sirven como alimento, debido a que pueden generar un problema de salud pública. Sin embargo, las concentraciones reportadas hasta ahora de hidrocarburo aromático policíclico (PAH por sus siglas en inglés; Botello *et al.* 2001) y metales como aluminio, plata, arsénico, selenio (Gutiérrez-Galindo *et al.* 1999), cobre, zinc, manganeso, cadmio (Gutiérrez-Galindo *et al.* 1999, Cadena-Cárdenas *et al.* 2009), fierro, níquel, plomo (Cadena-Cárdenas *et al.* 2009) y mercurio (Romo-Piñera *et al.* 2018), se mantienen dentro de los límites establecidos por la legislación internacional, por lo que son aptos para el consumo humano.

Una medida dirigida a la conservación de especies de interés comercial, es el aseguramiento del buen uso de la Carta Nacional Pesquera, como una herramienta para el manejo de las pesquerías de moluscos. Este aseguramiento debe acompañarse con la actualización de la información biológica, como son los aspectos reproductivos y de genética poblacional, así como al incremento de la vigilancia en las zonas pesqueras, para asegurar el respeto de las tallas mínimas de captura, las cuotas de extracción y las épocas de veda para las diferentes especies.

1 Actualmente Instituto Mexicano de Investigación en Pesca y Acuacultura Sustentables (IMIPAS).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

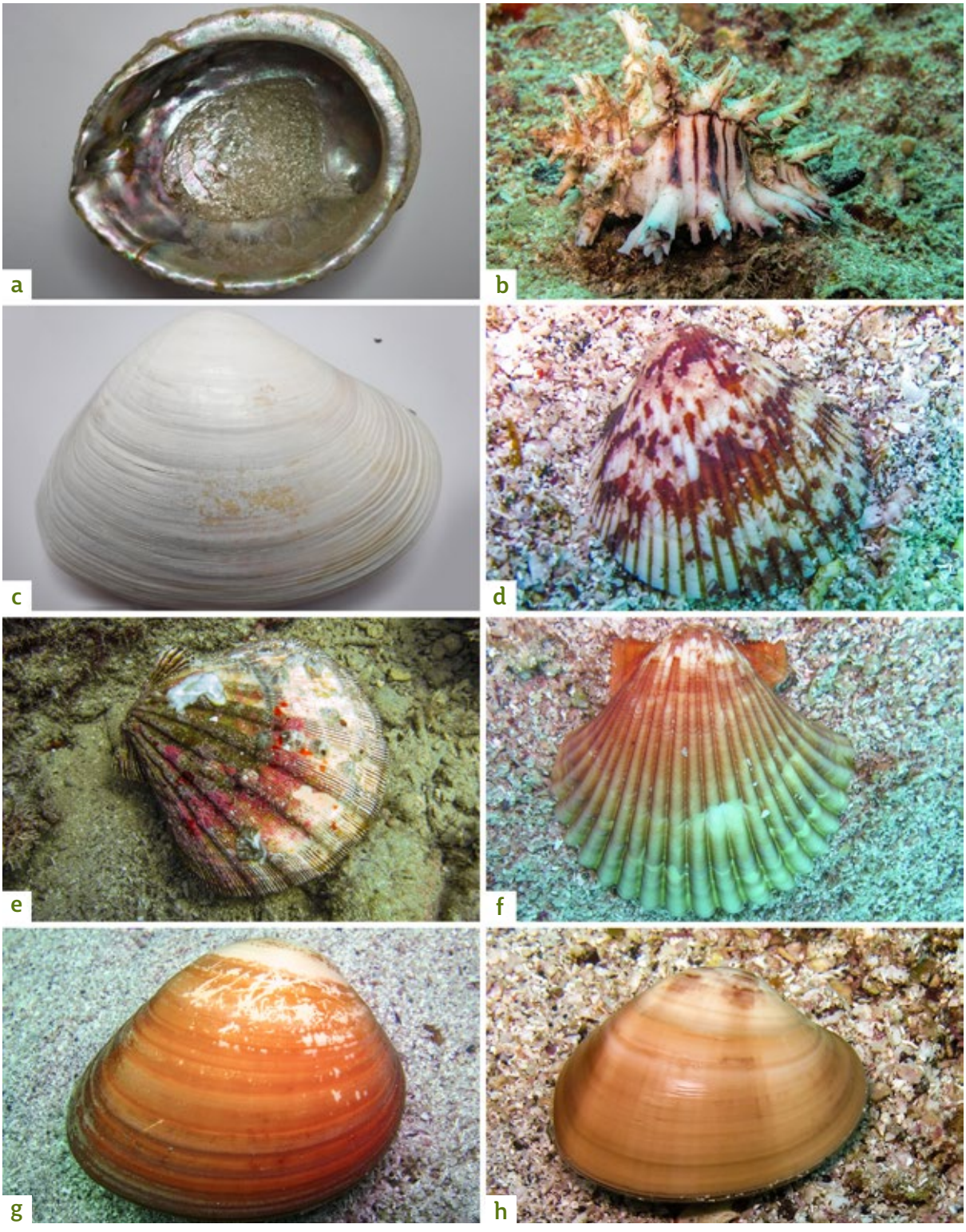
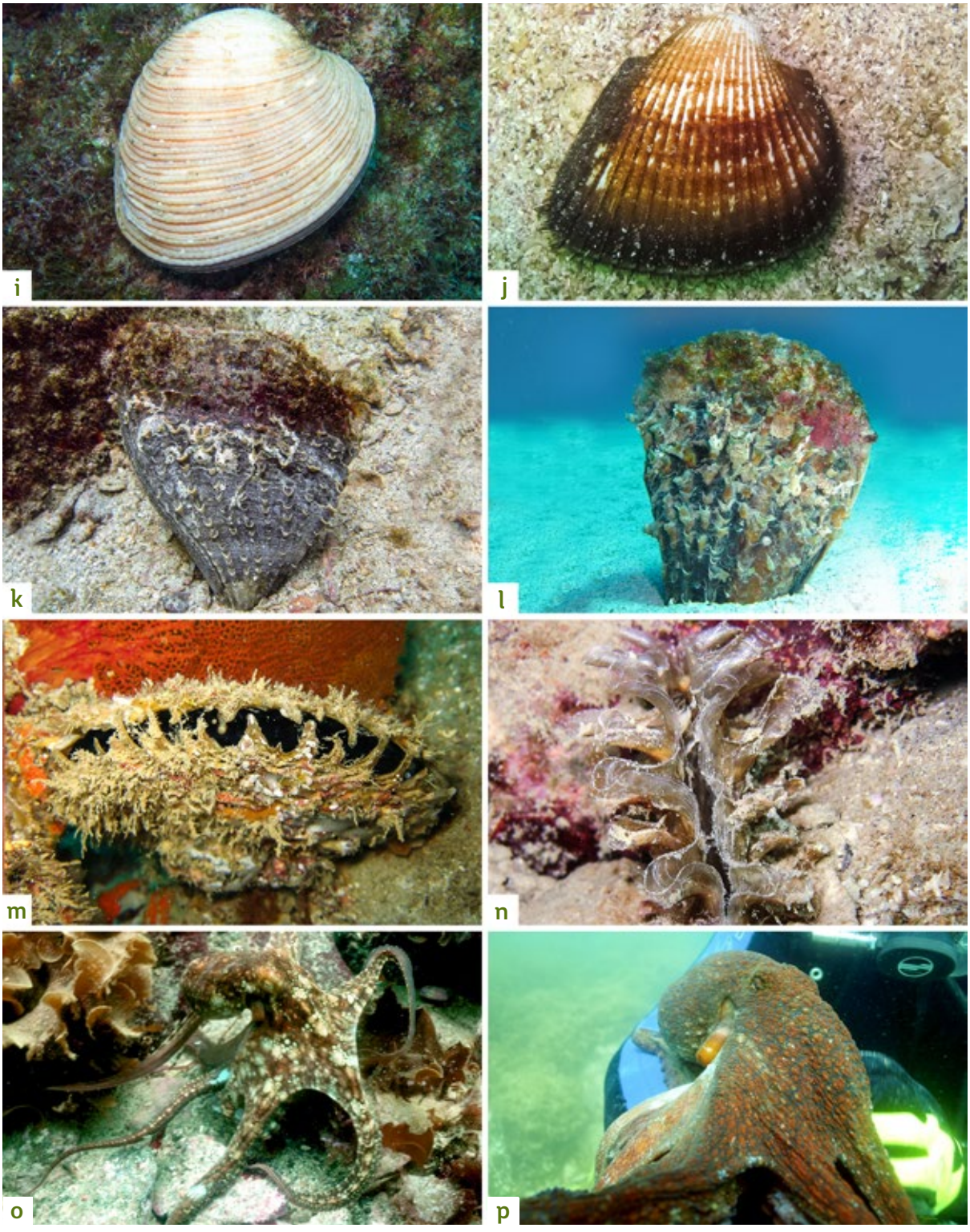


Figura 2. Moluscos marinos con distribución en la entidad. a) Abulón azul (*Haliotis fulgens*); b) caracol rosa (*Muricanthus princeps*); c) almeja pismo (*Tivela stultorum*); d) almeja catarina (*Argopecten ventricosus*); e) almeja mano de león (*Nodipecten subnodosus*); f) almeja voladora (*Pecten vogdesi*); g) almeja chocolata roja (*Megapitaria aurantiaca*); h) almeja chocolata (*Megapitaria squalida*);

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



i) almeja roñosa (*Chione californiensis*); j) almeja pata de mula (*Anadara tuberculosa*); k) hacha larga o callo redondo (*Pinna rugosa*); l) hacha china o callo media luna (*Atrina maura*); m) madre perla (*Pinctada mazatlanica*); n) concha nácar (*Pteria sterna*); o) pulpo lunarejo (*Octopus bimaculatus*); p) pulpo verde (*O. hubbsorum*). Fotos: Arturo Tripp Quezada (a, c), Israel Sánchez (b, d-n), Francisco Domínguez (o, p).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Referencias

Baqueiro-Cárdenas, E.R., L. Borabe, C.G. Goldaracena-Islas y J. Rodríguez-Navarro. 2007. Los moluscos y la contaminación: una revisión. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 78:1-7.

Bertsch, H. y L.E. Aguilar-Rosas. 2016. *Invertebrados marinos del noroeste de México*. Instituto de Investigaciones Oceanológicas-UABCS, Baja California Sur.

Botello, A.V., C. García-Ruelas y G. Ponce-Vélez. 2001. PAH levels in bivalves mollusks from the Mexican Subtropical Pacific. *Bulletin of Enviromental Contamination and Toxicology* 69:486-493.

Brusca, R.C., W. Moore y S.M. Shuster. 2016. *Invertebrates*. Sinauer Associates, Massachusetts.

Cadena-Cárdenas, L., L. Méndez-Rodríguez, T. Zenteno-Savín *et al.* 2009. Heavy metal levels in marine mollusks from areas with, or without, mining activities along the Gulf of California, Mexico. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 57:96-102.

Castillo-Rodríguez, Z.G. 2014. Biodiversidad de moluscos marinos en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85:419-430.

CONAPESCA. Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca. 2012. *Anuario Estadístico de Acuacultura y Pesca*. CONAPESCA, México.

Corona, E. y J. Arroyo. 2002. *Relaciones hombre-fauna: una zona interdisciplinaria de estudio*. Editorial Plaza y Valdez/INAH, México.

Fujita, H. y G. Poyatos. 1998. Equilibrio entre el hombre y la naturaleza: los indígenas costeros de El Médano, Baja California Sur, México. *Revista Española de Antropología Americana* 28:11-11.

González, N.E. 1993. Moluscos endémicos del Pacífico de México. En: *Biodiversidad marina y costera de México*. S.I. Salazar-Vallejo y N.E. González (eds.). CONABIO/CIQRO, México, pp. 223-252.

Gutiérrez-Galindo, E.A., J.A. Villaescusa-Celaya y A. Arreola-Chimal. 1999. Bioacumulation of metals in mussels from four sites of the coastal region of Baja California. *Ciencias Marinas* 25:557-578.

Hendrickx, M.E. y R.C. Brusca. 2007. Distribución de invertebrados marinos endémicos en el Golfo de California, México. En: *Memorias del XII Congreso Latinoamericano de Ciencias do Mar XII*. COLACMAR, Mar del Plata.

Mandujano-Álvarez, C. 2009. Sitios arqueológicos de la Sierra de La Giganta. Un primer acercamiento al patrón de asentamiento en el área de Loreto, BCS. *Arqueología* 41:5-19.

Martínez-Meyer, E., J.E. Sosa-Escalante y F. Álvarez. 2014. El estudio de la biodiversidad en México: ¿una ruta con dirección? *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85:1-9.

Monteverde, A.D., C.M. Álvarez y A.F. Cuevas. 2016. *La pesca prehispánica en la Antigua California*. En: <http://congresos.cio.mx/memorias_congreso_mujer/archivos/extensos/sesion2/S2-HCC15.pdf>, última consulta: 16 de febrero de 2018.

Páez-Osuna, F. y C. Osuna-Martínez. 2011. Biomonitores de la contaminación costera con referencia a las costas mexicanas: una revisión sobre los organismos utilizados. *Hidrobiológica* 21:229-238.

Ponce-Díaz, G., M.C. Valdez, M.R. Rodríguez *et al.* 2009. *Propuesta de Carta Estatal Pesquera y Acuícola de Baja California Sur*. SAGARPA/CONAPESCA/Gobierno del Estado/Secretaría de Pesca/CIBNOR/CONACYT/CICIMAR-IPN, México.

Romo-Piñera, A.K., O. Escobar-Sánchez, J. Ruelas-Inzunza y M.G. Frías-Espiricueta. 2018. Total mercury in squalid callista *Megapitaria squalida* from the SW Gulf of California, Mexico: Tissue distribution and human health risk. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 100:356-360.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 1993. *Norma Oficial Mexicana NOM-005-PESC-1993*. Publicada el 21 de diciembre de 1993 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.

—. 2015a. *Norma Oficial Mexicana NOM-004-SAG/PESC-2015*. Publicada el 6 de octubre de 2015 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.

—. 2015b. *Norma Oficial Mexicana NOM-014-SAG/PESC-2015*. Publicada el 11 de mayo del 2015 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Gasterópodos holoplanctónicos

María Moreno Alcántara, Orso Juan Angulo Campillo y Gerardo Aceves Medina

Introducción

Los moluscos gasterópodos marinos (caracoles y babosas) incluyen a un grupo de especies llamadas holoplanctónicas, debido a que su ciclo de vida completo se desarrolla en la columna de agua y sus movimientos horizontales dependen de la dirección y fuerza de las corrientes (Lalli y Gilmer 1989). A su vez, el grupo se divide en tres subgrupos (figura 1): heterópodos, pterópodos y un tercero que incluye especies de los órdenes Nudibranchia y Cephalaspidea. De estos últimos, únicamente se hará mención del número de especies presentes en Baja California Sur.

Heterópodos (Caenogastropoda: Pterotracheoidea)

Los heterópodos (*hetero*: diferente, *podos*: pie; superfamilia Pterotracheoidea), se caracterizan porque el pie típico de los gasterópodos se transformó en una aleta natatoria comprimida lateralmente. Poseen diversas adaptaciones que incluyen una concha compuesta de aragonita (carbonato de calcio), en algunas familias. El cuerpo y la concha (si está presente) tienden a ser transparentes, sus ojos se localizan en la porción antero-dorsal del cuerpo y tienen una proboscis que asemeja una trompa, por lo que se les conoce como elefantes de mar (Seapy 2009). Son depredadores carnívoros de zooplancton y pequeños peces, y detectan visualmente a sus presas (Van der Spoel 1996a).

Pterópodos (Heterobranquia: Pteropoda)

Los subórdenes Euthecosomata, Gymnosomata y Pseudothecosomata (orden Pteropoda) se conocen como pterópodos (*pteros*: alas, *podos*: pies), debido a que en estos grupos el pie se modificó formando un par de aletas que asemejan alas (Van der Spoel y Dadon 1999). Los Euthecosomata y Pseudothecosomata presentan conchas levógiras (es decir, con giro estructural hacia la izquierda) y se conocen como mariposas de mar debido a que al nadar, sus movimientos son semejantes a los de una mariposa en vuelo (Blank 2007). Son principalmente herbívoros y secretan una red de *mucus* que atrapa fitoplancton, zooplancton pequeño y partículas suspendidas (Van der Spoel 1996b). Por su parte, los Gymnosomata (ángeles de mar), carecen de concha, son carnívoros especializados y se alimentan de las mariposas de mar (Van der Spoel y Dadon 1999).

Moreno-Alcántara, M., O. Angulo y G. Aceves-Medina. 2025. Gasterópodos holoplanctónicos. En: *La biodiversidad en Baja California Sur. Estudio de Estado*. Vol. II. CONABIO/FFB, México, pp. 172-175.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Figura 1. Gasterópodos holoplanctónicos. Heterópodos: a) *Atlanta californiensis*; b) *Cardiapoda richardi*. Pterópodos (Euthecosomata): c) *Hyalocylis striata*; d) *Cavolinia tridentata*. Pterópodos (*Pseudothecosomata*): e) *Corolla spectabilis*. Pterópodos (Gymnosomata): f) *Pneumodermopsis canephora*. Nudibranchia: g) *Phylliroe bucephala*. Fotos: María Moreno Alcántara (a), Orso Angulo Campillo (b, c, d, e, f, g).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Distribución

Los gasterópodos holoplanctónicos se encuentran en todos los océanos, entre la superficie y los 500 m de profundidad, principalmente en aguas tropicales y subtropicales, aunque existen especies de aguas templadas y polares (Van der Spoel 1996b, Seapy 2009). En México, estos moluscos se han registrado en el golfo de México y mar Caribe (Lemus-Santana 2014a, b, López-Arellanes 2014), en el Pacífico (McGowan 1967, Sánchez-Hidalgo y Anda 1989, 1994), el golfo de Tehuantepec (Moreno-Alcántara *et al.* 2014) y el golfo de California (Espinosa-Balvanera 2008, Angulo-Campillo *et al.* 2011).

Diversidad

A nivel mundial se registran 172 especies de gasterópodos holoplanctónicos (WORMS 2018): 37 heterópodos (23 de la familia Atlantidae, 8 de Carinariidae, 6 de Pterotracheidae), 127 pterópodos (83 del orden Thecosomata y 44 de Gymnosomata) y 8 del grupo Nudibranchia/Cephalaspidea. En el país se cuenta con 30 especies de heterópodos, de las cuales 46% se encuentran en el golfo de México y mar Caribe, mientras que 96% se distribuyen en el Pacífico y golfo de California. De las 60 especies de pterópodos registradas en el país, 85% se encuentran en el golfo de México y mar Caribe, y 72% en el Pacífico y el golfo de California. Para los Nudibranchia/Cephalaspidea, solo se tiene cinco especies en el Pacífico mexicano y el golfo de California, y no se tienen registros para el golfo de México y el mar Caribe. Para el del golfo de California se tiene registro de 24 heterópodos, 28 pterópodos y 4 Nudibranchia/Cephalaspidea; mientras que para la vertiente del Pacífico únicamente se cuenta con 8 heterópodos y 19 pterópodos, lo que suma para ambas costas 24 heterópodos, 33 pterópodos y 4 Nudibranchia/Cephalaspidea (apéndice 11).

Importancia

Los gasterópodos holoplanctónicos son alimento de organismos de importancia económica como los dorados (*Coryphaena* spp.), el atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*), tortugas, ballenas, focas y aves marinas; y son notables consumidores de plancton (Lalli y Gilmer 1989, Blank 2007, Hunt *et al.* 2008). Asimismo, debido a que realizan migraciones verticales diarias entre las profundidades y las aguas superficiales, participan en la transferencia de energía en la columna de agua (Lalli y Gilmer 1989).

Los gasterópodos holoplanctónicos con concha son de especial interés ecológico, pues contribuyen significativamente al ciclo del carbono en el océano (Fabry *et al.* 2008). Se ha documentado que la acidificación en el océano incrementa la disolución de conchas, y reduce la tasa de supervivencia en los pterópodos (Bednaršek *et al.* 2014). En el caso de los heterópodos, no existen estudios sobre el efecto de la acidificación del océano; sin embargo, ocupan el mismo hábitat que los pterópodos, por lo que también son susceptibles a los efectos de la disolución de la concha (Wall-Palmer *et al.* 2016). Por lo anterior, se ha sugerido que las variaciones de largo plazo en la distribución y abundancia de estos organismos pueden reflejar el efecto del cambio climático global en los océanos, por lo que podrían emplearse como bioindicadores (Comeau *et al.* 2009).

Situación y estado de conservación

Ninguna de las especies de moluscos holoplanctónicos se encuentra en alguna categoría de riesgo dentro de la NOM-059 (SEMARNAT 2010). Asimismo, se desconoce su estado de conservación, debido a la falta de investigaciones sobre el grupo.

Conclusiones

Los estudios sobre gasterópodos holoplanctónicos en Baja California Sur son escasos, sobre todo en la vertiente del Pacífico, por lo que es necesario aumentar el esfuerzo de investigación en el tema para complementar el inventario de especies presentes en la entidad, así como para determinar los requerimientos ambientales específicos y la respuesta de las especies ante cambios en el medio y su utilidad como indicadores del ecosistema.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Referencias

Angulo-Campillo, O., G. Aceves-Medina y R. Avendaño-Ibarra. 2011. Holoplanktonic mollusks (Mollusca: Gastropoda) from the Gulf of California, México. *Check List* 7:337-342.

Bednarsĕk, N., R.A. Feely, J.C.P. Reum *et al.* 2014. *Limacina helicina* shell dissolution as an indicator of declining habitat suitability owing to ocean acidification in the California Current Ecosystem. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences* 281:20140123.

Blank, N. 2007. *Impacts of ocean acidification on shelled Pteropods in the Southern Ocean. Biogeochemistry and pollutant dynamics*. Institute of Biogeochemistry and Pollutant Dynamics, EUA.

Comeau, S., G. Gorsky, R. Jeffree *et al.* 2009. Key Arctic pelagic mollusc (*Limacina helicina*) threatened by ocean acidification. *Biogeosciences Discussions* 6:2523-2537.

Espinosa-Balvanera, S.G. 2008. *Distribución y abundancia de los gasterópodos holoplanctónicos en el sur de las grandes islas del golfo de California, durante el otoño de 1978*. Tesis de licenciatura. UNAM, México.

Fabry, V.J., B.A. Seibel, R.A. Feely *et al.* 2008. Impacts of ocean acidification on marine fauna and ecosystem processes. *ICES Journal of Marine Science* 65:414-432.

Hunt, B.P.V., E.A. Pakhomov, G.W. Hosie *et al.* 2008. Pteropods in Southern Ocean ecosystems. *Progress in Oceanography* 78:193-221.

Lalli, M.C. y R.W. Gilmer. 1989. *Pelagic snails. The biology of holoplanktonic gastropod molluscs*. Stanford University Press, EUA.

Lemus-Santana, E., L. Sanvicente-Añorve, M. Hermoso-Salazar *et al.* 2014a. The holoplanktonic Mollusca from the southern Gulf of Mexico. Part 1: Heteropods. *Cahiers de Biologie Marine* 55:229-239.

—. 2014b. The holoplanktonic Mollusca from the southern Gulf of Mexico. Part 2: Pteropods. *Cahiers de Biologie Marine* 55:241-258.

López-Arellanes, H.S. 2014. *Composición, diversidad, abundancia y asociación de Thecosomata y Gymnosomata en el sur del golfo de México*. Tesis de maestría. CICIMAR-IPN, La Paz.

McGowan, J.A. 1967. *Distributional atlas of pelagic mollusks in the California Current region*. CalCofi Atlas No. 6. State of California Marine Research Committee, California.

Moreno-Alcántara, M., G. Aceves-Medina, O. Angulo-Campillo *et al.* 2014. Holoplanktonic molluscs (Gastropoda: Pterotracheoidea, Thecosomata and Gymnosomata) from the southern Mexican Pacific. *Journal of Molluscan Studies* 80(2):131-138.

Sánchez-Hidalgo y Anda, M. 1989. Gasterópodos holoplanctónicos de la costa occidental de Baja California Sur, en mayo y junio de 1984. *Investigaciones Marinas CICIMAR* 4(1):1-14.

—. 1994. Distribución y abundancia de los Thecosomata (Gastropoda) recolectados con red CaLVET en agosto de 1985, frente a bahía Magdalena, Baja California Sur, México. *Investigaciones Marinas CICIMAR* 9(2):63-77.

Seapy, R.R. 2009. Pterotracheoidea Rafinesque, 1814. *Heteropoda Lamarck, 1812, heteropods, sea elephants*. En: <http://tolweb.org/Pterotracheoidea/27801>, última consulta: 18 de enero de 2018.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. *Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010*. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación. Última reforma publicada el 14 de noviembre de 2019.

Van der Spoel, S. 1996a. Heteropoda. En: *Introducción al estudio del zooplancton marino*. R. Gasca y E. Suárez (eds.). ECOSUR/CONACYT, México, pp. 407-457.

—. 1996b. Pteropoda. En: *Introducción al estudio del zooplancton marino*. R. Gasca y E. Suárez (eds.). ECOSUR/CONACYT, México, pp. 459-528.

Van der Spoel, S. y J.R. Dadón. 1999. Pteropoda. En: *South Atlantic Zooplankton*. Vol. 1. D. Boltovskoy (ed.). Backhuys Publishers, Países Bajos, pp. 649-706.

Wall-Palmer, D., C.W. Smart, R. Kirby *et al.* 2016. A review of the ecology, palaeontology and distribution of atlantid heteropods (Caenogastropoda: Pterotracheoidea: Atlantidae). *Journal of Molluscan Studies* 82:221-234.

WORMS. World Register of Marine Species. 2018. *World register of marine species. An authoritative classification and catalogue of marine names*. En: <http://www.marinespecies.org>, última consulta: 20 de enero de 2018.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Babosas marinas (Heterobranchia)

Orso Juan Angulo Campillo, María Moreno Alcántara y Gerardo Aceves Medina

Descripción

Dentro del grupo de los moluscos se encuentran los gasterópodos (caracoles y babosas), al cual pertenecen las babosas marinas. Hasta hace algunos años, estos organismos eran conocidos como opistobranquios; sin embargo, estudios genéticos recientes demostraron que la subclase Opisthobranchia no es un *taxon* válido (Bouchet *et al.* 2017). Actualmente, las babosas marinas se clasifican dentro de la subclase Heterobranchia (*hetero*: diferente, *branchia*: branquia) junto a otros gasterópodos terrestres, marinos y de aguas continentales (Schrödl *et al.* 2011, Bouchet *et al.* 2017, WORMS 2020).

Generalmente, son organismos que miden entre 0.5 y 10 cm, pero pueden llegar a medir hasta 1 m (Hermosillo *et al.* 2006). Su principal característica es que la concha se ha reducido o perdido; en unos grupos es muy delgada, en otros es interna como en las liebres de mar (*Aplysia* spp.) y en algunos desaparece por completo, como en el caso de los nudibranquios. La pérdida de la concha ha derivado en la formación de varias estructuras externas adicionales como las ceratas (prolongaciones tubulares a lo largo del dorso), parapodios (extensiones del dorso), tentáculos (prolongaciones localizadas cercanas a la boca) y rinóforos (órganos sensoriales pareados localizados en la parte superior de la cabeza, que asemejan orejas o cuernos), los cuales realizan funciones de excreción, sensoriales, de defensa y respiración (Hermosillo *et al.* 2006, Gosliner *et al.* 2015). Otra característica importante es la presencia de una estructura semejante a una lengua localizada en la boca, que consta de una cinta de dientes quitinosos (rádula), la cual se encuentra en la mayoría de las especies y su forma depende de los hábitos alimenticios, por lo que es específica en la mayoría de los casos.

Las babosas marinas se clasifican dentro de la infraclase Euthyneura en los superórdenes Acochlidiimorpha y Sacoglossa, así como en los órdenes Aplysiida, Cephalaspidea, Nudibranchia, Pleurobranchida, Pteropoda, Runcinida y Umbraculida (figura 1, cuadro 1, apéndice 12; Gosliner *et al.* 2015, WORMS 2020). La mayoría son de ambientes marinos, excepto por unos pocos de agua dulce del grupo Acochlidiimorpha (Gosliner *et al.* 2015). Generalmente son de vida béntica (asociado al fondo), pero existen grupos como Pteropoda que son holoplanctónicos (completamente pelágicos, es decir, viven en la columna de agua). Casi todas las especies son hermafroditas, epifáunicas (que viven sobre la superficie del fondo marino) y se desarrollan en diversos hábitats (p.e. arena, rocas, corales, esponjas, hidrozoarios y algas) o como parásitos de otros invertebrados o incluso sobre hue-

Angulo, O., M. Moreno-Alcántara y G. Aceves-Medina. 2025. Babosas marinas (Heterobranchia). En: *La biodiversidad en Baja California Sur. Estudio de Estado*. Vol. II. CONABIO/FFB, México, pp. 176-182.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Figura 1. Babosas marinas más representativas de cada grupo en Baja California Sur: a) Aplysiida: *Aplysia californica*; b) Cephalaspidea: *Navanax inermis*; c) Nudibranchia: *Felimida marislae*; d) Pleurobranchida: *Pleurobranchus areolatus*; e) Umbraculida: *Tylodina fungina*; f) Sacoglossa: *Elysia diomedea*. Fotos: Israel Sánchez-Alcántara (a), Alicia Hermosillo (b, d, f), Orso Angulo-Campillo (c, e).

vecillos de otras babosas marinas (Hermosillo *et al.* 2006, Flores-Rodríguez *et al.* 2017).

Los heterobranquios se alimentan de una gran variedad de organismos, son herbívoros o carnívoros especializados, y aunque no se tienen estudios específicos en Baja California Sur, se sabe que todas las especies poseen una dieta selectiva, que a menudo se limita a un único género o especie de alga o animal (Gosliner *et al.* 2015). El grado de especialización es tal que en muchas especies, la metamorfosis de larvas hacia la fase adulta está determinada por la presencia de alimentos específicos. Excepto los Aplysiida, Sacoglossa y algunos Cephalaspidea, todos los demás son carnívoros ramoneadores. Las babosas marinas sin rádula se alimentan de diferentes formas: algunas comen sus presas enteras, mientras que otras succionan el contenido celular (Gosliner *et al.* 2015).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Cuadro 1. Características generales de los distintos grupos de heterobranquios.

Grupo	Características del grupo	Tamaño	
Suborden Acochlidiimorpha	• Cuerpo alargado, sin concha • Manto con espículas	Llegan a medir unos cuantos milímetros, lo que les permite habitar entre los granos de la arena	
Suborden Sacoglossa (sacoglosos)	• Se caracterizan porque generalmente tienen rinóforos enrollados • Su rádula está compuesta por una hilera de dientes para pinchar a sus presas y tienen un espacio en forma de saco en la boca donde conservan dientes descartados (de ahí el origen del nombre del grupo)	Desde unos pocos milímetros hasta 13 cm de largo	
Orden Aplysiida (liebres o vacas de mar)	• Rinóforos grandes, se asemejan a las orejas de las liebres • De cuerpo grande y voluminoso, con un sifón en medio del cuerpo rodeado por un velo llamado parapodia • Presentan una concha interna	Comprende a las babosas marinas más grandes (hasta 1 m de longitud y 20 kg de peso)	
Orden Cephalaspidea (cefalaspídeos o conchas burbuja)	• Escudo aplanado en forma de pala en la porción cefálica, gracias al cual reciben su nombre • Pueden tener conchas espirales calcificadas, delgadas o reducidas e internas	Miden desde 5 mm hasta 22.5 cm	
Orden Nudibranchia (nudibranquios)	• Presentan branquias desnudas o expuestas en la parte media o posterior del cuerpo • No tienen concha y la cabeza y el pie se encuentran diferenciados	Desde 5 mm hasta 60 cm	
Orden Pleurobranchida (pleurobránquidos)	• La mayoría son ovalados y tienen una pluma branquial del lado derecho por debajo del cuerpo • La mayoría tienen concha interna plana y frágil y rinóforos enrollados	Hasta 19 cm de longitud	
Orden Pteropoda (pterópodos, ángeles de mar o mariposas de mar)	• El pie se encuentra modificado en forma de alas con las cuales pueden nadar • Pueden presentar concha calcificada, concha gelatinosa o carecer de concha	Menores a 1 mm hasta 8 cm	
Orden Runcinida	• Cuerpo en forma de lengua sin diferenciación entre la porción cefálica y el resto del cuerpo • Las branquias, si las presentan, se ubican al lado derecho del cuerpo, entre el manto y el pie • Pueden tener concha externa o interna rudimentaria y en algunos casos ausente	No exceden 5 mm de longitud	
Orden Umbraculida (lapas falsas o conchas sombrilla)	• Pie bastante amplio, la branquia la tienen en el lado derecho del cuerpo • Presentan una concha externa ornamentada	1.5 a 3 cm de longitud	

Fuente: elaboración propia con datos de Lalli y Gilmer 1989, Angulo-Campillo *et al*. 2001, Hermosillo *et al*. 2006, Burn 2015, Gosliner *et al*. 2015.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

	Alimentación	Otros datos
	Microorganismos y algunas algas	No se tienen registros en México de estos organismos
	Principalmente herbívoros	• Se encuentran principalmente sobre algas verdes • Algunas especies retienen los cloroplastos de las algas de las que se alimentan, los cuales continúan realizando la fotosíntesis dentro del cuerpo; de ahí que las especies de este grupo sean generalmente verdes
	Algas marinas rojas y verdes, además de cianobacterias	Los individuos de algunas especies, al ser molestados, expulsan tinta a través del sifón
	Principalmente carnívoros (aunque algunas especies son herbívoras); se alimentan de foraminíferos, gusanos poliquetos, bivalvos y otras babosas marinas	El escudo cefálico en la mayoría de los casos les sirve para enterrarse en el sedimento
	Carnívoros con dietas especie-específicas, principalmente de hidrozoarios, esponjas, tunicados y de otras babosas marinas	Este es el grupo más abundante y diverso, y comprende los subgrupos Doridina y Cladobranchia
	Exclusivamente carnívoros; se alimentan de esponjas, tunicados y de otras babosas marinas	Generalmente se encuentran activos por las noches y algunas especies son capaces de nadar
	• Los pterópodos con concha se alimentan de microalgas y microorganismos desplegando redes de mucus de varios metros en el agua • Los pterópodos sin concha son depredadores activos de pterópodos con concha	Estos organismos pasan toda su vida en la columna de agua siendo parte del plancton
	Algas	No se tienen registros en México de estos organismos
	Carnívoros depredadores principalmente de esponjas	Algunas especies llegan a ser confundidas con lapas debido a la forma de su concha

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Diversidad y distribución

Los heterobranquios se distribuyen en todos los ambientes marinos, principalmente en aguas tropicales y subtropicales, desde la zona intermareal, hasta los 1 000 m de profundidad (Gosliner *et al.* 2015). La mayor abundancia y diversidad se encuentra desde la zona intermareal hasta los 20 m de profundidad y en sustratos rocosos (Angulo-Campillo 2005).

En México, la investigación sobre este grupo es solamente descriptiva de la distribución y abundancia de especies. Para el Pacífico y golfo de California destacan los trabajos de Bertsch y Aguilar-Rosas (2016), y Hermosillo y colaboradores (2006); no obstante, el único trabajo enfocado en las costas sudcalifornianas es el de Angulo-Campillo (2005), quien registró un total de 117 especies en ambas costas.

A nivel mundial existen 3 982 especies de babosas marinas (incluidos pterópodos; WORMS 2020). Para el Pacífico americano se conocen 481 (12%), de las cuales poco más de la mitad (280) se encuentran en el Pacífico mexicano, y de éstas 182 se registran en Baja California Sur (figura 2, apéndice 12). De las especies neríticas (que se encuentran sobre la plataforma continental) registradas en el estado, 34 se encuentran en ambas costas, 24 se distribuyen exclusivamente en la costa del Pacífico y 93 solo en el golfo de California. Además, se encuentran 31 especies oceánicas (1 de Nudibranchia, 1 de Cephalaspidea y 29 de Pteropoda), principalmente en el golfo de California.

Importancia

Los heterobranquios juegan un papel relevante en la ecología de los ecosistemas bentónicos, debido a que ocupan muchos nichos ecológicos y se alimentan de esponjas, algas, tunicados, corales blandos, entre otros (Cimino *et al.* 1999). Destacan por sus extraordinarios colores y formas llamativas, por lo que son muy atractivos en el buceo recreativo, populares entre fotógrafos (Hermosillo *et al.* 2006), y buscados en acuarios como especies ornamentales y para el control de plagas (Monteiro *et al.* 2020). En este sentido, las especies del género *Elysia* (presentes en Baja California Sur) son depredadores muy eficientes de algas filamentosas del género *Bryopsis* (Dionisio *et al.* 2017).

Hasta el momento, no existe ningún estudio para la entidad que aporte cifras o análisis detallados de la cantidad de turistas o la captura de especies para acuario directamente relacionadas con este grupo de organismos. Sin embrago, se estima que a nivel mundial esta industria asociada a la acuariofilia de organismos marinos genera alrededor de 300 millones de dólares e implica la extracción de unos 46 millones de organismos anualmente (Wabnitz *et al.* 2003).

Adicionalmente, estos organismos representan el grupo de moluscos más intensamente estudiado para la química de productos naturales, debido a que poseen una rica variedad de metabolitos se-

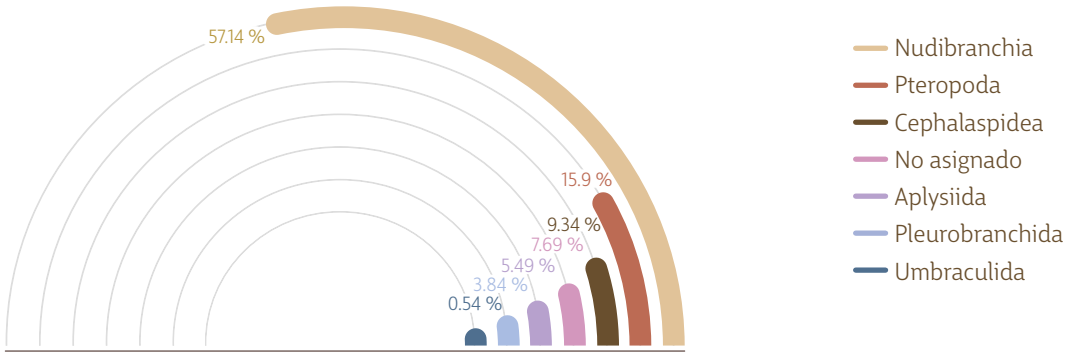


Figura 2. Riqueza relativa de especies de heterobranquios en Baja California Sur. Fuente: elaboración propia con datos de Angulo-Campillo 2005, Bertsch y Aguilar-Rosas 2016, datos del autor.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

cundarios con potencial biomédico (Wahidullah *et al*. 2006). La vaca marina (*Aplysia californica*), común en ambas vertientes de Baja California Sur, se cultiva en otros países para investigaciones médicas, estudios neurológicos y extracción de compuestos químicos (Robertson y Walter 2010), pero en México no se ha desarrollado esta línea de investigación. Otra especie empleada a nivel experimental como biocontroladora de plagas de algas invasivas en el Mediterráneo es el sacogloso *Elysia subornata* (Thibaut *et al*. 2001), que no se encuentra en aguas mexicanas, pero no se descarta que otras especies relacionadas como *Elysia diomedea* (presente en la entidad) puedan utilizarse para propósitos similares.

Conclusiones

Los estudios de babosas marinas en costas sudcalifornianas son escasos, por lo que es necesario aumentar el esfuerzo de investigación para incrementar el inventario de especies presentes en la entidad, determinar la respuesta de las especies ante cambios en el medio y analizar su potencial como productores de sustancias útiles para la medicina. No existen estudios de evaluación del recurso ni de impacto en sus poblaciones por procesos antropogénicos y/o naturales, por lo que se desconoce si estas especies presentan alguna clase de amenaza. Actualmente, no hay registros incluso a nivel internacional de especies en riesgo.

Referencias

Angulo-Campillo, O. 2005. A four year survey of the opisthobranch mollusks (Mollusca: Opisthobranquia) in Baja California Sur, Mexico. *Vita Malacologica* 3:43-50.

Angulo-Campillo, O., H. Bertsch y J. Arreola. 2001. Registro de talla récord para *Pleurobranchus aerolatum* (Mörch, 1863) (Opisthobranchia: Pleurobranchidae) en el golfo de California. *Oceánides* 16(1):95-96.

Bertsch, H. y L.E. Aguilar-Rosas. 2016. *Invertebrados marinos del noroeste de México. Guía de campo, uso por los indígenas y ética de conservación*. Instituto de Investigaciones Ocenológicas-UABC, México.

Bouchet, P., J.P. Rocroi, B. Hausdorf *et al*. 2017. Revised classification, nomenclator and typification of gastropod and monoplacophoran families. *Malacologia* 61(1-2):1-526.

Burn, R. 2015. *Nudibranchs and related molluscs*. Museum Victoria, Melbourne.

Cimino, G., A. Fontana y M. Gavagnin. 1999. Marine opisthobranch molluscs: chemistry and ecology in sacoglossans and dorids. *Current Organic Chemistry* 3(4):327-72.

Dionisio, G., F. Faleiro y R. Rosa. 2017. Snails, slugs and cephalopods. En: *Marine ornamental species aquaculture*. R. Calado, I. Olivotto, M.P. Oliver y G.J. Holt (eds.). Wiley-Blackwell, Oxford, pp. 536-564.

Flores-Rodríguez, P., R. Flores-Garza, S. García-Ibáñez. *et al*. 2017. Riqueza, composición de la comunidad y similitud de las especies bentónicas de la Subclase Opisthobranchia (Mollusca: Gastropoda) en cinco sitios del litoral de Acapulco, México. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 52(1):67-80.

Gosliner, T., A. Valdés y D.W. Behrens. 2015. *Nudibranch and sea slug identification. Indo-Pacific*. New World Publications, Florida.

Hermosillo, A., D. Behrens y E. Ríos-Jara. 2006. *Opistobranquios de México. Guía de babosas marinas del Pacífico, golfo de California y las Islas del Pacífico*. CONABIO, México.

Lalli, C.M. y R.W. Gilmer. 1989. *Pelagic snails: the biology of holoplanktonic gastropod mollusks*. Stanford University Press, EUA.

Monteiro, E.A., A.Z. Güth, T.N. Banha *et al*. 2020. Implications of feeding frequency, prey size and condition, and intraspecific competition for the commercial aquaculture of the nudibranch *Berghia stephanieae*. *Journal of the World Aquaculture Society* 51(1):244-254.

Robertson, M. y G. Walter. 2010. *Eric Kandel* and *Aplysia californica*: their role in the elucidation of mechanism of memory and the study of psychotherapy. *Acta Neuropsychiatrica* 22:195-196.

Schrödl, M., K.M. Jörger, A. Klussmann-Kolb y N.G. Wilson. 2011. Bye bye "opisthobranchia"! A review on the contribution of mesopsammic sea slugs to euthyneuran systematics. *Thalassas* 27(2):101-112.

Thibaut, T., A. Meinesz, P. Armade *et al*. 2001. *Elysia subornata* (Mollusca) a potencial control agent of the alga *Caulerpa taxifolia* (Chlorophyta) in the Mediterranean Sea. *Journal of the Marine Biological Association of United Kingdom* 81:497-504.

Wabnitz, C., M. Taylor, E. Green y T. Razak. 2003. *From ocean to aquarium: The global trade in marine ornamental species*. UNEP/WCMC, Cambridge.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Wahidullah, S., W. Gou, I. Fahr y E. Mollo. 2006. Chemical diversity in Opisthobranch molluscs from scarcely investigated Indo-Pacific areas. *Progress in Molecular Subcellular Biology*. 43:175-198.

WORMS. World Register of Marine Species. 2018. *World register of marine species. An authoritative classification and catalogue of marine names*. En: <http://www.marinespecies.org>, última consulta: 10 de octubre de 2020.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Octópodos

César Augusto Salinas Zavala, Arminda Mejía Rebollo y María Verónica Morales Zárate

Introducción

Los cefalópodos (clase Cephalopoda) son moluscos de hábitos exclusivamente marinos que se caracterizan por presentar entre 8, 10 o más brazos circumorales (alrededor de la boca) y un par de ojos bien desarrollados. Se dividen taxonómicamente en cinco órdenes (Nautiloidea, Sepioidea, Teuthoidea, Vampyromorpha y Octopoda), con alrededor de 700 especies (Boyle y Rodhouse 2005). La taxonomía y sistemática del orden Octopoda, que incluye a todos los pulpos, se está reestructurando constantemente, debido a la poca información disponible sobre la distribución geográfica y el ciclo de vida del grupo, y existe un alto porcentaje de identificaciones erróneas (Roper *et al*. 1995). Por esa razón son necesarios los estudios taxonómicos que permitan conocer la diversidad del grupo y proporcionen certeza taxonómica de las especies.

Como recurso alimenticio, en ambas costas de la Península de Baja California los pulpos se extraen por una flota artesanal a bordo de embarcaciones menores con motor fuera de borda. El arte de pesca autorizado por la Carta Nacional Pesquera (CNP) es la trampa pulpera (figura 1) en un número que fluctúa de cinco hasta 50 trampas por embarcación (SAGARPA 2012). Sin embargo, en la práctica la pesca se realiza de manera adicional con otros procedimientos como el buceo con gancho y el uso de recipientes de barro o PVC como líneas de madrigueras artificiales. Estos últimos se usan de manera común en los campos pesqueros localizados en el complejo lagunar Ojo de Liebre-Guerrero Negro.

La presente contribución se centra en la revisión de las especies registradas en ambas costas de Baja California Sur, con el objeto de brindar información que fortalezca el conocimiento de la biodiversidad de octópodos en la región. En este sentido, se utilizó información publicada sobre las especies de pulpos reportados en el golfo de California y la costa del Pacífico (Roper *et al*. 1984, 1995, Jereb *et al*. 2013, 2016 De Silva-Dávila *et al*. 2015, García-Guillén 2016). Asimismo se llevó a cabo la revisión e identificación taxonómica de ejemplares adultos recolectados por el Laboratorio de Cefalópodos del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C. (CIBNOR), los cuales forman parte de la Colección de Cefalópodos del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CEFACIB). Los ejemplares provienen de campañas de investigación realizadas entre febrero de 2003 y marzo de 2018 en cruceros de investigación (Buque Oceanográfico BIP XII), campañas a bordo de barcos pesqueros (GEOMAR-X, Agresor), y algunos ejemplares obtenidos de la flota artesanal. Todos los organismos fueron identificados taxonómicamente de acuerdo con los criterios básí-

Salinas-Zavala, C.A., A. Mejía-Rebollo y M.V. Morales-Zárate. 2025. Octópodos. En: *La biodiversidad en Baja California Sur. Estudio de Estado*. Vol. II. CONABIO/FFB, México, pp. 184-191.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Figura 1. Uso de trampa para la captura de pulpo en bahía Magdalena. Foto: César Augusto Salinas-Mayoral.

cos de la literatura especializada (Voss 1971, Roper *et al.* 1984, Jereb *et al.* 2013).

Diversidad y distribución

En Baja California Sur se distribuyen 13 géneros con 25 especies, 6 morfotipos de paralarvas del género *Argonauta*, y 5 morfotipos de paralarvas del género *Octopus* (cuadro 1, apéndice 13). La mayoría (20 especies), pertenecen a la familia Octopodidae. De los especímenes adultos revisados, se identificaron 6 especies de las 21 reportadas para la costa del Pacífico, entre ellas: *O. mycropyrsus* (figura 2a), *O. bimaculatus* (figura 2b), *O. bimaculoides* (figura 2c), *O. hubbsorum* (figura 2d) y *O. chierchiae*; esta última, de acuerdo con la literatura, se distribuye solo en el golfo de California. Asimismo, se tuvieron dos registros de *Euaxoctopus panamensis* (figura 2e), que presenta una distribución geográfica conocida en Costa Rica, golfo de Panamá y del Canal de Panamá a Ecuador.

De los ejemplares capturados en el golfo de California, se determinó que pertenecían a 3 especies de las 18 reportadas, entre ellas *Argonauta* sp. (figuras 2f

Cuadro 1. Especies de pulpos presentes en las dos vertientes de la Península de Baja California.

Especie	Referencias		Profundidad (m)
	Golfo de California	Pacífico	
Argonauta argo	Roper *et al.* 1984, Jereb *et al.* 2013, 2016, De Silva-Dávila *et al.* 2015	Roper *et al.* 1984, Jereb *et al.* 2013, 2016, García-Guillén 2016, presente estudio	0-300
Argonauta cf. *böttgeri*	De Silva-Dávila *et al.* 2015	García-Guillén 2016	0 - 250
Argonauta cf. *hians*	De Silva-Dávila *et al.* 2015		0 - 250
A. nouryi	Jereb *et al.* 2013, 2016	Jereb *et al.* 2013, 2016	0 - 300
Argonauta sp. 1	Presente estudio	García-Guillén 2016	0 - 250
Argonauta sp. 2	De Silva-Dávila *et al.* 2015		0 - 250
Argonauta sp. 3	De Silva-Dávila *et al.* 2015	García-Guillén 2016	0 - 250
Argonauta sp. 4	De Silva-Dávila *et al.* 2015	García-Guillén 2016	0 - 250
Benthoctopus robustus		Jereb *et al.* 2013, 2016	1 200 - 3 850
Bolitaena pygmaea	Jereb *et al.* 2013, 2016	Jereb *et al.* 2013, 2016	100 - 1 400
Enteroctopus dofleini		Jereb *et al.* 2013, 2016	0 - 1 500
Euaxoctopus panamensis	De Silva-Dávila *et al.* 2015	Presente estudio*	30 - 40
Haliphron atlanticus	Jereb *et al.* 2013, 2016	Jereb *et al.* 2013, 2016	100 - 3 173
Japetella diaphana	Jereb *et al.* 2013, 2016	Jereb *et al.* 2013, 2016 García-Guillén 2016	200 - 1 000

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Cuadro 1. Continuación.

Especie	Referencias		Profundidad (m)
	Golfo de California	Pacífico	
Japetella heathi	De Silva-Dávila *et al.* 2015		0 - 250
Octopus alecto	Roper *et al.* 1995, Jereb *et al.* 2013, 2016		0 - 4
O. bimaculatus	Roper *et al.* 1995, Jereb *et al.* 2013, 2016, SEPESCABC 2014, SAGARPA *et al.* 2007	Roper *et al.* 1995, Jereb *et al.* 2013, 2016, SEPESCABC 2014, SAGARPA *et al.* 2007, presente estudio	0 - 50
O. bimaculoides		Jereb *et al.* 2013, 2016, presente estudio	0 - 20
O. californicus		Jereb *et al.* 2013, 2016, presente estudio	100 - 900
O. chierchiae	Roper *et al.* 1995, Jereb *et al.* 2013, 2016, presente estudio	presente estudio*	0 - 30
O. fitchi	Jereb *et al.* 2013, 2016		0 - 20
O. hubbsorum	Roper *et al.* 1995, Jereb *et al.* 2013, 2016, SAGARPA *et al.* 2007, presente estudio	Roper *et al.* 1995 SAGARPA *et al.* 2007, García-Guillén 2016, presente estudio	0 - 30
O. macropus	Roper *et al.* 1984	Roper *et al.* 1984	0 - 20
O. micropyrsus		Jereb *et al.* 2013, 2016, presente estudio	0 - 20
O. penicillifer	Roper *et al.* 1995, Jereb *et al.* 2013, 2016	Roper *et al.* 1995	30 - 35
O. rubescens	Roper *et al.* 1995, Jereb *et al.* 2013, 2016, SEPESCABC 2014, SAGARPA *et al.* 2007, De Silva-Dávila *et al.* 2015	Roper *et al.* 1995, Jereb *et al.* 2013, 2016 SEPESCABC 2014, SAGARPA *et al.* 2007, García-Guillén 2016	0 - 300
Octopus sp. 1	De Silva-Dávila *et al.* 2015	García-Guillén 2016	0 - 250
Octopus sp. 2	De Silva-Dávila *et al.* 2015	García-Guillén 2016	0 - 250
Octopus sp. 3	De Silva-Dávila *et al.* 2015	García-Guillén 2016	0 - 250
Octopus sp. 4	De Silva-Dávila *et al.* 2015		0 - 250
Octopus sp. 5	De Silva-Dávila *et al.* 2015		0 - 250
O. veligero	Roper *et al.* 1995, Jereb *et al.* 2013, 2016	Roper *et al.* 1995, Jereb *et al.* 2013, 2016, García-Guillén 2016, presente estudio	90 - 200
Ocythoe tuberculata	Jereb *et al.* 2013, 2016	Jereb *et al.* 2013, 2016	0 - 200
Paroctopus digueti	Roper *et al.* 1995, Jereb *et al.* 2013, 2016	Jereb *et al.* 2013, 2016, presente estudio	0 - 30
Tremoctopus sp.	Presente estudio*		
Vampyroteuthis infernalis	Jereb *et al.* 2013, 2016	Jereb *et al.* 2013, 2016	0 - 1 000
Vitreledonella richardi	Jereb *et al.* 2013, 2016	Jereb *et al.* 2013, 2016	0 - 1 000

*Especie no reportada anteriormente en la zona. Fuente: elaboración propia.

y 2g), *O. chierchie* (figura 2h) y *O. hubbsorum*. Excepcionalmente, se cuenta con dos registros de hembras del género *Tremoctopus* que, de acuerdo con Jereb y colaboradores (2013), no se distribuye en la región y además los registros a nivel mundial son escasos. Ambos registros se realizaron dentro de la bahía de La Paz, un avistamiento en superficie en abril de 2014 (figura 2i) y la recolecta de un ejemplar recién varado en marzo de 2018 (figuras 2j y 2k, cuadro 1).

Por los avances e importancia que está tomando este grupo, la información se actualiza continuamente y existen algunas diferencias entre las distin-

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

tas fuentes bibliográficas revisadas. Este es el caso de la primera guía taxonómica de cefalópodos de Roper y colaboradores (1984), en la cual se incluyeron solo dos especies de pulpos para la Península de Baja California (*O. macropus* y *Argonauta argo*), ambas consideradas con distribución cosmopolita (presentes en todos los mares), lo que contrasta con la última revisión de cefalópodos del mundo de Jereb y colaboradores (2016), donde se listan 19 especies para la misma zona. Sin embargo, las especies identificadas anteriormente como *O. macropus* pertenecen en realidad al género *Callictoctopus*, y que en particular *C. macropus* se distribuye en el mar Mediterráneo y Atlántico. Asimismo, algunas especies consideradas con distribución cosmopolita (p.e. *Haliphron atlanticus*, *Bolitaena pygmaea*, *Japetella diaphana*, *Vitreledonella richardi*, *Argonauta nouryi* y *Vampyroteuthis infernalis*) no tienen registros recientes en las costas de la península.

Los estudios sobre las primeras fases del ciclo de vida de pulpos (paralarvas), permiten conocer más sobre la biodiversidad del grupo y su distribución geográfica, en particular para especies presentes en la península. De Silva-Dávila y colaboradores (2015) y García-Guillén (2016) reportan a *Japetella heathi*, 6 morfotipos del género *Argonauta*[1] y 5 morfotipos del género *Octopus*. Las paralarvas se toman como indicio de la presencia de especies de pulpos no reportados previamente en la zona, aunque también pueden relacionarse a la alta variabilidad morfológica en esta fase del ciclo de vida del género *Octopus*.

En la CNP de 2004 se listan las especies de pulpo de importancia pesquera en México y para la región noroeste se encuentran *O. hubbsorum*, *O. bimaculatus*, *O. rubescens* y *O. vulgaris* (SAGARPA *et al*. 2007, Rodríguez-García 2010). Bajo el nombre de esta última especie se han agrupado indiscriminadamente muchas otras inciertas, ocasionado una problemática taxonómica en proceso de solución, en donde las revisiones demuestran que existen al menos cuatro tipos (I, II, III y IV), ninguno de los cuales se distribuye en las costas de la península de acuerdo con la última actualización de Jereb y colaboradores (2016). A pesar de que *O. bimaculoides* no aparece en las cartas pesqueras, es un recurso explotado en la costa occidental en campos pesqueros desde Guerrero Negro (observación personal) hasta bahía Magdalena (Mora-Zamacona 2015).

Importancia

Las tasas de crecimiento elevadas, el ciclo de vida corto y un desove único hacen que los pulpos sean altamente susceptibles a la explotación pesquera, lo cual se refleja en las estadísticas pesqueras que muestran al recurso pulpo en onceavo lugar en peso vivo y cuarto en valor económico a nivel nacional, donde Baja California Sur aportó 4% en 2017 (CONAPESCA 2017). Las especies sujetas a explotación reportadas y confirmadas son *O. hubbsorum*, *O. bimaculatus*, *O. rubescens* (SAGARPA 2004) y *O. bimaculoides* (Mora-Zamacona 2015). Una situación común en la industria pesquera es la falta de distinción por especie en los avisos de arribo (se reporta genéricamente lo que se pescó, en este caso particular como pulpo), lo cual es un riesgo para la biología de las especies, debido a que cada una de ellas tiene particularidades que se deberían de reflejar en un manejo diferenciado.

Aunado a la importancia pesquera, se debe destacar la relevancia ecológica del grupo. En los estudios de estructura de la comunidad, generalmente se subestima su presencia, debido a su carácter críptico. Para evitar la depredación, los pulpos seleccionan y modifican de forma activa sus refugios (madrigueras), en donde permanecen la mayor parte del tiempo, sobre todo durante el día (Stelios y Verriopoulos 2004). En el caso de las hembras dicha estancia en los refugios se extiende aún más, debido a que abarca desde la puesta hasta la eclosión de sus huevos. Por tal motivo, se recomienda tener la precaución de incluirlos en investigaciones ecológicas para conocer su verdadera función dentro de la comunidad.

1 De estos morfotipos, dos son de especies que no se puede afirmar con seguridad, debido a que se parecen a especies descritas en otras áreas geográficas, por ello se antecede cf. a la especie, como en *Argonauta* cf. *böttgeri*.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

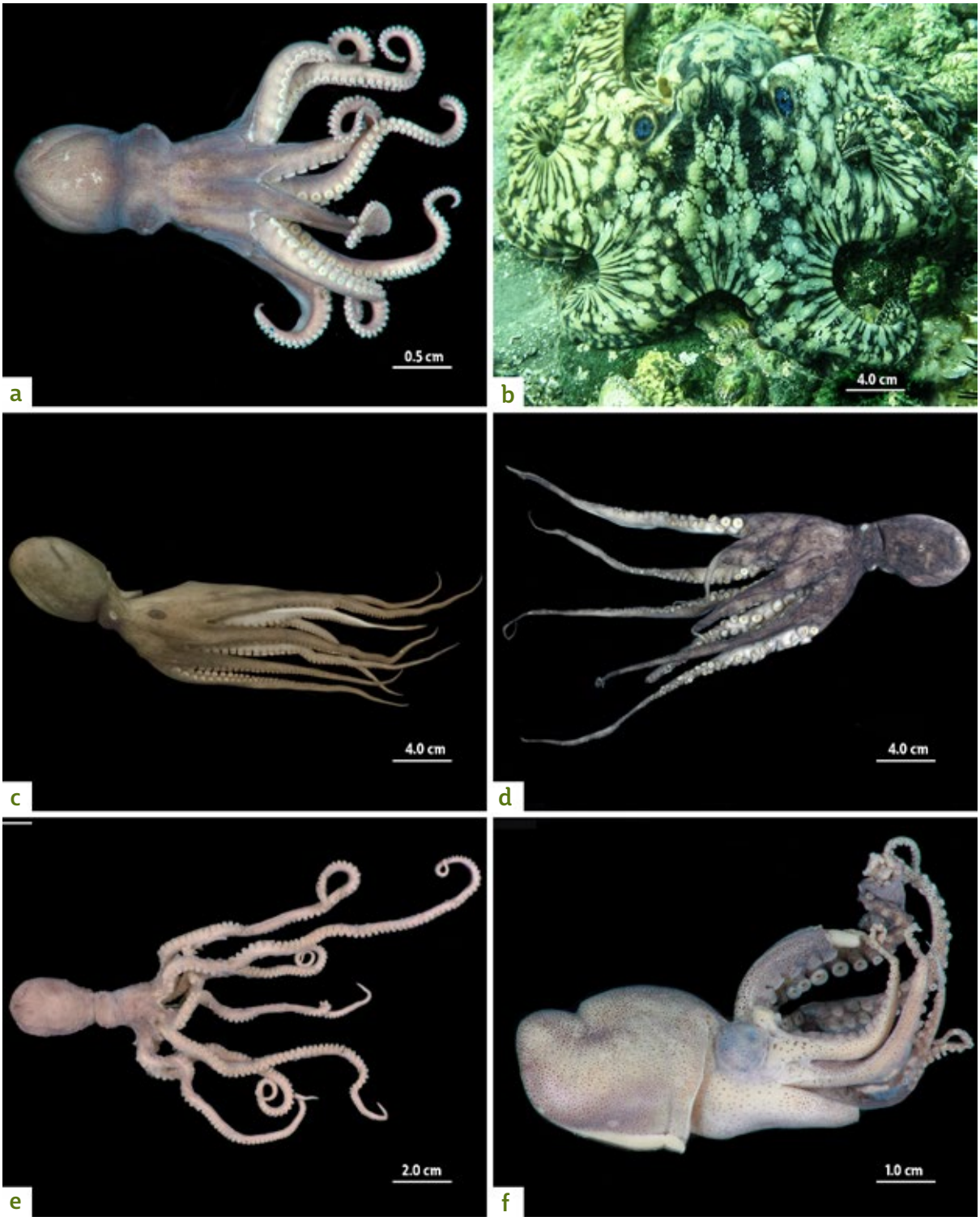


Figura 2. a) *Octopus micropyrsus*, recolectado en la costa del Pacífico de la Península de Baja California; b) *O. bimaculatus*, en bahía Magdalena; c) *O. bimaculoides*, recolectado en Guerrero Negro; d) *O. hubbsorum*, capturado en la costa del Pacífico; e) *Euaxoctopus panamensis*, recolectado en la costa del Pacífico; f) hembra sin concha ovígera de *Argonauta* sp., del golfo de California; g) concha ovígera de *Argonauta* sp., del golfo de California; h) *O. chierchiae*, capturado en el golfo de California; i) avistamiento *in situ* de un

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



ejemplar del género *Tremoctopus*, en el golfo de California; j) vista dorsal de *Tremoctopus* sp., recolectado en el golfo de California; k) vista ventral de *Tremoctopus* sp., recolectado en el golfo de California. Fotos: Cynthia Enríquez (a, d, e), César A. Salinas-Mayoral (b), Arminda Mejía Rebollo (c, f, h, j, k), Mariana Díaz Santana (g), proporcionada por pescador (i).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Amenazas y acciones de conservación

De acuerdo con la NOM-059 (SEMARNAT 2010) y a la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES), no se reconoce ninguna especie de pulpo o cefalópodo en México que requiera algún tipo de protección (CITES 2013). Sin embargo, aún hace falta mucho por conocer respecto a las especies presentes, ciclos de vida, parámetros poblacionales y respuesta al ambiente, todos ello como información necesaria para tener un manejo adecuado que evite llevar a las especies a categorías de amenaza.

Las acciones precautorias en los distintos campos de manejo y conservación permitirán la preservación de las especies. En la última actualización de Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN 2019), se enlistan 750 especies de cefalópodos a nivel mundial, de las cuales 271 son pulpos y de las especies listadas en el presente trabajo, 17 se consideran en la categoría riesgo mínimo (LC, *Haliphron atlanticus*, *Bolitaena pygmaea*, *Japetella diaphana*, *Vitreledonella richardi*, *Argonauta argo*, *A. nouryi*, *A. hians*, *Benthoctopus robustus*, *Enteroctopus dofleini*, *Octopus alecto*, *O. bimaculatus*, *O. bimaculoides*, *O. californicus*, *O. hubbsorum*, *O. rubescens*, *Paroctopus digueti* y *Ocythoe tuberculata*); mientras que seis más se encuentran en la categoría datos insuficientes (DD, *Euaxoctopus panamensis*, *Octopus chierchiae*, *O. fitchi*, *O. micropyrsus*, *O. penicillifer* y *O. veligero*). Por otro lado, la variabilidad ambiental también tiene un efecto importante en el reclutamiento, sobrevivencia y crecimiento en los organismos de este grupo, y por ende la conservación de las especies

Conclusiones

La biodiversidad de pulpos en las costas sudcalifornianas es alta y aún es necesario continuar con exploraciones que permitan ampliar el elenco taxonómico, así como las zonas de distribución de las especies. Los avances recientes en técnicas moleculares han permitido, junto con la taxonomía tradicional, incrementar la certeza taxonómica de las especies sujetas a explotación, la cual es primordial para establecer planes o estrategias de manejo pesquero, de lo que se desprende la necesidad de conocer la biología de las distintas especies explotadas.

Referencias

Boyle, P. y P. Rodhouse. 2005. *Cephalopods ecology and fisheries*. Blackwell Science, EUA.

CITES. Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. 2013. *Apéndices I, II y III*. En: <http://www.cites.org/esp/app/appendices.php>, última consulta: 30 de abril de 2020.

CONAPESCA. Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca. 2017. *Anuario Estadístico de Acuacultura y Pesca 2017*. CONAPESCA, México.

De Silva-Dávila, R., C. Franco-Gordo, F.G. Hochberg *et al*. 2015. Cephalopod paralarval assemblages in the Gulf of California during 2004-2007. *Marine Ecology Progress Series* 520:123-141.

García-Guillén, R.M. 2016. *Estructura de la comunidad de paralarvas de cefalópodos de la costa suroccidental de Baja California Sur y su relación con las variables ambientales*. Tesis de maestría. CICIMAR-IPN, La Paz.

Jereb, P., C.F.E. Roper, M.D. Norman y J.K. Finn. 2013. *Cephalopods of the world. An annotated and illustrated catalogue of Cephalopod species known to date. Vol. 3. Octopods and vampire squids*. FAO, Roma.

—. 2016. *Cephalopods of the world. An annotated and illustrated catalogue of Cephalopod species known to date. Vol. 3. Octopods and vampire squids*. FAO, Roma.

Mora-Zamacona, P. 2015. *Estimación de edad y crecimiento de Octopus bimaculoides Pickford and McConnaughey, 1949, con base en las marcas de crecimiento en picos*. Tesis de licenciatura. UABCS, Baja California Sur.

Rodríguez-García, O.U. 2010. *Biología reproductiva del pulpo Octopus bimaculatus (Verril, 1883) en bahía Sebastián Vizcaíno, Baja California Sur*. Tesis de maestría. CIBNOR, La Paz.

Roper, C.F.E., M.J. Sweeney y C.E. Nauen. 1984. *FAO Species catalogue. Cephalopods of the world an annotated and illustrated catalogue of species of interest to fisheries*. FAO/UNDP, Roma.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Roper, C.F.E., M.J. Sweeney y F.G. Hochberg. 1995. *Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico centro-oriental. Plantas e invertebrados. Cefalópodos*. FAO, Roma.

SAGARPA. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 2004. *Carta Nacional Pesquera*. Publicada el 15 de marzo de 2004 en el Diario Oficial de la Federación.

—. 2012. *Carta Nacional Pesquera*. Publicada el 24 de agosto de 2012 en el Diario Oficial de la Federación.

SAGARPA, CONAPESCA, Gobierno del Estado *et al*. 2007. *Propuesta de Carta Estatal Pesquera y Acuícola del Estado de Baja California Sur*. CIBNOR, La Paz.

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.

SEPESCABC. Secretaría de Pesca y Acuacultura de Baja California. 2014. *Carta Estatal Pesquera de Baja California 2000-2015*. Gobierno del Estado de Baja California, México.

Stelios, K. y G. Verriopoulos. 2004. Den ecology of *Octopus vulgaris* Cuvier, 1797, on soft sediment: availability and types of shelter. *Scientia Marina* 68(1):147-157.

UICN. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. 2019. *The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2019-2*. En: <http://www.iucnredlist.org>, última consulta: 18 de julio de 2019.

Voss, G.L. 1971. Cephalopods collected by the R/V John Elliott Pillsbury in the Gulf of Panama in 1967. *Bulletin of Marine Science* 21:1-34.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Picnogónidos (Arthropoda: Pycnogonida)

Angel de León Espinosa y Jaime Gómez Gutiérrez

Introducción

Los picnogónidos (comúnmente conocidos como arañas de mar) son artrópodos que habitan en el fondo marino, desde la zona intermareal hasta las planicies abisales. Forman un grupo de invertebrados del *subphylum* Chelicerata que se distribuye en todos los océanos (Arnaud y Bamber 1988, Gillespie y Bain 2006, Cano-Sánchez y López-González 2007). Al igual que otros quelicerados (arañas, escorpiones y cacerolas de mar), los picnogónidos tienen el cuerpo dividido en dos regiones (o tagmas): una anterior denominada prosoma (o cefalotórax) y una posterior denominada opistosoma (o abdomen), con cuatro a seis pares de largas patas (figura 1).

Diversidad

Los picnogónidos se clasifican en tres órdenes extintos (Nectopantopoda, Palaeoisopoda y Palaeopantopoda) y uno vigente (Pantopoda), del cual se conocen 86 géneros y alrededor de 1 420 especies en el mundo (Dunlop *et al*. 2012, Bamber *et al*. 2018). Los pioneros en el estudio de la taxonomía y ecología de los picnogónidos en costas mexicanas fueron investigadores extranjeros (cuadro 1; Schimkewitsch 1893, Hilton 1942, Child 1979, Wicksten 1996). Hace 30 años iniciaron los esfuerzos de investigación por científicos mexicanos en Baja California Sur (Salazar-Vallejo y Stock 1987, Monteforte y Garcia-Gasca 1994, Wright-López 1997, Murtaugh-Olachea 2011, Méndez-Trejo *et al*. 2014, Morales-Zárate *et al*. 2016), quienes realizaron estudios ecológicos y taxonómicos enfocados en la descripción de una nueva especie (De León-Espinosa y De León-González 2015).

Brusca y colaboradores (2005) y Hendrickx y Brusca (2007) reportaron 15 especies de picnogónidos en el golfo de California, ninguna de ellas endémica del área. Registraron un gradiente latitudinal de riqueza específica de picnogónidos con cuatro especies en el sur, nueve en el centro y 10 en el norte del golfo. Hasta 2018, se han reportado 20 especies pertenecientes a 14 géneros de picnogónidos en las costas sudcalifornianas (cuadro 1, apéndice 14). Esta es una riqueza específica mayor que la estimada hasta entonces, ya que anteriormente se tenía un registro de 15 especies para todo el golfo de California (Brusca *et al*. 2005, Hendrickx y Brusca 2007). La actualización en el listado taxonómico es el resultado de la reciente realización de estudios ecológicos enfocados en la estructura de la comunidad de organismos del fondo marino, estudios de especies de moluscos para la explotación comercial y de la detección de especies invasoras de la fauna bentónica en el estado (De León-Espinosa 2018).

De León-Espinosa, A. y J. Gómez-Gutiérrez. 2025. Picnogónidos (Arthropoda: Pycnogonida). En: *La biodiversidad en Baja California Sur. Estudio de Estado*. Vol. II. CONABIO/FFB, México, pp. 192-196.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

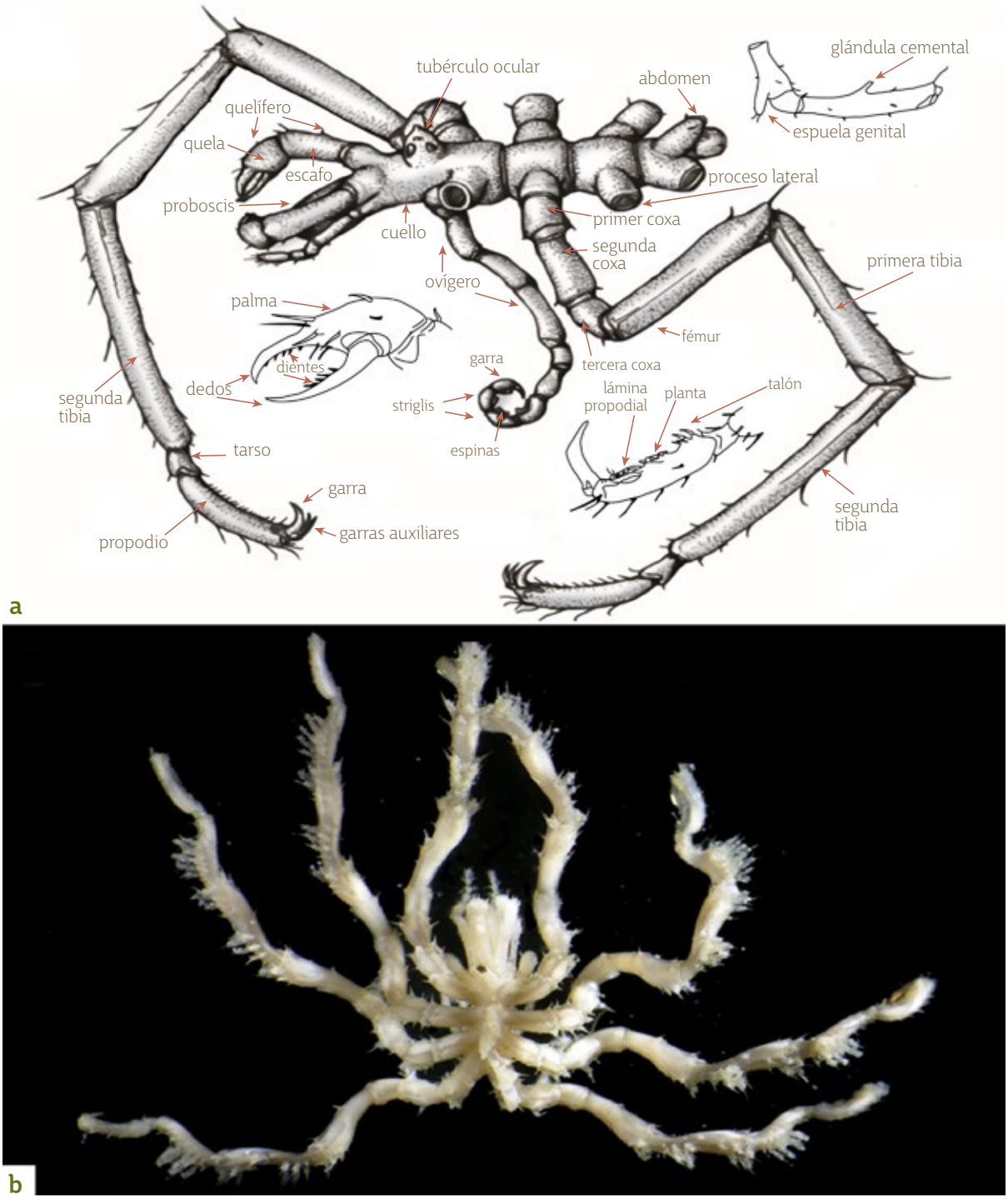


Figura 1. Forma general de los picnogónidos: a) detalles de los apéndices en donde se muestran las estructuras usadas en la descripción taxonómica; b) ejemplar vivo recolectado en Puerto Escondido. Fuente/foto: modificada de Child 1979 (a), Ángel De León-Espinosa y Jaime Gómez-Gutiérrez (b).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Cuadro 1. Especies de picnogónidos registrados históricamente en aguas litorales y profundas de Baja California Sur, a partir de investigaciones taxonómicas.

Especie	Municipio	Referencia
Familia Ammotheidae		
Achelia sp.*	Mulegé	Murtaugh-Olachea 2011
*A. alaskensis**	Mulegé	Morales-Zárate *et al.* 2016
Ammothea hilgendorfi	Mulegé	Child 1979
Ammothella sp.*	La Paz	Monteforte y Garcia-Gasca 1994
A. spinifera	Mulegé y La Paz	Child 1979
A. spinifera	Mulegé	Salazar-Vallejo y Stock 1987
Nymphopsis duodorsospinosa	La Paz	Hilton 1942
N. duodorsospinosa	Mulegé	De León-Espinosa y De León-González 2015
Tanystylum sp.*	Comondú	Wicksten 1996
*T. californicum**	La Paz	Monteforte y Garcia-Gasca 1994
T. duospinum	Los Cabos	Child 1979
*T. intermedium**	La Paz	Wright-López 1997
T. isthmiacum	Mulegé	Child 1979
Familia Ascorhynchidae		
Eurycyde bamberi	Mulegé	De León-Espinosa y De León-González 2015
Pigrogromitus timsanus	La Paz	Child 1979
Familia Callipallenidae		
Anoropallene palpida	La Paz	Child 1979
Callipallene californiensis	Mulegé y La Paz	Child 1979
C. californiensis	La Paz	Monteforte y Garcia-Gasca 1994
C. californiensis	Mulegé	De León-Espinosa y De León-González 2015
Familia Colossendeidae		
Colossendeis gracilis	Los Cabos	Schimkewitsch 1893
Familia Nymphonidae		
Nymphon sp.*	La Paz	Monteforte y Garcia-Gasca 1994
Nymphon sp.*	La Paz	Méndez-Trejo *et al.* 2014
N. lituus	Mulegé	Child 1979
N. lituus	Mulegé	De León-Espinosa y De León-González 2015
Familia Pallenopsidae		
Bathypallenopsis californica	Los Cabos	Schimkewitsch 1893
Phoxichilidiidae		
Anoplodactylus erectus	La Paz	Hilton 1942
*A. viridintestinalis**	La Paz	Wright-López 1997
Phoxichilidium femoratum	Mulegé	Morales-Zárate *et al.* 2016
Familia Pycnogonidae		
*Pycnogonum reticulatum**	Comondú	Wicksten 1996
*Pycnogonum rickettsi**	Comondú	Wicksten 1996
*Pycnogonum rickettsi**	Mulegé	De León-Espinosa y De León-González 2015

*Picnogónidos identificados en trabajos ecológicos enfocados en la estructura de la comunidad de organismos del fondo marino (bentos). Fuente: elaboración propia.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Importancia ecológica

Los picnogónidos son depredadores de numerosas especies de invertebrados sésiles como hidrozoos, antozoos (anémonas marinas y corales), briozoos (animales musgo) y poliquetos. Algunas especies pueden desarrollar hábitos carroñeros y pocas se alimentan de algas o tienen una estrategia de vida parasítica (Salazar-Vallejo y Stock 1987, Arnaud y Bamber 1988). Con base en la abundancia, la frecuencia de aparición y rangos de distribución conocidos de las especies de picnogónidos reportadas en Baja California Sur, no existe evidencia de que alguna de las especies de picnogónidos cumpla con los criterios para ser considerada como una especie invasora. Sin embargo, es necesario analizar detalladamente las identificaciones específicas realizadas en estudios ecológicos por expertos taxónomos, particularmente para aquellas especies que se reportan por primera vez en el estado o el país.

Conclusiones

Los picnogónidos han sido poco estudiados y son escasos los investigadores expertos en su taxonomía y ecología; posiblemente porque son poco abundantes y sin valor económico directo. Su estado actual de conocimiento se centra en la descripción de especies, y hasta ahora no se ha realizado la clasificación filogenética de este grupo taxonómico en México con base a información genética o ecológica. La mayor parte de los registros de picnogónidos en el país son el resultado de estudios ecológicos de más amplio contexto de estructura de la comunidad biológica asociada al fondo marino y especies para explotación comercial (Salazar-Vallejo y Stock 1987, Monteforte y Garcia-Gasca 1994, Wright-López 1997, Murtaugh-Olachea 2011, Méndez-Trejo *et al*. 2014, De León-Espinosa y De León González 2015, Morales-Zárate *et al*. 2016, De León-Espinosa 2018).

Los estudios realizados hasta ahora en la entidad se enfocan en la región litoral y contaron con pocos muestreos en hábitats oceánicos (Schimkewitsch 1893, Wicksten 1996). Esto hace necesario explorar la fauna de picnogónidos de aguas profundas a nivel estatal y nacional. Actualmente, no existe una colección científica formal de picnogónidos en el país. Sin embargo, el laboratorio de Biosistemática de la Universidad Autónoma de Nuevo León ha iniciado una colección de especies derivada de la recolección de especímenes en la Península de Baja California (De León-Espinosa 2018), así como de la donación por parte de investigadores e instituciones académicas de varias regiones del territorio nacional.

Referencias

Arnaud, F. y R.N. Bamber. 1988. The biology of Pycnogonida. *Advances in Marine Biology* 24:1-96.

Bamber, R.N., A. El Nagar y C.P. Arango. 2018. *Pycnobase: World Pycnogonida Database. Pycnogonida*. En: <http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=1302>, última consulta: 27 de junio de 2018.

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*. J.L.E. Carlton, G. Ceballos y R.S. Felger (eds.). Oxford University Press, Nueva York, pp. 179-203.

Cano-Sánchez, E. y P.J. López-González. 2007. Los picnogónidos y el posible efecto del cambio climático en la fauna andaluza. En: *El cambio climático en Andalucía: evolución y consecuencias medioambientales*. S.A. García-Barrón y V. Jurado (eds.). Consejería del Medio Ambiente (Junta de Andalucía), Sevilla, pp. 169-178.

Child, C.A. 1979. Shallow-water Pycnogonida of the Isthmus of Panama and the coasts of Middle America. *Smithsonian Contributions to Zoology* 293:1-86.

De León-Espinosa, A. 2018. *Picnogónidos (Arthropoda: Pycnogonida) asociados a marinas de la costa este de Baja California Sur, México*. Tesis de maestría. CICIMAR-IPN, La Paz.

De León-Espinosa, A. y J.A. De León-González. 2015. Pycnogonids associated with the giant lion's spaw scallop *Nodipecten subnodosus* (Sowerby) in Ojo de Liebre Bay, Guerrero Negro, Baja California Sur, Mexico. *ZooKeys* 530:129-149.

Dunlop, J.A., D. Penney y D. Jekel. 2012. A summary list of fossil spiders and their relatives. En: <http://research.amnh.org/entomology/spiders/catalog/index.html>, última consulta: 27 de junio de 2018.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Gillespie, J.M. y B.A. Bain. 2006. Postembryonic development of *Tanystylum bealensis* (Pycnogonida, Ammotheidae) from Barkley Sound, British Columbia, Canada. *Journal of Morphology* 267:308-317.

Hendrickx, M.E. y R.C. Brusca. 2007. Distribución de invertebrados marinos endémicos en el Golfo de California, México. En: *Memorias del XII Congreso Latino-Américano de Ciências do Mar XII COLACMAR*. Florianópolis.

Hilton, W.A. 1942. Pycnogonids from the Allan Hancock Expeditions. *Allan Hancock Pacific Expeditions (University of Southern California)* 5:277-339.

Méndez-Trejo, M.C., R. Riosmena-Rodríguez, E. Ávila *et al.* 2014. Evaluación de la invasión de *Acanthophora spicifera* (Rhodophyta) sobre la epifauna en Bahía de La Paz, BCS. En: *Especies invasoras acuáticas: casos de estudios en ecosistemas de México*. A.M. Low Pfeng, P.A. Quijón y E.M. Peters Racagno (eds.). SEMARNAT/INECC/UPEI, México, pp. 434-456.

Monteforte, M. y A. Garcia-Gasca. 1994. Spat collection studies on pearl oysters *Pinctada mazatlanica* and *Pteria sterna* (Bivalvia, Pteriidae) in Bahía de La Paz, South Baja California, Mexico. *Hydrobiologia* 29:21-34.

Morales-Zárate, M.V., A. Zayas-Álvarez, C.A. Salinas-Zavala *et al.* 2016. Biocenosis de la comunidad bentónica en la laguna Guerrero Negro, Baja California Sur, México: caracterización espacio-temporal. *Latin American Journal of Aquatic Research* 44:726-741.

Murtaugh-Olachea, M.P. 2011. *Composición de la macro-fauna reclutada a un sustrato artificial en playa Guadalupe, bahía Concepción, BCS*, México. Tesis de licenciatura. UABCS, Baja California Sur.

Salazar-Vallejo, S.I. y J.H. Stock. 1987. Apparent parasitism of *Sabella melanostigma* (Polychaeta) by *Ammothella spinifera* (Pycnogonida) from the Gulf of California. *Revista de Biología Tropical* 35:269-275.

Schimkewitsch, W. 1893. *Report on the dredging operations off the west coast of Central America to the Galapagos, to the west coast of Mexico, and in the Gulf of California, in charge of Alexander Agassiz, carried on by the US Fish Commission Steamer Albatross, during 1891, Lieut*. Commander Z.L. Tanner, USN., commanding. Compte-rendu sur les Pantopodes, recueillis pendant les Explorations de l'Albatross 1891. *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology at Harvard* 25:27-43.

Wicksten, M.K. 1996. Decapod crustaceans and pycnogonids of Rocas Alijos. En: *Rocas Alijos.* R.W. Schmieder (ed.). Springer, Dordrecht, pp. 285-293.

Wright-López, H. 1997. *Ecología de la captación de la semilla de madreperla Pinctada mazatlanica y concha nácar Pteria sterna (Bivalvia: Pteriidae), en la Isla Gaviota, Bahía de La Paz, B.C.S., México*. Tesis de maestría. CICIMAR-IPN, La Paz.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Decápodos nadadores, de fondos suaves y dulceacuícolas

Luis Gerardo Hernández Moreno

Introducción

Los crustáceos decápodos son un grupo muy diverso de animales acuáticos (marinos, de agua dulce e incluso algunos semiterrestres), los cuales tienen en común la presencia de diez patas (de ahí su nombre; Álvarez *et al.* 2014). Poseen un esqueleto externo usualmente formado por una costra de quitina, aunque hay especies con esqueleto de carbonato de calcio. Durante las primeras etapas del desarrollo, presentan una larva (nauplio), que atraviesa diferentes fases hasta adquirir la forma del adulto (figura 1). Cuando alcanzan la talla de juveniles, muchas especies presentan pinzas (quelas) que sirven para capturar a sus presas y defenderse de sus depredadores.

Se distinguen dos formas corporales entre los decápodos: 1) de camarón con un cuerpo sub-cilíndrico y una región cefálica bien distinguida de la región abdominal; 2) de cangrejo, que es oval o sub-cuadrangular donde el abdomen se dobla por debajo de la región cefálica y se fusiona para dar el aspecto más compacto, como de una coraza bien protegida (figura 2). A los decápodos se les considera un grupo evolutivamente exitoso, debido a que han logrado ocupar diferentes ambientes y están presentes en una gran variedad de ecosistemas incluyendo zonas polares, templadas y tropicales.

Diversidad

De las aproximadamente 15 mil especies de decápodos vivos reconocidas en el mundo, en México se registran 1 775 (Álvarez *et al.* 2014), lo que representa 12% de la diversidad mundial. Entre los diferentes ambientes que habitan los decápodos, hay un grupo de camarones que se encuentran nadando, llamados camarones pelágicos (figura 3). Son especies que tienen amplia distribución en casi todos los mares (Hendrickx y Estrada-Navarrete 1996); sin embargo, no se sabe con claridad cuántas y cuáles especies se encuentran en los litorales del estado. Los pocos estudios realizados indican que varias especies de camarones nadadores realizan movimientos verticales, a veces de cientos de metros, y que posiblemente ese comportamiento obedece a los ritmos del día y la noche (Hendrickx 1996).

Para Baja California Sur se tiene registro de 42 especies de camarones nadadores, que representan 80% de las especies reportadas para el Pacífico mexicano, de acuerdo con lo mencionado por Hendrickx y Estrada Navarrete (1996). Las familias mejor representadas son Benthesicymidae, Sergestidae y Pasiphaeidae, con cinco especies cada una.

Los ecosistemas de fondos suaves (arenas y limos), representan una amplia zona marina que se extiende

Hernández, L. 2025. Decápodos nadadores, de fondos suaves y dulceacuícolas. En: *La biodiversidad en Baja California Sur. Estudio de Estado*. Vol. II. CONABIO/FFB, México, pp. 198-204.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

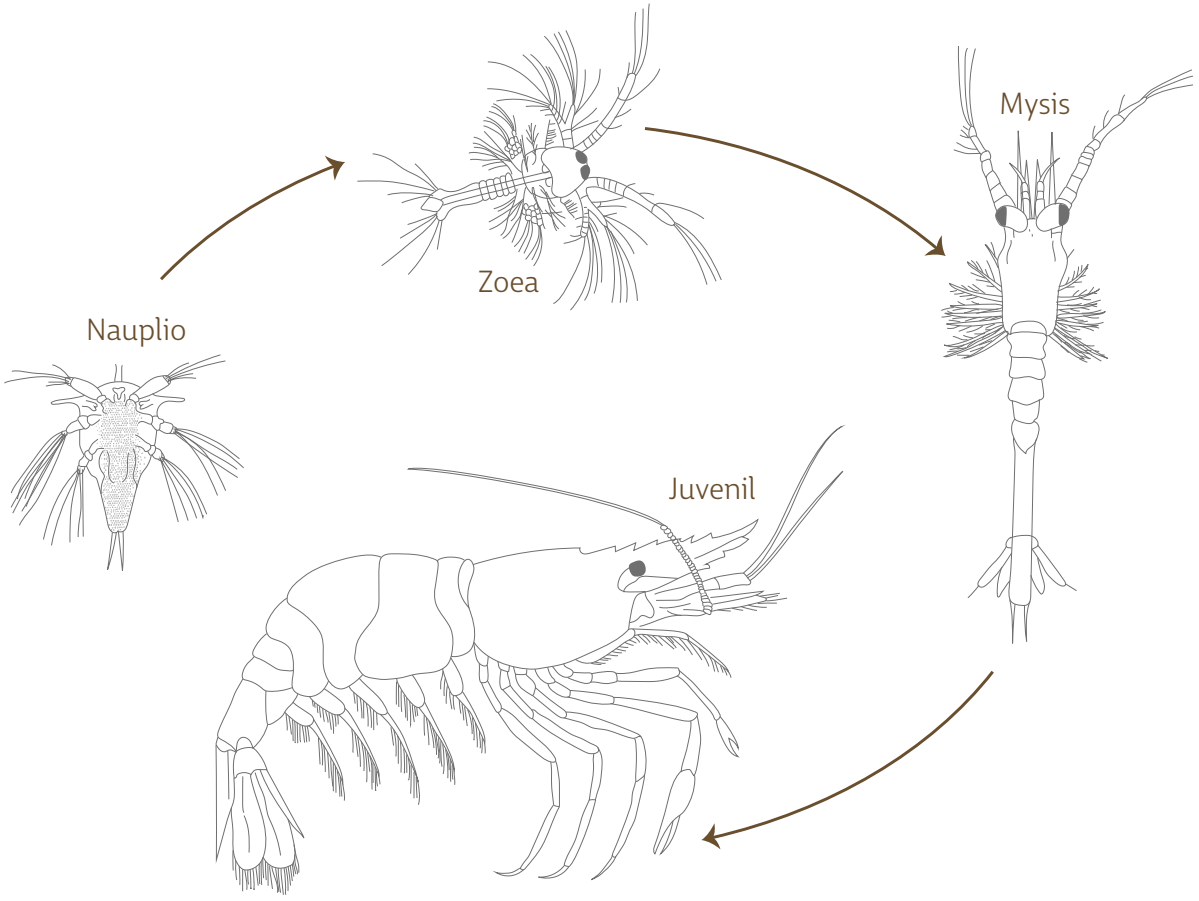


Figura 1. Etapas del ciclo larvario de decápodos. Ilustración: elaboración propia.

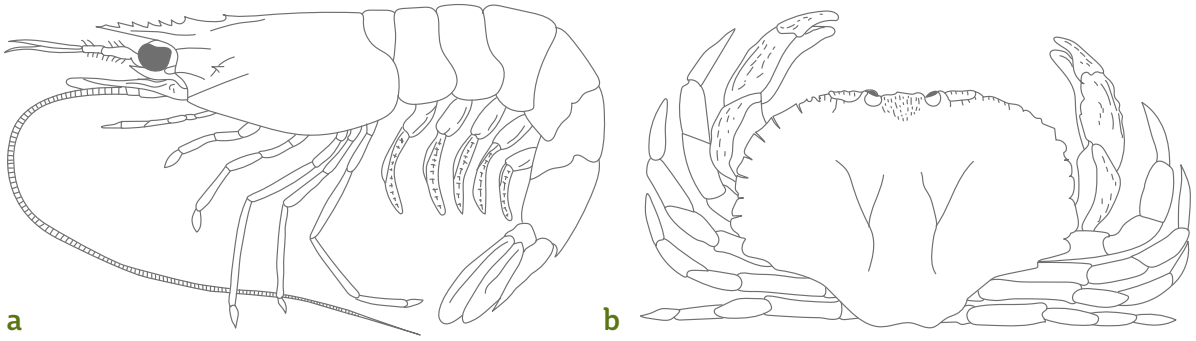


Figura 2. Formas corporales de los decápodos: a) camarón; b) cangrejo. Ilustración: modificada de Hendrickx 1995.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

desde las playas hasta la plataforma continental y mar profundo. Los camarones y cangrejos de fondos suaves de las familias Penaeidae y Portunidae (figura 4), son tal vez las especies más conocidas y las más comercializadas en el territorio nacional. Dado que es un ecosistema muy amplio y representa gran parte de la zona marina del país (Hendrickx 1993), es posible encontrar en ellos una gran variedad de especies, algunas posiblemente aún desconocidas.

Respecto a los camarones de fondos suaves, Hendrickx (1996) señaló la presencia de 32 especies en el Pacífico mexicano, de las cuales 20 (63%) se encuentran en la entidad. La familia Sicyoniidae (9 especies) es la mejor representada de este grupo; en tanto que para los cangrejos las familias más representativas son Mithracidae (13) y Leucosiidae (12).

A pesar de que el estado se ubica geográficamente en la provincia Desierto de Sonora (Case *et al.* 2002), existen varios cuerpos de agua interior (pozas o arroyos, llamados oasis) que guardan una biodiversidad particular. Para el caso de los decápodos en estos ambientes, se cuenta con registros de langostinos de agua dulce de las familias Palaemonidae (6 especies, figura 5) y Cambaridae (1; Hernández 2007). En el cuadro 1 se muestran las familias y especies más representativas de los ecosistemas pelágico, de fondos suaves y dulceacuícola en Baja California Sur.

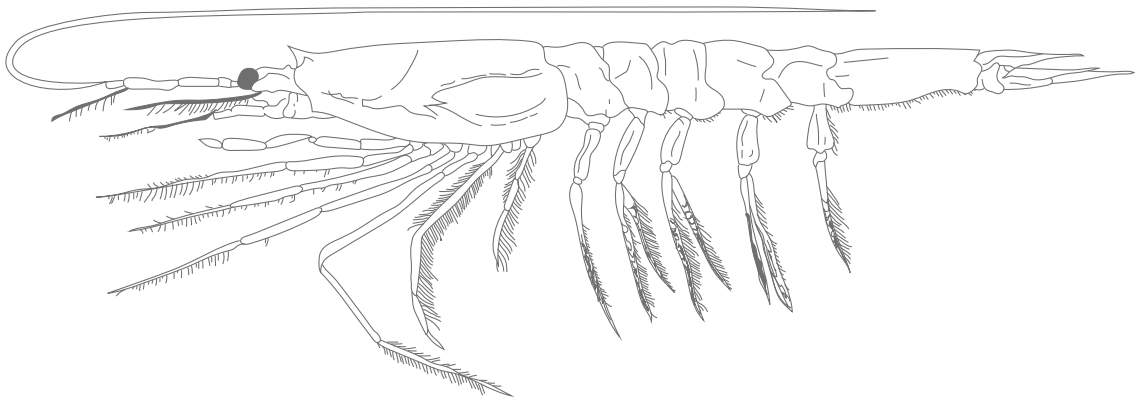


Figura 3. Camarón pelágico (*Sergestes similis*). Ilustración: modificada de Hendrickx y Estrada-Navarrete 1996.

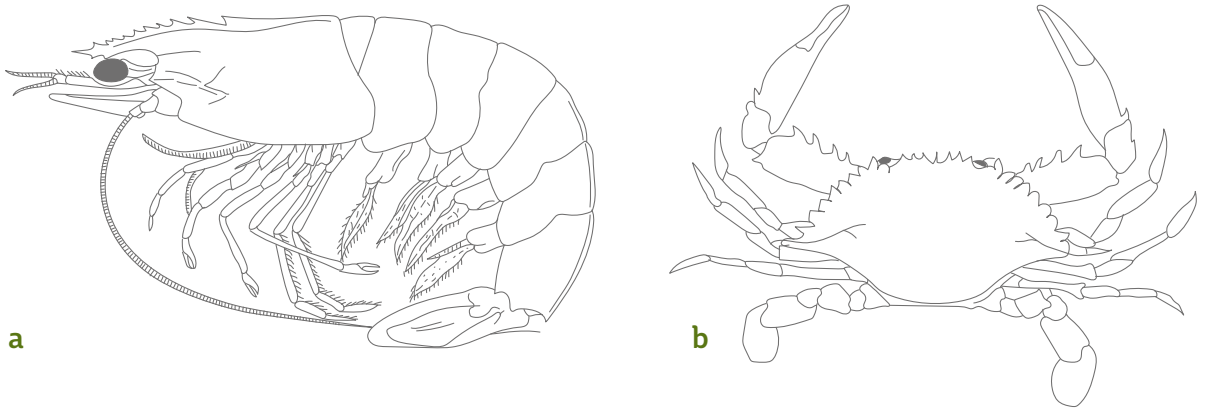


Figura 4. Decápodos de fondos suaves sujetos a la pesca comercial (escala: 5 cm): a) camarón café (*Farfantepenaeus californiensis*); b) jaiba verde (*Callinectes bellicosus*). Ilustraciónes: modificadas de Hendrickx 1984, 1996.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Figura 5. Langostino de río (*Macrobrachium americanum*); escala: 5 cm. Foto: Luis Hernández.

Distribución

Los cangrejos de aguas profundas y los camarones pelágicos presentan una amplia distribución geográfica. De acuerdo con Hendrickx (1996), se puede caracterizar un componente tropical dominante, con algunas especies que se distribuyen preferentemente en aguas templadas y frías. Hasta el momento, no se han descrito especies endémicas en este grupo de decápodos para el estado. En el caso de los camarones de agua dulce, a pesar de estar confinados en pozas y oasis con un marcado aislamiento, los ejemplares estudiados indican que no hay diferencias morfológicas ni genéticas con las poblaciones residentes en los ríos del macizo continental (Hernández *et al.* 2007).

Importancia

Aunque no se sabe mucho de la biología de los camarones pelágicos, algunas investigaciones de contenidos estomacales de peces indican la presencia de estos camarones en especies de importancia comercial, lo que confirma que los decápodos son un importante eslabón en las redes tróficas. Los cangrejos de aguas profundas tienen demanda en el mercado internacional que podrían derivar en una pesquería rentable (Fiol-Ortiz y Cervantes-Díaz 1996).

La langostilla (*Pleuroncodes planipes*) es un cangrejo que en su vida larvaria y juvenil permanece como pelágico, pero cuando es adulto se va a los fondos suaves y ocasionalmente se hace nadador nuevamente como adulto (Balart 1996). Esta especie se emplea en la elaboración de harinas, debido a que representa una fuente importante de proteína animal. Para esta especie se han realizado estimaciones de volúmenes de extracción que podrían activar la economía del sector pesquero en una parte del litoral del Pacífico del estado (Balart 1996).

Respecto a las langostas espinosas, representan un recurso muy importante socioeconómicamente para la región norte del Pacífico de la entidad. La especie más explotada es la langosta roja (*Panulirus interruptus*), de la cual se cuenta con un esquema de capturas con volúmenes controlados para mantener una pesca sostenible (CONAPESCA y FOMOVI 2017).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Cuadro 1. Especies de camarones y cangrejos a nivel mundial, nacional y estatal.

Familia	Mundo	México	Baja California Sur*	Especies representativas en la entidad
Palaemonidae	967	98	7	*Macrobrachium tenellum*
Paguridae	542	80	4	*Pagurus albus*
Leucosiidae	447	30	12	*Ebalia magdalenensis*
Cambaridae	428	56	1	*Procambarus clarkii*
Diogenidae	428	64	6	*Clibanarius digueti*
Epialtidae	375	58	10	*Stenocionops ovatus*
Portunidae	307	39	12	*Callinectes bellicosus*
Porcellanidae	277	80	15	*Porcellana paguriconviva*
Penaeidae	222	32	8	*Farfantepenaeus californiensis*
Inachidae	204	21	10	*Stenorhynchus debilis*
Majidae	194	57	1	*Maiopsis panamensis*
Pandalidae	188	20	4	*Plesionika beebei*
Dromiidae	124	9	4	*Hypoconcha panamensis*
Lithodidae	121	12	1	*Lithodes couesi*
Sergestidae	101	17	11	*Sergestes pestafer*
Pasiphaeidae	95	18	10	*Pasiphaea americana*
Solenoceridae	83	10	3	*Solenocera mutator*
Ethusidae	79	12	4	*Ethusa lata*
Calappidae	75	10	1	*Mursia gaudichaudii*
Oplophoridae	69	26	2	*Acanthephyra curtirostris*
Processidae	68	16	1	*Processa pippinae*
Homolidae	65	2	1	*Libinia mexicana*
Cancridae	57	8	2	*Cancer johngarthi*
Sicyoniidae	52	17	9	*Sicyonia disedwardsi*
Benthesicymidae	39	19	6	*Gennadas sordidus*
Inachoididae	39	17	9	*Collodes tenuirostris*
Raninidae	39	11	4	*Moloha faxoni*
Strahlaxiidae	8	1	1	*Neaxius vivesi*
Luciferidae	7	2	1	*Lucifer typus*
Galatheidae	5	2	1	*Pleuroncodes planipes*
Total	**5 705**	**844**	**161**	

*Esta riqueza solamente considera especies de ecosistemas pelágicos, fondos suaves y dulceacuícolas. Fuente: elaboración propia con datos de Hendrickx 1996, 1997, 1999, Hendrickx y Estrada-Navarrete 1996, Hernández *et al.* 2007, Álvarez *et al.* 2014.

Amenazas

Probablemente una de las amenazas más grandes para los decápodos se relaciona con las actividades de pesca. Se estima que aproximadamente 30% de la fauna capturada en la pesca de camarón corresponde a las especies objetivo, por lo que 70% es fauna de acompañamiento que se descarta, es decir, muere sin poder reincorporase al medio o aprovecharse. A su vez, la captura de jaibas y langostas se realiza con trampas no selectivas, lo que implica la extracción de especies que no necesariamente tienen un aprovechamiento (De la Rosa-Meza 2005, Castro-Salgado 2013).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Acciones de conservación

Con excepción de las especies de importancia comercial, los estudios de crustáceos en la entidad son esporádicos, y no se cuenta con un historial de monitoreo a mediano o largo plazo, por lo que seguramente habrá muchas más especies que incorporar a los inventarios de biodiversidad en el estado. Lamentablemente, los estudios de inventarios han sido poco apoyados en las últimas décadas, lo que impide ampliar el conocimiento de la flora y fauna de la entidad.

A poco más de 40 años de la creación de varias instituciones con especialidades en ciencias del mar, muchas de las investigaciones marinas se han desarrollado en las inmediaciones de la bahía de La Paz (sede de las instituciones) y áreas adyacentes del sur del golfo de California; por el contrario, prácticamente no se han realizado investigaciones más al norte, salvo bahía Concepción (en el golfo de California) y en la región de bahía Magdalena (costa del Pacífico). Además, existen pocos estudios para conocer la biodiversidad de decápodos y otros grupos de la fauna marina a profundidades mayores a los 20 m de profundidad.

Aunque se sabe poco de la biología de este grupo, la estrategia de decretar áreas naturales protegidas seguramente favorece la conservación de muchas especies. Ante la ausencia de datos para especies no sujetas a explotación pesquera, no es posible determinar si dichas estrategias han resultado eficientes para las especies de aguas profundas.

Es necesario impulsar proyectos de investigación en ciencia básica, que permitan ampliar el conocimiento sobre las especies que se encuentran en estos ecosistemas, para contar con mayores elementos que permitan comprender los procesos biológicos y reproductivos relacionados con ellas. Los registros de la fauna de aguas profundas y fondos suaves se incrementarán si se logran apoyos dirigidos a los inventarios de biodiversidad de diferentes niveles de profundidad.

Referencias

Álvarez, F., J.L. Villalobos, M.E. Hendrickx *et al.* 2014. Biodiversidad de crustáceos decápodos (Crustacea: Decapoda) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 86:208-219.

Balart, E.F. 1996. Recurso langostilla. En: *Estudio del potencial pesquero y acuícola de Baja California Sur.* Vol. I. M. Casas-Valdez y G. Ponce Díaz (eds.). FAO/CIBNOR/CICIMAR-IPN/UABCS, La Paz, pp. 167-180.

Case, T.J., M.L. Cody y E. Ezcurra. 2002. *A new island biogeography of the sea of Cortés*. Oxford University Press, Nueva York.

Castro-Salgado, J.C. 2013. *Tendencias de producción pesquera de jaiba en la costa occidental de Baja California Sur, México (1998-2010)*. Tesis de licenciatura. UABCS, Baja California Sur.

CONAPESCA y FOMOVI. Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca, y FOMOVI Consultoría y Servicios Profesionales. 2017. *Programa Maestro Estatal Sistema Producto Langosta*. En: <https://cadenasproductivas.conapesca.gob.mx/>, última consulta: 18 de diciembre de 2017.

De la Rosa-Meza, K. 2005. *Fauna de acompañamiento del camarón en bahía Magdalena, BCS. México*. Tesis de maestría. CICIMAR-IPN, La Paz.

Fiol-Ortiz, J. y J.L. Cervantes-Díaz. 1996. Recurso cangrejo. En: *Estudio del potencial pesquero y acuícola de Baja California Sur.* Vol. I. M. Casas-Valdez y G. Ponce Díaz (eds.). FAO/CIBNOR/CICIMAR-IPN/UABCS, La Paz, pp. 181-185.

Hendrickx, M. 1984. Estudio de la fauna marina y costera del sur de Sinaloa, México. III. Calve de identificación de los cangrejos de la familia Portunidae (Crustacea: Decapoda). *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología-UNAM* 11(1):49-64.

—.1993. Crustáceos decápodos del Pacífico mexicano. En: *Biodiversidad marina y costera de México*. S. Salazar-Vallejo y N.E. González (eds.). CONABIO/CIQROO, Chetumal, pp. 271-318.

—. 1995. Camarones. En*: Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca*. W. Fisher, F. Krupp, W. Schneider *et al.* (eds.). FAO, Roma, pp. 417-538.

—.1996. *Los camarones Penaeoidea bentónicos (Crustacea: Decapoda: Dendrobranchiata) del Pacífico mexicano*. CONABIO/Instituto de Ciencias del Mar y Limnología-UNAM, México.

—. 1997. *Los cangrejos braquiuros (Crustacea: Brachuyra: Dromiidae, hasta Leucosiidae) del Pacífico mexicano*. CONABIO/Instituto de Ciencias del Mar y Limnología-UNAM, México.

—. 1999. *Los cangrejos braquiuros (Crustacea: Brachyura: Majoidea y Pathenopoidea) del Pacífico mexicano*. CONABIO/Instituto de Ciencias del Mar y Limnología-UNAM, México.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Hendrickx, M. y F.D. Estrada-Navarrete. 1996. *Los camarones pelágicos (Crustacea: Dendrobranchiata y Caridea) del Pacífico mexicano*. CONABIO/Instituto de Ciencias del Mar y Limnología-UNAM, México.

Hernández, L. 2007. *Revisión sistemática del género Macrobrachium (Decapoda: Palaemonidae) de la Península de Baja California, México*. Tesis de doctorado. CIBNOR, La Paz.

Hernández, L., G. Murugan, G. Ruiz-Campos *et al*. 2007. Freshwater shrimp of the genus *Macrobrachium* (Decapoda: Palaemonidae) from the Baja California Peninsula, Mexico. *Journal of Crustacean Biology* 27:351-369.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Crustáceos decápodos simbiontes de macroinvertebrados

Ariadna Esmeralda Ávila García, Carlos Armando Sánchez Ortíz y Jaime Gómez Gutiérrez

Introducción

Todas las especies del planeta interaccionan con otras en su hábitat a lo largo de su ciclo de vida; para algunas especies, este hábitat puede ser algo tan aparentemente restringido como un individuo de otra especie. La interacción puede ser muy corta o presentarse durante gran parte del ciclo de vida y la proporción de tamaño entre los simbiontes (es decir, los individuos en interacción) puede ser altamente variable. La simbiosis, definida en su sentido más amplio, es la asociación entre dos o más especies distintas como resultado de un largo proceso co-evolutivo, lo que resulta en adaptaciones morfológicas, cromáticas, fisiológicas y de comportamiento (De Bary 1879, Begon *et al.* 2006).

Estas asociaciones simbióticas son comunes y frecuentes en la naturaleza, y entre los ejemplos más conocidos se encuentra la protección de la anemona venenosa y los peces payasos inmunes a su toxicidad. Sin embargo, la gran mayoría de las interacciones entre especies simbióticas aún son poco conocidas. Los crustáceos marinos son, probablemente, uno de los grupos taxonómicos con mayor diversidad de simbiosis con otros invertebrados (Duffy 1992, Wirtz *et al.* 2009, Horká *et al.* 2016).

Particularmente los crustáceos del orden Decapoda (p.e. camarones, jaibas, cangrejos, langostinos y langostas) presentan diversas asociaciones simbióticas con diferentes invertebrados, y por su destacable belleza, estos decápodos frecuentemente se comercializan en la industria acuarística nacional e internacional. Entre los invertebrados con habitual simbiosis con decápodos se encuentran cnidarios (corales y anémonas) y equinodermos (estrellas de mar, erizos de mar), pero también pueden asociarse con esponjas, crinoideos (lirios de mar) y moluscos (Horká *et al.* 2016).

Riqueza biológica

En México se tienen 1 774 especies de decápodos, de las cuales 866 se registran para el Pacífico mexicano (Álvarez *et al.* 2014). De éstas, 75% (650 especies, 175 géneros y 36 familias) se reportan en aguas circundantes de Baja California Sur, principalmente en el golfo de California (Álvarez *et al.* 2014, WORMS 2018).

El estado cuenta con una amplia variedad de ambientes ecológicos a lo largo de sus ~2 200 km de litoral (aproximadamente 19% del total nacional), albergando una gran diversidad de especies simbióticas marinas (CIBNOR 2013). Por otro lado, cuenta con tres regiones biogeográficas: una región subártica por la influencia del Sistema de la Corriente de California, que se mezcla hacia el sur con la masa de agua subsuperficial tropical de la región Corriente Costera Mexi-

Ávila-García, A.E., C. Sánchez-Ortíz y J. Gómez-Gutiérrez. 2025. Crustáceos decápodos simbiontes de macroinvertebrados. En: *La biodiversidad en Baja California Sur. Estudio de Estado*. Vol. II. CONABIO/FFB, México, pp. 206-210.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

cana y la masa de agua de la región propia del golfo de California (Portela *et al*. 2016).

Para Baja California Sur, se reportan 55 especies de crustáceos decápodos simbiontes de corales (pétreos y octocorales) y otros invertebrados previamente mencionados en listados taxonómicos como especies simbiontes (apéndice 15; Hernández *et al*. 2009, 2013, Wicksten y Hernández 2000). Éstas representan aproximadamente 8% de la diversidad de decápodos en el estado (figura 1a) y 3% del registro a nivel nacional (Hernández *et al*. 2009, 2013).

Las 55 especies de crustáceos decápodos simbiontes de invertebrados en Baja California Sur se agrupan en 38 de los 513 géneros que se conocen para el país (Hernández *et al*. 2009, 2013, Álvarez *et al*. 2014, WORMS 2021). Alpheidae y Palaemonidae son las familias con mayor riqueza en México y en el golfo de California, ambas incluyen numerosas especies simbiontes. De hecho, Palaemonidae es la segunda familia con mayor número de especies en el golfo de California, representando 40% de la riqueza de especies simbiontes conocida en aguas sudcalifornianas (Álvarez *et al*. 2014).

Características biológicas y hábitat

La mayoría de los crustáceos decápodos simbiontes son de tamaño menor a 6 cm de longitud. Éstos tienen una gran diversidad de formas y coloraciones, característica que le permite mimetizarse con su simbionte (pasando desapercibido ante otros organismos), como resultado de un prolongado proceso evolutivo de co-diversificación. Hasta el momento, se conocen 28 especies que habitan exclusivamente en arrecifes coralinos y rocosos, aunque también se encuentran en estratos más profundos (p.e. los que viven encima del coral negro se han registrado en profundidades de hasta 200 m; Sánchez 2000, Hernández *et al*. 2009, 2013, Ávila-García 2015).

Aproximadamente 81% de los decápodos simbiontes en el estado interaccionan con cnidarios (figura 1b). Se observa que tres especies están asociados con coral negro, cuatro con equinodermos, tres con moluscos y solo una especie con ascidias. Sin embargo, aproximadamente 66% de estas especies de cnidarios son taxonómicamente poco conocidas y por consecuencia se desconoce su biología y ecología (figura 1c).

Diversificación evolutiva y consideraciones para su conservación

A pesar de la enorme diversidad de especies simbiontes, la naturaleza de las interacciones entre decápodos e invertebrados simbiontes es usualmente desconocida (Paracer y Ahmadjian 2000). Estas especies aún tienen considerable incertidumbre taxonómica y se desconoce la mayor parte de su biología (hábitos alimentarios, estrategias de reproducción, proporción de sexos, estructura de la comunidad, proporción de tiempo que pasa en asociación simbiótica durante su ciclo de vida, patrones de distribución vertical y biogeográfica).

Un modelo de reconstrucción filogenética basado en varios marcadores genéticos sugiere que las especies de decápodos de vida libre inicialmente colonizaron los huéspedes cnidarios, y a lo largo de la historia evolutiva de los palemónidos (crustáceos de la familia Palaemonidae) han existido otros hospederos que involucran invertebrados de diferente *phyla* (Horká *et al*. 2016). Esto fue probablemente facilitado por la disponibilidad de hospederos morfológicamente y/o funcionalmente similares, pero no relacionados filogenéticamente. El cambio de simbionte y las adaptaciones a los grupos de hospederos recientemente colonizados deben haber tenido una considerable influencia en la evolución de este diverso grupo de camarones bentónicos (Horká *et al*. 2016).

El cambio del *phylum* de huésped de los crustáceos palemónidos simbióticos ha contribuido sustancialmente al proceso de especiación, radiación y diversificación funcional; así como al surgimiento de nuevos patrones corporales y adaptaciones ecológicas que explican su excepcional alta diversidad específica y morfológica (Horká *et al*. 2016). Dentro de esta alta diversidad morfológica, algunas especies simbiontes tienen un alto grado de especificidad, que se evidencia en un sorprendente mimetismo en coloración y forma del decápodo con su hospedero (figura 2). Lo anterior, como resultado de un largo proceso de co-evolución para pasar desapercibidos a potenciales depredadores.

Para ejemplo de lo anterior se puede mencionar a *Sandyella tricornuta*, quien es un pequeño simbionte (<1.4 cm de longitud) de colonias del coral negro

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

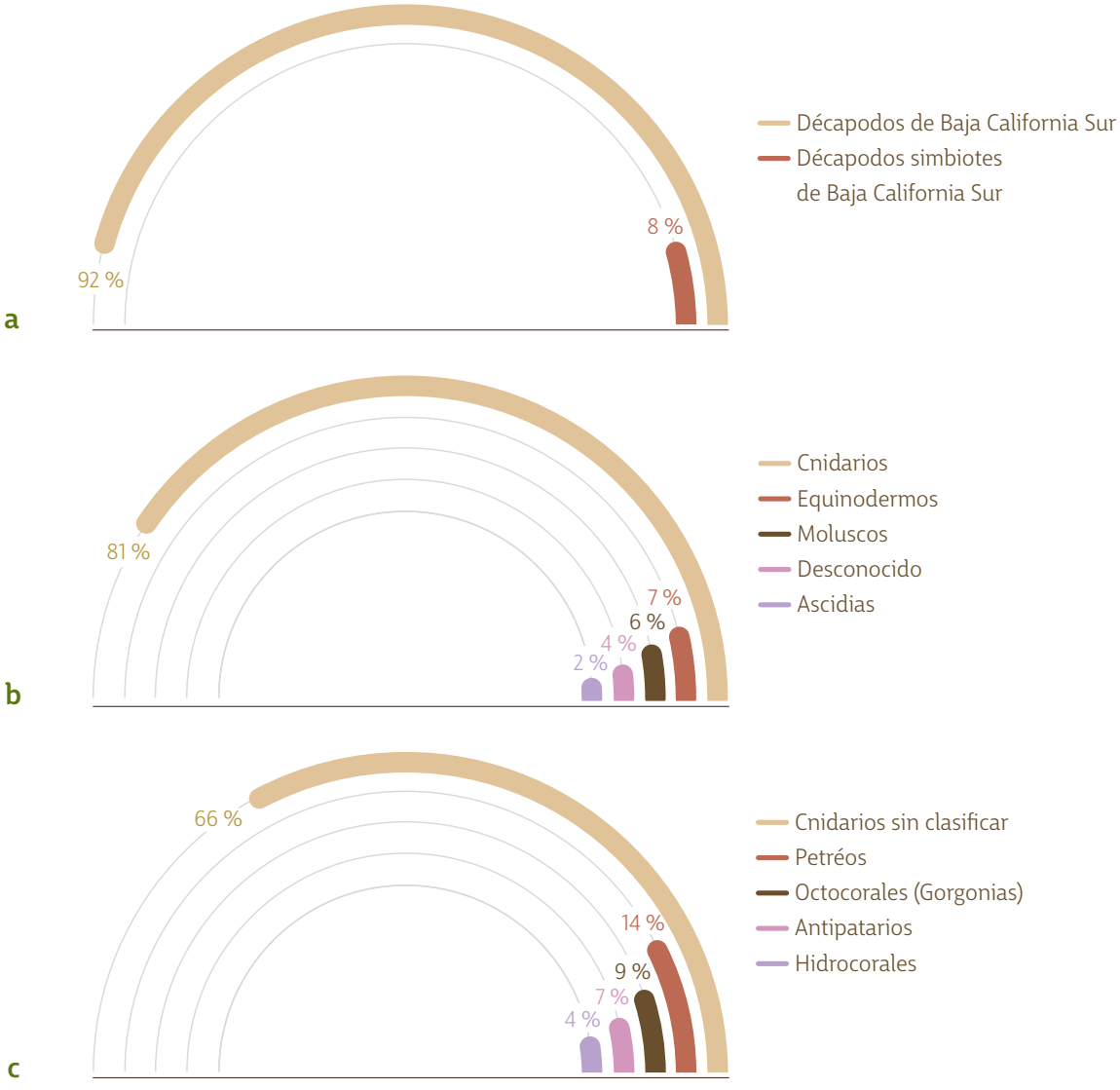


Figura 1. Riqueza específica de decápodos simbiontes de invertebrados en el estado. a) Proporción de especies simbiontes en la entidad respecto al total de especies de decápodos registrado en el golfo de California; b) proporción de especies por grupo de simbionte; c) proporción de especies por tipo de cnidario simbionte. Fuente: elaboración propia.

Antipathes galapagensis, y cuya distribución se encuentra entre 20 y 200 m de profundidad en las aguas sudcalifornianas del golfo de California (Ávila-García *et al.* 2020). Esta especie tiene nueve protuberancias dorsales a lo largo de su cuerpo. Su peculiar morfología y coloración verde-amarilla le confiere una apariencia críptica que se mimetiza con los pólipos del coral negro (figura 2b; Sánchez 2000, Ávila-García *et al.* 2020). Cabe señalar que los bosques de coral negro permiten el reclutamiento de diversas especies que viven en sus superficies, siendo un microhábitat altamente diverso. En este contexto, cuando se regula y protege al coral negro, también se protege a la epifauna asociada a ellos (p.e. decápodos simbiontes), por lo que se mantienen procesos ecológicos y potenciales aprovechamientos aún no explorados.

Los corales negros han sido históricamente sobreexplotados para el comercio de joyería y artesanía, por lo que se les considera gravemente amenazados; esto supone un impacto en las poblaciones de sus

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Figura 2. Crustáceos decápodos simbiontes reportados en Baja California Sur: a) *Zenopontonia soror*; b) *Sandyella tricornuta*; c) *Quadrella nitida*; d) *Manucomplanus varians*. Fotos: Jessica Hardin (a), Carlos Sánchez (b, d), Lorenzo Rosenzweig (c).

simbiontes, lo cual ha pasado desapercibido (Opresko y Baron-Szabo 2001). Aun cuando la comercialización de coral negro en el golfo de California parece haber disminuido, el potencial de recuperación de la especie es limitado, debido a que posee una baja tasa de crecimiento y su velocidad de desarrollo decrece al estar en hábitats predominantemente fríos. A su vez, se ha comprobado que el calentamiento global afecta negativamente su desarrollo (Westmacott *et al*. 2000).

Otro notable ejemplo es la especie *Zenopontonia soror* que habita sobre varias especies de estrellas de mar, mimetizada por sus diferentes coloraciones que varían de naranja y café, a morado (figura 2a). En estado juvenil, este decápodo es típicamente translúcido y se torna más oscuro conforme avanza su crecimiento. Actualmente se desconoce cuál es su interacción con las estrellas de mar (alimentación o protección).

Finalmente, frente al evidente desconocimiento biológico de estas especies es necesario realizar esfuerzos de investigación para comprender sus relaciones simbióticas en la entidad y en general en el país, así como para su establecer estrategias a favor de su conservación.

Conclusiones

A la fecha, se siguen descubriendo nuevas especies de crustáceos en un México reconocido como megadiverso (Álvarez *et al*. 2014). La descripción de especies es el primer paso para establecer su riqueza y el tipo de interacción simbionte que realizan con otras especies.

Algunos crustáceos palemónidos simbiontes pueden tener un valor potencial dentro de la industria

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

acuarística nacional e internacional. Sin embargo, es imperativo que antes de intentar realizar cualquier explotación comercial y expedir cualquier permiso de colecta y comercialización, se realice un considerable esfuerzo de investigación para establecer la riqueza específica, diversidad, patrones de distribución y abundancia poblacional, así como esclarecer aspectos básicos de la biología (p.e. hábitos alimentarios, ontogenia, crecimiento, reproducción) y ecología (p.e. comportamiento, proporción de sexo, estructura de tallas y dinámica de la población) tanto de huéspedes como de hospederos. Esto permitirá comprender de mejor manera el comportamiento simbiótico y los procesos biológicos y coevolutivos de ambas especies en interacción, para explorar los procesos subyacentes de la diversidad de las interacciones sociales y tróficas en los invertebrados marinos. Este conocimiento biológico y ecológico es crucial para evaluar la vulnerabilidad de los simbiontes a las actividades humanas y procesos naturales, para apoyar los esfuerzos de conservación de la biodiversidad de los decápodos y otros invertebrados que habitan en el estado.

Referencias

Álvarez, F., J.L. Villalobos, M. Hendrickx *et al.* 2014. Biodiversidad de crustáceos decápodos (Crustacea: Decapoda) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85:208-S219.

Ávila-García, A. 2015. *Revisión taxonómica de los camarones carideos del género Sandyella (Decapoda: Caridea) con evidencia taxonómica morfológica y genética.* Tesis de maestría. UABCS, Baja California Sur.

Ávila-García A., C. Sánchez-Ortiz, E. Borda *et al.* 2020. From five to one: *Sandyella* species (Palaemonidae) are distinct ontogenetic stages of a single species. *Zoologica Scripta* 49:488-498.

Begon, M., C. Townsend y J. Harper. 2006. *Ecology, from individuals to ecosystems*. Blackwell Publishing, Reino Unido.

CIBNOR. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. 2013. *Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial para Baja California Sur*. CIBNOR, La Paz.

De Bary, A. 1879. Ueber Symbiose. En: *Bericht über die Versammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte*. Leipzig, pp. 121-126.

Duffy, J. 1992. House use patterns and demography in a guild of tropical sponge-dwelling shrimps. *Marine Ecology Progress Series* 90:127-198.

Hernández, L., E. Balart y H. Reyes-Bonilla. 2009. Checklist of reef decapod crustaceans (Crustacea: Decapoda) in the southern Gulf of California, México. *Zootaxa* 2119:39-50.

—. 2013. Coral-associated decapods (Crustacea) from the Mexican Tropical Pacific coast. *Zootaxa* 3609(5):451-464.

Horká, I., S. De Grave, C. Fransen *et al.* 2016. Multiple host switching events shape the evolution of symbiotic palaemonid shrimps (Crustacea: Decapoda). *Scientific Report* 6(26486):1-13.

Opresko, D.M. y R. C. Baron-Szabo. 2001. Re-descriptions of the antipatharian corals (Cnidaria: Anthozoa) described by E.J.C. Esper. *Senckenbergiana Biologica* 81:1-21.

Paracer, S. y V. Ahmadjian. 2000. *Symbiosis: an introduction to biological associations*. Oxford University Press, EUA.

Portela, E., E. Beier, E. Barton *et al.* 2016. Water masses and circulation in the tropical Pacific off central Mexico and surrounding areas. *Journal of Physical Oceanography* 46(10):3069-3081.

Sánchez, C. 2000. La red de vida en el arrecife. *En: Bitácora del mar profundo: Una expedición al golfo de California.* M.O. Aburto-Oropeza, M. Caso, B. Erisman *et al.* (eds.). Grupo Froga S.A. de C.V., México, 135-146.

Westmacott, S., K. Teleki, S. Wells y J. West. 2000. *Manejo de arrecifes de coralinos blanqueados o severamente dañados*. UICN, Reino Unido.

Wicksten, M. y L. Hernández. 2000. Range extensions, taxonomic notes and zoogeography of symbiotic caridean shrimp of the Tropical Eastern Pacific (Crustacea: Decapoda: Caridea). *Bulletin of the Southern California Academy of Sciences* 99(2):91-100.

Wirtz, P., G. De Melo, S. De Grave. 2009. Symbioses of decapod crustaceans along the coast of Espiritu Santo. *Brazil Marine Biodiversity Records* 2:1-9.

WORMS. World Register of Marine Species. 2018. *An authoritative classification and catalogue of marine names*. En: <http://www.marinespecies.org>, última consulta: marzo de 2018.

—. 2021. *An authoritative classification and catalogue of marine names*. En: <http://www.marinespecies.org>, última consulta: marzo de 2021.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Diversidad de especies de langostinos del género *Macrobrachium* (Crustacea) en dos cuencas hidrológicas de alta importancia ecológica

Alejandro Manuel Maeda Martínez, Oliva Campos Torres, Gopal Murugan, Hortencia Obregón Barboza y Humberto García Velazco

Introducción

El territorio mexicano se compone de 757 cuencas hidrológicas[1] (SEMARNAT 2019). Estas cuencas son de gran importancia debido a que en ellas sucede el ciclo del agua, son parte esencial de los ecosistemas terrestres en los cuales se establece y se desarrollan una gran diversidad de especies biológicas, y donde suceden procesos de renovación y resiliencia de los recursos naturales. Entre las 110 regiones hidrológicas prioritarias (RHP) de México reconocidas por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) se encuentra la RHP 8 Oasis San Pedro de la Presa-El Pilar-Las Pocitas (Arriaga-Cabrera *et al.* 1998).

Por su parte, la Convención relativa a los Humedales de Importancia Internacional reconoce 142 sitios en el país como sitios Ramsar; uno de ellos es el Oasis de la Sierra El Pilar (también denominado sitio Ramsar 1794; CONANP 2016). La RHP 8 y el sitio Ramsar 1794 localizados en el municipio de La Paz, comprenden geográficamente gran parte de dos cuencas hidrológicas consideradas de alta importancia ecológica: Santa Rita y Las Pocitas-San Hilario (SEMARNAT 2007).

Ambas cuencas albergan sistemas de oasis (humedales) que funcionan como corredores y refugios para flora y fauna, entre ellos aves migratorias y peces endémicos (p.e. *Fundulus lima* y *Gobiesox juniperoserrai*; SE 2012). El ecosistema predominante en estas cuencas es de tipo desértico con el típico matorral xerófilo; sin embargo, en numerosos arroyos el ecosistema cambia drásticamente y forma una cadena de oasis con copiosa vegetación riparia[2] (León de la Luz y Domínguez 2006).

Los oasis situados a lo largo de esta región forman un sistema con conectividad intermitente por sus aguas superficiales y subvalvias;[3] sin embargo, cada oasis presenta características particulares las cuales dependen, entre otros factores, de su ubicación y altitud. De esta manera, se tienen oasis únicos en la sección alta, intermedia y baja de la cuenca (cuadro 1). Los cuerpos de agua en los oasis de secciones altas son de tipo infrahalino (donde la salinidad del agua es menor a 0.5 g/l); mientras que en los oasis de secciones intermedias y bajas son de tipo oligohalino (donde la salinidad de su agua varía entre 0.5 y 3.0 g/l).

1 Área de captación territorial de aguas de lluvia que forma a su vez un sistema de drenaje con arroyos, ríos y acuíferos.
2 Vegetación que se establece en los márgenes de ríos, arroyos, pozas y manantiales.
3 Aguas que corren entre gravas y arenas.

Maeda-Martínez, A.M., O. Campos-Torres, G. Murugan, H. Obregón-Barboza y H. García-Velazco. 2025. Diversidad de especies de langostinos del género *Macrobrachium* (Crustacea) en dos cuencas hidrológicas de alta importancia ecológica. En: *La biodiversidad en Baja California Sur. Estudio de Estado*. Vol. II. CONABIO/FFB, México, pp. 212-221.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Ambas cuencas y sus sistemas de oasis enfrentan frecuentemente altos grados de perturbación por factores climáticos, ya sea por los periodos de sequía, o bien por las precipitaciones abundantes en un tiempo muy corto por efecto de huracanes. Fuera de estos eventos climáticos, se captan pocas lluvias (250 mm de precipitación promedio anual) que se registran principalmente en verano. El agua produce un flujo subterráneo hacia las partes bajas y recarga los acuíferos, cuyo nivel freático en ocasiones brota en forma de manantiales y forma cuerpos de agua superficiales permanentes o temporales.

Las cuencas Santa Rita y Las Pocitas-San Hilario no tienen ríos sino arroyos que, según las condiciones en el ambiente, pueden conducir agua solo en contadas ocasiones durante el año; no obstante, en época de huracanes son capaces de conducir caudales de magnitud extraordinaria (Flores 1998). Sus cauces desembocan en la vertiente del Pacífico (figura 1), y cabe señalar que exhiben un estado de degradación ecológica principalmente por la deforestación y la introducción de especies exóticas invasoras como las plantas enredaderas de clavel alemán (*Cryptostegia grandiflora*; León de la Luz y Domínguez 2006) y peces como las mojarras africanas, tilapias y pecílidos de acuario (Ruiz-Campos y Contreras-Balderas 1987, Ruiz-Campos 2000, 2012, Ruiz-Campos *et al.* 2012). Las especies exóticas invasoras afectan negativamente los hábitats y ecosistemas, porque compiten por espacio y otros recursos con las especies nativas.

Parte de esta biodiversidad nativa se compone de langostinos del género *Macrobrachium*, mismo que se integra por especies anfídromas; esto es, el estado larvario se desarrolla en condiciones de estuario con agua salobre, mientras que los juveniles y adultos lo hacen en agua dulce (Holthuis 1980, Short 2004, Cook *et al.* 2009). Cabe destacar que los langostinos en Baja California Sur se consideran un recurso alimenticio en áreas rurales (Hernández *et al.* 2007). Estos crustáceos dependen de la presencia de agua superficial y del rellenado estacional de los cuerpos de agua; precisamente por esta dependencia, los langostinos pueden utilizarse como especies objetivo para determinar el caudal ecológico y/o como bioindicadores para identificar el nivel de integridad ecológica en los oasis (Carignan y Villard 2002, Hernández *et al.* 2007, Campos-Torres 2013).

Características del hábitat

En estudios realizados en 10 oasis (cinco en cada cuenca) en el periodo de 2009-2012, se registró que cuando la presencia de huracanes en verano es alta, se conectan los cuerpos de agua superficial a lo largo de los sistemas de oasis, pero a partir de noviembre y en la época de sequía dicha conectividad se pierde. La temperatura del agua de los oasis va desde 17.9 a 36.9°C, pero con mayor frecuencia se encuentra entre 20 y 35°C.

En cuanto al tipo de agua, en los oasis de las secciones altas de las cuencas, como San Pedro de la Presa, Santa María de Toris y Las Cuevas, el agua es de tipo infrahalino (agua dulce), con rangos de sólidos disueltos totales (SDT) de 0.38 a 0.58 g/l; mientras que en general, en los oasis de las secciones intermedias y bajas el agua es de tipo oligohalino, con rangos de SDT de 1.2 a 3.1 g/l. El pH del agua se presenta de 7.2 a 9.3 (cuadro 2). De los 10 oasis, cinco presentan manantiales que forman cuerpos de agua permanente: San Pedro de la Presa, Santa María de Toris y Agua Verde de la cuenca Santa Rita; y Las Cuevas y El Pilar de la cuenca Las Pocitas-San Hilario (figura 2).

Diversidad y distribución

Hernández y colaboradores (2007), así como García-Velazco y colaboradores (2014, 2017, 2018) reportaron para Baja California Sur y para estas cuencas la presencia de siete especies morfológicas y cinco linajes genéticos (grupos molecularmente diferenciados) de langostinos del género *Macrobrachium*. Mediante un análisis morfológico y molecular se confirmó la presencia de cinco especies (linajes) de *Macrobrachium* en los sistemas de oasis de ambas cuencas, muestreados en el periodo 2009-2012 (cuadro 3, figura 3): *M. americanum* (figura 4), *M. digueti* (figura 5), *M. hobbsi* (figura 6), *M. occidentale* (figura 7) y *M. tenellum* (figura 8). Sin embargo, cabe resaltar que se puede presentar una drástica disminución de las poblaciones cuando ocurre una prolongada sequía, debido a que los cuerpos permanentes como los manantiales conservan poca agua superficial y los cuerpos temporales se desecan totalmente.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Cuadro 1. Oasis representativos de las cuencas Santa Rita y Las Pocitas-San Hilario.

Oasis	Ubicación	Altitud (msnm)	Sección de la cuenca	Características	Hábitat acuático (de acuerdo con sólidos disueltos totales)
Cuenca Santa Rita					
San Pedro de la Presa	24° 50' 58.2'' N, 110° 59' 28.3'' O	235	Alta	Cuerpo permanente, normalmente lótico, alimentado por acumulación de escorrentías por lluvias y manantiales, ubicado en un cauce de tercer orden (arroyo San Pedro) y afluente del cauce principal (arroyo Santa Rita)	Infrahalino (aguas con 0.2-0.5 g/l)
Santa María de Toris	24° 52' 59.2'' N, 111° 02' 17.4'' O	206	Alta	Cuerpo permanente, alimentado por acumulación de escorrentías por lluvias y manantiales, ubicado en un cauce de tercer orden (arroyo La Presa) y afluente del cauce principal (arroyo Santa Rita)	Oligohalino (aguas con 0.5-3.0 g/l)
San Ignacio	24° 43' 11.5'' N, 111° 18' 22.6'' O	80	Intermedia	Cuerpo temporal, alimentado por acumulación de escorrentías por lluvias y manantiales intermitentes, ubicado en el cauce principal (arroyo Santa Rita), que es de tercer orden	Variable, de oligohalino a mesohalino (aguas con 3.0-8.0 g/l) hasta su desecación en el estiaje
Agua de León	24° 42' 42.5'' N, 111° 19' 05.8'' O	74	Intermedia	Cuerpo temporal, alimentado por acumulación de escorrentías por lluvias y manantiales intermitentes, ubicado en el cauce principal (arroyo Santa Rita), que es de tercer orden	Variable, de oligohalino a mesohalino hasta su desecación en el estiaje
Agua Verde	24° 30' 38.5'' N, 111° 31' 26.1'' O	8	Baja	Cuerpo permanente, alimentado por acumulación de escorrentías por lluvias y manantiales, ubicado en el cauce principal de cuarto orden (arroyo Santa Rita)	Oligohalino (aguas con 0.5-3.0 g/l)
Cuenca Las Pocitas-San Hilario					
Las Cuevas	24° 49' 32.3'' N, 110° 52' 40.1'' O	288	Alta	Cuerpo permanente, alimentado por acumulación de escorrentías por lluvias y manantiales, ubicado en un cauce de tercer orden (arroyo La Palmilla) y afluente del cauce principal (arroyo Las Pocitas)	Infrahalino (aguas con 0.2-0.5 g/l)
La Cuchilla	24° 48' 37.1'' N, 110° 51' 01.3'' O	231	Alta	Cuerpo temporal, alimentado por acumulación de escorrentías por lluvias y manantiales intermitentes, ubicado en un cauce de tercer orden (arroyo La Palmilla) y afluente del cauce principal	Variable, de oligohalino a mesohalino (aguas con 3.0-8.0 g/l) hasta su desecación en el estiaje
Huatamote	24° 40' 34.2'' N, 110° 59' 22.9'' O	182	Intermedia	Cuerpo temporal, alimentado por acumulación de escorrentías por lluvias y manantiales intermitentes, ubicado en el cauce principal de tercer orden (arroyo Las Pocitas)	Variable, de oligohalino a mesohalino (aguas con 3.0-8.0 g/l) hasta su desecación en el estiaje
El Pilar	24° 28' 22.7'' N, 111° 01' 34.0'' O	98	Intermedia	Cuerpo permanente, alimentado por acumulación de escorrentías por lluvias y manantiales, ubicado en el cauce principal de tercer orden (arroyo Las Pocitas)	Oligohalino (aguas con 0.5-3.0 g/l)
Santa Fe	24° 17' 0.01'' N, 111° 14' 09.1'' O	6	Baja	Cuerpo temporal, alimentado por acumulación de escorrentías por lluvias y manantiales intermitentes, ubicado en el cauce principal de tercer orden (arroyo Las Pocitas)	Variable, de oligohalino a mesohalino (aguas con 3.0-8.0 g/l) hasta su desecación en el estiaje

Fuente: elaboración propia.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

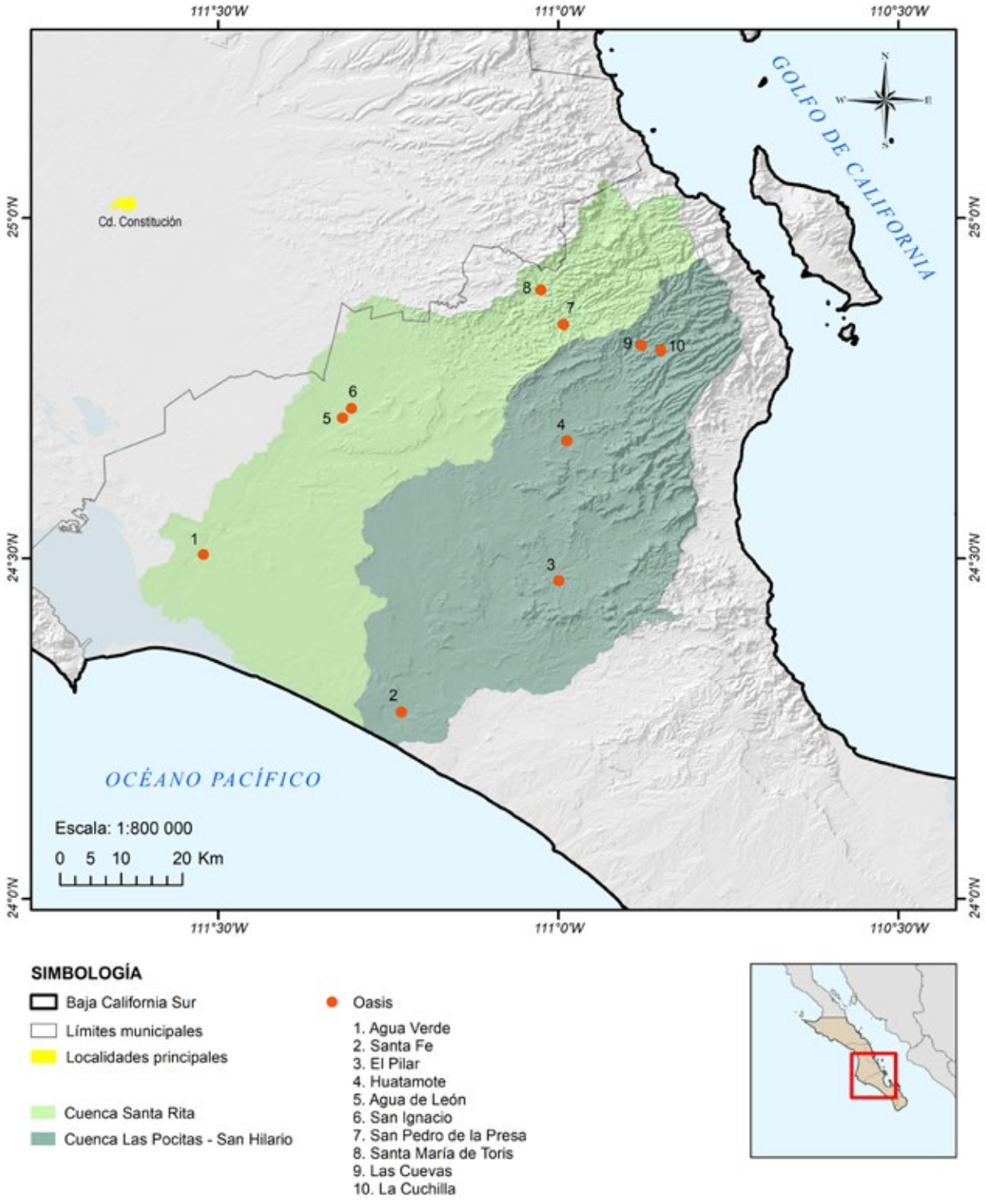


Figura 1. Ubicación geográfica de las cuencas hidrológicas Santa Rita y Las Pocitas-San Hilario, y oasis representativos de las cuencas alta, media y baja. Fuente: elaboración propia.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Cuadro 2. Valores mínimos y máximos de las variables de la calidad del agua en 10 oasis de las cuencas Santa Rita y Las Pocitas-San Hilario, en el periodo 2009-2012.

Oasis	Temperatura (°C)	SDT (g/l)	pH
Cuenca Santa Rita			
San Pedro de la Presa	26.0 - 30.0	0.38 - 0.40	8.2 - 8.6
Santa María	25.0 - 29.6	0.51 - 0.58	7.9 - 8.3
San Ignacio	17.9 - 36.9	1.26 - 5.47	8.2 - 8.7
Agua de León	28.6 - 33.9	2.58 - 2.81	7.9 - 8.3
Agua Verde	21.7 - 31.4	2.14 - 2.72	7.5 - 8.3
Cuenca Las Pocitas-San Hilario			
Las Cuevas	28.8 - 31.0	0.49 - 0.56	8.8 - 9.3
La Cuchilla	18.9 - 34.2	0.68 - 3.18	8.1 - 8.5
Huatamote	21.7 - 34.7	0.78 - 1.16	7.6 - 8.1
El Pilar	20.3 - 33.9	0.53 - 2.87	7.3 - 8.5
Santa Fe	20.4 - 32.9	1.04 - 2.42	7.2 - 8.4

SDT: sólidos disueltos totales. Fuente: elaboración propia.

Estas cinco especies exhiben haplotipos[4] idénticos en ambas cuencas. Las especies que presentan la más alta diversidad haplotípica (número de haplotipos diferentes en una población) son *M. hobbsi* y *M. tenellum*; seguidos de *M. americanum* y *M. occidentale* con diversidad intermedia; y *M. digueti* con baja. Las distancias genéticas entre los haplotipos 16S RNAr DNAmt (siglas de uno de los genes mitocondriales) propios de cada especie son del orden de 0.2 a 0.4% en *M. digueti* y *M. tenellum*; de 0.2 a 0.8% en *M. americanum* y *M. occidentale*; y de 0.2 a 1.2% en *M. hobbsi*. Las distancias genéticas son del orden de 10.2 a 11.8% cuando se compara *M. tenellum* con el resto de las especies. Las menores distancias resultaron del orden de 5.5 a 6.2% entre *M. digueti* y *M. hobbsi*, y las distancias intermedias resultaron del orden de 8.0 a 10.1% entre *M. americanum*, *M. occidentale*, *M. digueti* y *M. hobbsi*.

El análisis filogenético (análisis para establecer el grado de parentesco) de los haplotipos confirmó la presencia de cinco linajes genéticos correspondientes a las cinco especies de *Macrobrachium*. La especie *M. tenellum* es el linaje más distante, y las otras cuatro especies se consideran como un grupo monofilético, es decir, que proviene de un ancestro común. Dentro de este grupo, *M. digueti* y *M. hobbsi* exhibieron una relación filogenética más cercana que con *M. americanum* y *M. occidentale* (figura 3). Todas las especies de langostinos son anfídromas, dado que viven en diversas secciones de cuencas hidrológicas, en cuerpos de agua lóticos (aguas con corrientes como arroyos) y lénticos (aguas estancadas como pozas), y toleran amplios rangos de salinidad.

Conclusiones y recomendaciones

Los cinco oasis con agua superficial permanente (tres de la cuenca de Santa Rita y dos de la cuenca Las Pocitas-San Hilario) funcionan como bancos de germoplasma (reservorios de diversidad genética) de las cinco especies de langostinos en tiempos de estiaje; por lo tanto, requieren acciones para su protección y conservación. Ambas cuencas son sistemas de alta importancia ecológica que necesitan de la atención de todos los sectores de la sociedad.

Macrobrachium tenellum vive en oasis de la cuenca baja con aguas oligohalinas; mientras que *M. americanum*, *M. digueti*, *M. hobbsi* y *M. occidentale* viven a lo largo de todas las secciones de las cuencas aguas infrahalinas y oligohalinas. Los haplotipos registrados en estas cuencas peninsulares se encuentran también en otras cuencas a lo largo de la vertiente del Pacífico, desde Sonora hasta Oaxaca (García-Velazco *et al.* 2014, 2017, 2018), lo que indica que existe un movimiento y dispersión de langostinos del continente a la península y viceversa.

Se recomienda continuar con el inventario de especies de langostinos en los oasis, diferenciar los que cuentan con cuerpos de agua superficiales permanentes de aquellos con temporales, y extender esta actividad a todas las cuencas del estado. Asimismo, es necesario continuar con los estudios de sistemática molecular con la aplicación de otros genes mitocondriales y genes nucleares, los cuales son básicos para profundizar en el conocimiento de los linajes presentes en las cuencas. Se sugiere diseñar y aplicar

4 Un haplotipo es una secuencia única de ADN (o DNA por sus siglas en inglés) mitocondrial.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Figura 2. Cuenca Santa Rita: a) Oasis San Pedro de la Presa (12 de junio 2011); b) oasis Santa Maria de Toris; c) oasis Agua Verde. Cuenca Las Pocitas-San Hilario: d) oasis Las Cuevas; e) oasis El Pilar. Fotos: Alejandro Maeda (a, e), Gopal Murugan (b, c, d).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

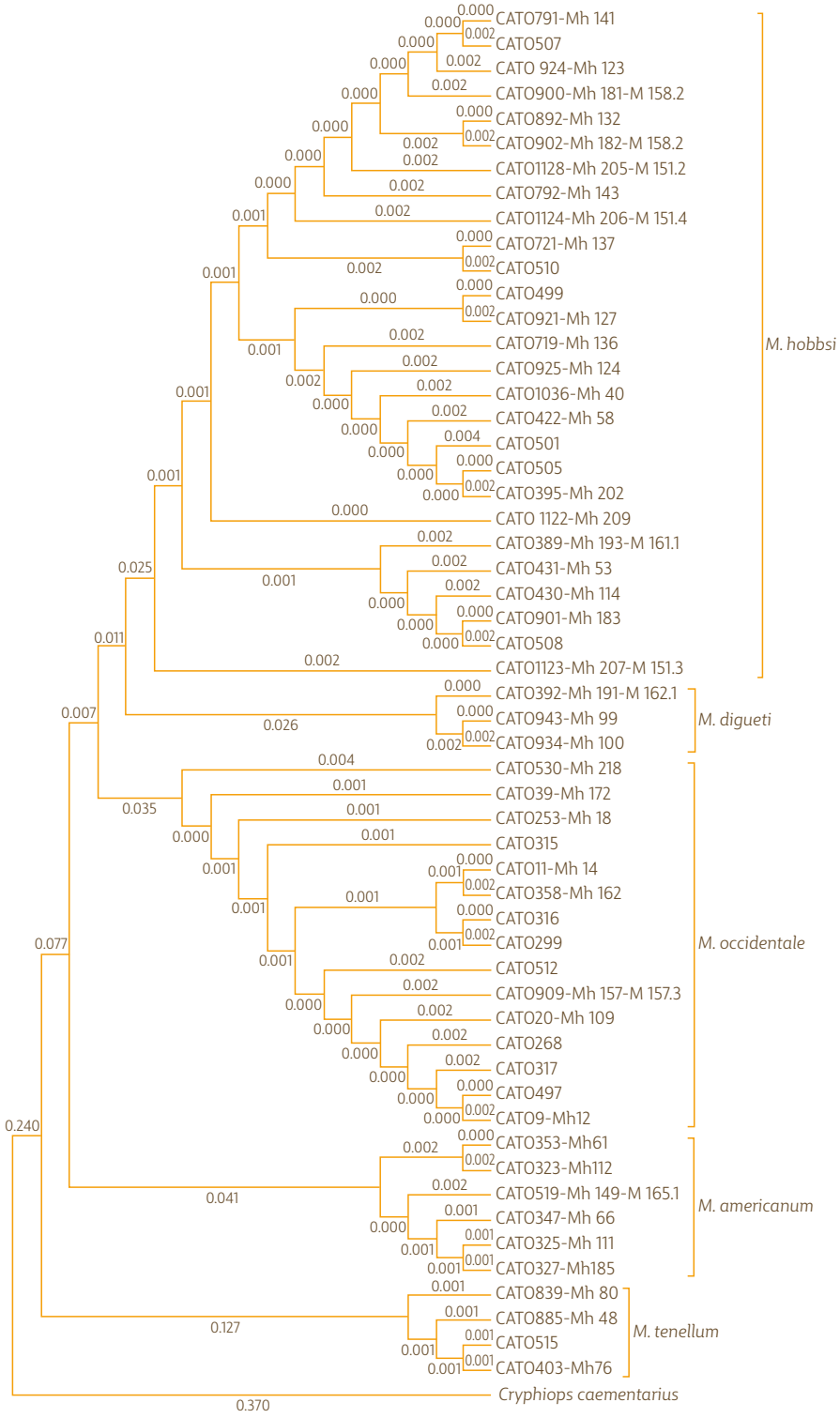


Figura 3. Árbol filogenético de especies del género *Macrobrachium* de las cuencas hidrológicas Santa Rita y Las Pocitas-San Hilario, con base en la caracterización molecular (55 haplotipos 16S RNAr, DNAmt con una longitud de 490 pares de bases) de diferentes organismos. Los números en cada rama representan las distancias genéticas (Kimura-2 parámetros). Fuente: elaboración propia.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Cuadro 3. Presencia de langostinos del género *Macrobrachium*, registrados en el periodo 2009-2012 en los sistemas de oasis de las cuencas Santa Rita y Las Pocitas-San Hilario.

Oasis	Sección de la cuenca	*M. americanum*	*M. digueti*	*M. hobbsi*	*M. occidentale*	*M. tenellum*
Cuenca Santa Rita						
San Pedro de la Presa	Alta	●	●	●	●	
Santa María de Toris	Alta	●	●	●	●	
San Ignacio	Intermedia	●		●	●	●
Agua de León	Intermedia	●		●		●
Agua Verde	Baja		●	●		●
Cuenca Las Pocitas-San Hilario						
Las Cuevas	Alta	●			●	
La Cuchilla	Alta	●	●	●	●	
Huatamote	Intermedia	●	●	●	●	
El Pilar	Intermedia		●	●		
Santa Fe	Baja					●

Fuente: elaboración propia.

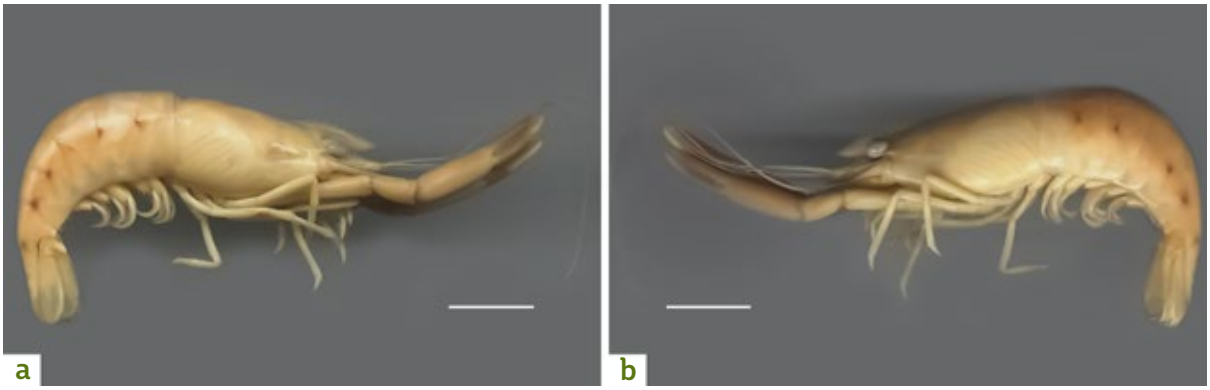


Figura 4. Hembra adulta de *Macrobrachium americanum* del oasis San Pedro de la Presa (escala 16.9 mm): a) vista lateral derecha; b) vista lateral izquierda. Fotos: Oliva Campos y Hortencia Obregón.

protocolos de biovaloración para establecer la calidad ambiental de los oasis y monitorizar su integridad ecológica, debido a que su condición se encuentra amenazada por la extracción de agua para actividades agrícolas. Los habitantes de estas áreas rurales y a lo largo de la península, eventualmente capturan y utilizan langostinos como parte de su dieta. Por ello, se recomienda aplicar un programa de manejo de este recurso en dichas cuencas y en todo el estado, y fomentar solo la pesca de langostinos de los cuerpos de agua temporales y proteger los cuerpos de agua permanentes (manantiales), para garantizar la supervivencia de las poblaciones y salvaguardar la función de los oasis como bancos de germoplasma.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

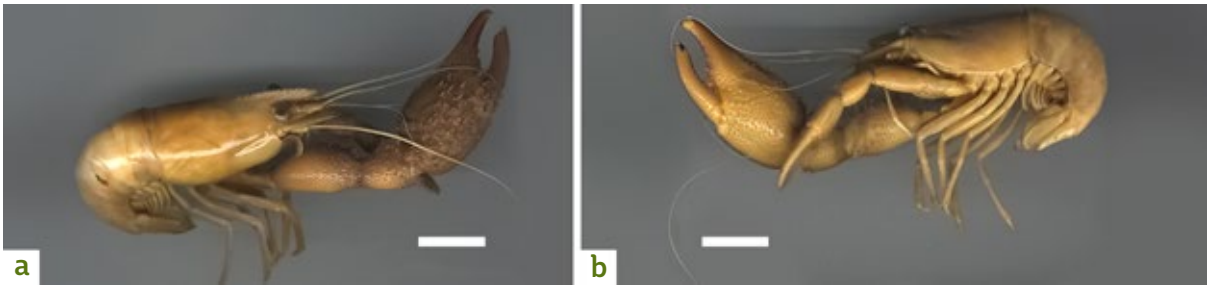


Figura 5. Machos adultos de *Macrobrachium digueti* del oasis San Pedro de la Presa (escala 25.9 mm): a) vista lateral derecha; b) vista lateral izquierda. Fotos: Oliva Campos y Hortencia Obregón.

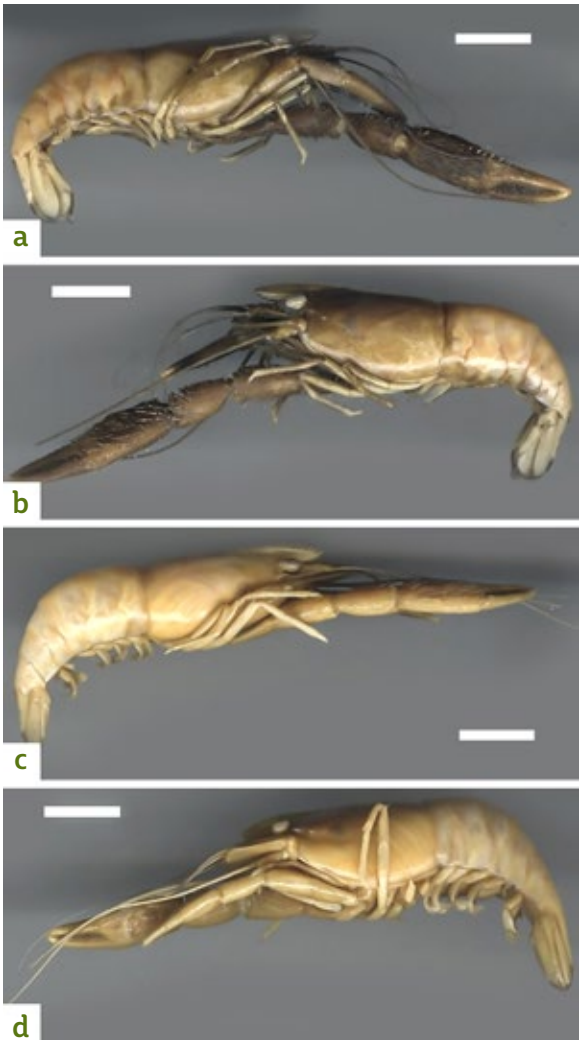


Figura 6. Machos adultos de *Macrobrachium hobbsi*. Ejemplar del oasis Santa María de Toris (escala 17.5 mm): a) vista lateral derecha; b) vista lateral izquierda. Ejemplar del oasis San Pedro de la Presa (escala 20.9 mm): c) vista lateral derecha; d) vista lateral izquierda. Fotos: Oliva Campos y Hortencia Obregón.



Figura 7. Macho adulto de *Macrobrachium occidentale* del oasis Las Cuevas, vista dorsal (escala 25.5 mm). Foto: Oliva Campos y Hortencia Obregón.



Figura 8. Macho adulto de *Macrobrachium tenellum* del oasis Agua de León (escala 25.7 mm): a) vista lateral derecha; b) vista lateral izquierda. Fotos: Oliva Campos y Hortencia Obregón.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Referencias

Arriaga-Cabrera, L., V. Aguilar-Sierra, J. Alcocer-Durán *et al.* 1998. *Regiones hidrológicas prioritarias: fichas técnicas y mapa (escala 1:4 000 000)*. CONABIO, México.

Campos-Torres, O. 2013. *Diversidad y distribución de langostinos del género Macrobrachium (Decapoda: Caridea: Palaemonidae) en dos sistemas de oasis (cuencas hidrológicas) de Baja California Sur, México*. Tesis de maestría. Instituto de Limnología y Ciencias del Mar-UNAM, México.

Carignan, V. y M.A. Villard. 2002. Selecting indicator species to monitor ecological integrity: a review. *Environmental Monitoring and Assessment* 78:45-61.

CONANP. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 2016. *Servicio de información sobre sitios Ramsar*. En: <http://www.ramsar.org/es/humedal/mexico>, última consulta: 26 de febrero de 2019.

Cook, B.D., S. Bernays, C.M. Pringle y J.M. Hughes. 2009. Marine dispersal determines the genetic population structure of migratory stream fauna of Puerto Rico: evidence for island-scale population recovery processes. *Journal of the North American Benthological Society* 28:709-718.

Flores, E.Z. 1998. *Geosudcalifornia. Geografía, agua y ciclones*. UABCS, Baja California Sur.

García-Velazco, H., A.M. Maeda-Martínez, H. Obregón-Barboza *et al.* 2014. Evidence of oceanic dispersal of a disjunctly distributed amphidromous shrimp in western North America: first record of *Macrobrachium occidentale* from the Baja California Peninsula. *Journal of Crustacean Biology* 34:199-215.

—. 2017. The systematics of the mexican populations of *Macrobrachium digueti* (Bouvier, 1895) (Decapoda: Caridea: Palaemonidae). *Journal of Crustacean Biology* 37:168-186.

García-Velazco, H., A.M. Maeda-Martínez, H. Obregón-Barboza y G. Murugan. 2018. The systematics of the amphidromous shrimp *Macrobrachium hobbsi* Nates and Villalobos, 1990 (Decapoda: Caridea: Palaemonidae) from the Mexican Pacific slope. *Journal of Crustacean Biology* 38:586-599.

Hernández, L., G. Murugan, G. Ruiz-Campos y A.M. Maeda-Martínez. 2007. Freshwater shrimp of the genus *Macrobrachium* (Decapoda: Palaemonidae) from the Baja California Peninsula, México. *Journal of Crustacean Biology* 27:351-369.

Holthuis, L.B. 1980. *Shrimps and prawns of the world. An annotated catalogue of species of interest to fisheries*. Vol. 1. FAO, Roma.

León de la Luz, J.L. y C.R. Domínguez. 2006. Hydrophytes of the Sierra de La Giganta oases: composition, structure, and conservation status. *Journal of Arid Environments* 67:553-565.

Ruiz-Campos, G. 2000. Threatened fishes of the world: *Fundulus lima* Vaillant, 1894. (Fundulidae). *Environmental Biology of Fishes* 59:20.

—. 2012. *Catálogo de peces dulceacuícolas de Baja California Sur*. Instituto Nacional de Ecología-SEMARNAT, México.

Ruiz-Campos, G. y S. Contreras-Balderas. 1987. Ecological and zoogeographical check-list of the continental fishes of the Baja California Peninsula. *Proceedings of the Desert Fishes Council* 17:105-117.

Ruiz-Campos, G., S. Contreras-Balderas, A. Andreu-Soler *et al.* 2012. An annotated distributional checklist of exotic freshwater fishes from the Baja California Peninsula, Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 83:216-234.

SE. Secretaría de Economía. 2012. *Declaratoria de vigencia de la Norma Mexicana NMX-AA-159-SCFI-2012, que establece el procedimiento para la determinación del caudal ecológico en cuencas hidrológicas*. Publicada el 20 de septiembre de 2012 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2007. *Acuerdo por el que se da a conocer el resultado de los estudios de disponibilidad media anual de las aguas superficiales en las cuencas hidrológicas La Purísima, Mezquital Seco, Santo Domingo, Bramonas, Santa Rita, Las Pocitas-San Hilario, Conejos-Los Viejos, Melitón Albañez, La Matanza, Cañada Honda, Todos Santos, Pescaderos, Plutarco E. Calles, Migriño y El Carrizal, mismos que forman parte de la región hidrológica número 3 Baja California Suroeste*. Publicado el 16 de agosto de 2007 en el Diario Oficial de la Federación.

—. 2019. *Acuerdo por el que se da a conocer los valores de cada una de las variables que integran las fórmulas para determinar durante el ejercicio fiscal 2019 las zonas de disponibilidad, a que se refieren las fracciones I y II, del artículo 231 de la Ley Federal de Derechos, vigente a partir del 1 de enero del 2014*. Publicado el 26 de febrero de 2019 en el Diario Oficial de la Federación.

Short, J.W. 2004. A revision of Australian river prawns *Macrobrachium* (Crustacea: Decapoda: Palaemonidae). *Hydrobiologia* 525:1-100.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Arañas

María Luisa Jiménez Jiménez

Introducción

Como todos los artrópodos, las arañas (orden Araneae) tienen cuerpo y patas articuladas. Su tamaño va de 2 a 10 mm de longitud, salvo las tarántulas que llegan a medir entre 80 y 90 mm (Foelix 2011). Su cuerpo se divide en dos regiones (prosoma y opistosoma), unidos por un segmento delgado llamado pedicelo. El prosoma es la región anterior y tiene seis pares de apéndices: cuatro de patas locomotoras, un par de quelíceros relacionados con la alimentación donde desembocan las glándulas de veneno, y un par de pedipalpos cuya función es sensorial y en los machos funcionan como órganos copuladores. Por su parte, el opistosoma es una región elástica que contiene la mayoría de los órganos internos donde se llevan a cabo procesos de digestión, circulación, respiración, excreción, reproducción y producción de seda (Foelix 2011).

La seda es una proteína que las arañas utilizan para diversas funciones como capturar presas en telarañas, construir refugios o sacos para proteger a sus huevecillos y esperma del macho, y para desplazarse por medio de hilos aerostáticos y de seguridad. Gracias a la evolución de la seda, las arañas han podido poblar casi todos los ecosistemas en el mundo, desde los hielos perpetuos del ártico hasta los desiertos más cálidos, desde las grandes altitudes hasta las profundidades de las cuevas (Turnbull 1973). Las arañas son los principales depredadores de insectos en casi todos los ecosistemas del mundo, aunque también se alimentan de otros artrópodos y vertebrados pequeños. Por la forma de atrapar a sus presas, se les agrupa en:

- Las que capturan a sus presas con redes fijas de hilos pegajosos, las cuales utilizan diversas estrategias de captura relacionadas con la forma de la telaraña.
- Las errantes, que utilizan emboscadas y buscan activamente a sus presas para capturarlas o esperan al acecho, a que se aproximen para atraparlas. Estas arañas son corredoras o saltadoras con colores crípticos.

Todas ellas producen veneno (neurotoxina) que utilizan principalmente para inmovilizar o matar a sus presas. Por la diversificación del grupo, su veneno evolucionó desde hace 300 millones de años y favoreció la formación de compuestos para afectar el sistema nervioso de sus presas; no obstante, se ha señalado que los venenos evolucionaron primeramente para disuadir a los depredadores aplicándoles un estímulo de dolor (King y Hardy 2013). El veneno de estos artrópodos se constituye de una mezcla de

Jiménez-Jiménez, M.L. 2025. Arañas. En: *La biodiversidad en Baja California Sur. Estudio de Estado*. Vol. II. CONABIO/FFB, México, pp. 223-232.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

péptidos neurotóxicos y enzimas proteolíticas, que producen diversos efectos. Cabe señalar que existen cerca de 10 millones de péptidos activos en el veneno de las arañas, pero solamente 800 han sido farmacológicamente caracterizados (Tahir *et al.* 2016).

Es importante indicar que solo 200 especies de arañas, de las más de 48 mil existentes en el mundo, pudieran ser peligrosas para el humano (Foelix 2011). De éstas, la viuda negra (*Latrodectus mactans*) es la más temida debido a que su mordedura es muy dolorosa y a que el efecto fisiológico del veneno afecta al sistema nervioso y muchas funciones vitales; incluso en casos graves, puede producir la muerte.

Diversidad

A nivel mundial se registran 120 familias, 4 145 géneros y 48 283 especies de arañas (World Spider Catalog 2019). Para México, se estima la presencia de 69 familias, 534 géneros, y entre 2 159 y 2 295 especies, lo que corresponde a 4.47 y 4.75% de la riqueza reportada en el mundo (Francke 2014). Sin embargo, el conocimiento de la fauna de arañas para muchas entidades del país es parcial o casi desconocido, por lo que el número de especies podría aumentar considerablemente. Para este escrito se realizó una revisión bibliográfica de trabajos sobre arañas en México y en la Península de Baja California (p.e. Jiménez 1996, Berrian 2005), además de la consulta del catálogo en línea World Spider Catalog (2019), diversas publicaciones científicas y los registros de la Colección Aracnológica del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C. (CIBNOR).

Con base en la información recopilada para Baja California Sur, se confirma que la fauna de arañas se compone de 42 familias, 159 géneros y 304 especies (295 identificadas, apéndice 16) que corresponde a 60.8% de las familias, 29.8% de los géneros y 13.2% de las especies registradas para el país, lo que indica que es uno de los estados con mejor conocimiento de la fauna de arañas y mayor riqueza, pues ocupa el cuarto lugar en diversidad, después de Chiapas, Veracruz y Guerrero (Jiménez 1996, Ibarra-Núñez 2013). Los valores aportados en este trabajo difieren con los citados por Jiménez (1996) quien registró 371 especies para toda la península, por lo que Baja California Sur albergaría 82% de esta riqueza. Berrian (2005) por su parte reportó 43 familias, 151 géneros y 411 especies para la península, de las cuales 143 corresponden al territorio sudcaliforniano, pero se duda que los demás registros sean válidos para Baja California. Aun cuando la fauna de estos artrópodos en la entidad está bien documentada, no está del todo completa, pues faltó consultar otras fuentes o colecciones nacionales y extranjeras, así como la realización de estudios faunísticos en muchos ambientes de la región, por lo que los registros de especies pudieran incrementarse considerablemente.

En Baja California Sur las familias con mayor riqueza son Salticidae (41), Gnaphosidae (37), Araneidae (32) y Theridiidae (31), que en conjunto representan 46% del total de arañas para el estado (figura 1). Para la entidad, seis géneros y 79 especies de arañas son endémicas, lo que representa 4.5% del total de especies endémicas reportadas por Jiménez (1996) para México. El mayor número de endemismo pertenece a las familias Agelenidae (14 especies, figura 2), Gnaphosidae (11), Pholcidae (7, figura 3) y Salticidae (7), posiblemente por su distribución restringida y adaptación a las zonas áridas. Estos resultados se consideran como parciales, debido a que hay familias como Linyphiidae y Oonopidae, de las que no se han capturado suficientes ejemplares con los métodos tradicionales, pero presentan una alta diversidad en otras entidades del país.

Distribución

Las arañas se encuentran en todas las regiones y ambientes del estado (Berrian 2005). Este conocimiento se inició a finales del siglo XIX y principios del XX, con los primeros estudios faunísticos realizados en las sierras de San Lázaro, La Laguna y localidades aledañas en la región Los Cabos, así como en las costas e islas del golfo de California. Aunque hay muchos datos en la literatura sobre estudios de taxonomía, no hay trabajos sistemáticos sobre las arañas en áreas naturales protegidas como el Área de Protección de Flora y Fauna Islas del Golfo de California, la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno, el Parque Nacional Bahía de Loreto, el Parque Nacional Cabo Pulmo y el Área de Protección de Flora y Fauna Cabo San Lucas.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

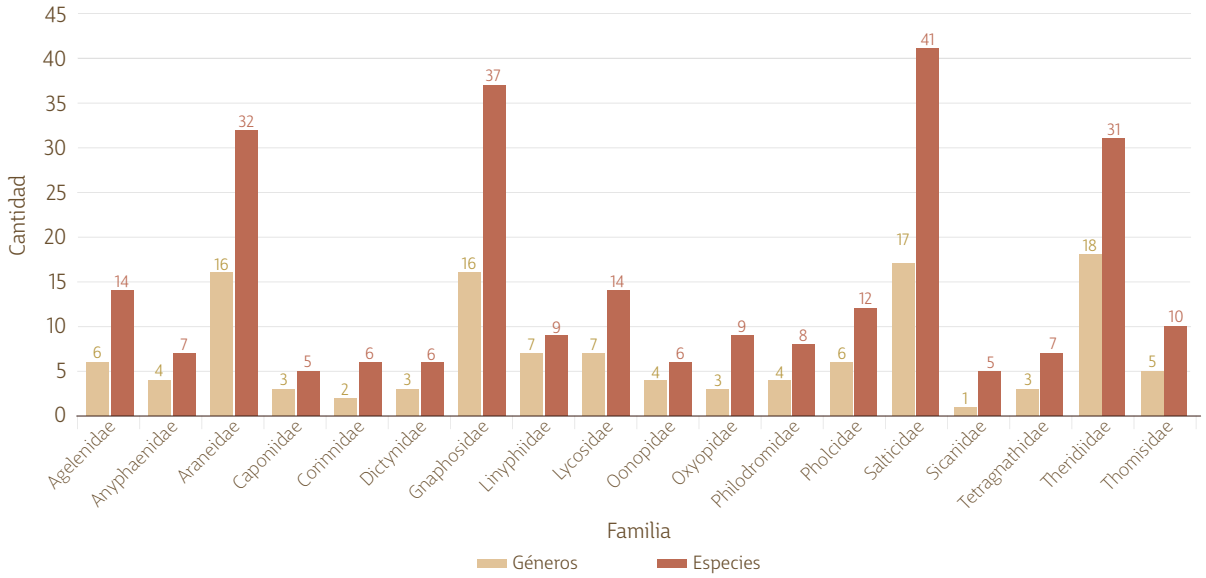


Figura 1. Diversidad de géneros y especies de las principales familias de arañas en Baja California Sur. Fuente: elaboración propia.



Figura 2. Hembra de *Rothilena sudcaliforniensis*, Baja California Sur. Foto: Julieta Maya Morales.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Figura 3. Hembra de *Physocyclus palmarus*, Baja California Sur. Foto: Julieta Maya Morales.

Sin embargo, sí existen estudios en la actual Reserva de la Biosfera Sierra La Laguna (Jiménez 1988), en la estación biológica Dra. Laura Arriaga (Jiménez y Navarrete 2010) y en 12 oasis ubicados a lo largo de la región meridional de la península (Jiménez *et al*. 2015); dos de ellos, Los Comondú, reconocidos como humedales de importancia internacional, según la convención Ramsar. Entre las zonas fitogeográficas estudiadas, se encuentra la región árido-tropical donde se ubica el bosque de pino-encino y la selva baja caducifolia de la Sierra La Laguna, así como el matorral sarcocaule y los humedales localizados a lo largo de la planicie de Magdalena y en la Sierra La Giganta.

Importancia ecológica y económica

Las arañas de zonas áridas (junto con otros arácnidos) son de gran relevancia por su función como depredadores; tanto, que han llegado a reemplazar a otros depredadores como aves y mamíferos (Polis y Yamashita 1991). Son los principales consumidores de insectos, y por lo tanto uno de los grupos más importantes en el flujo de energía dentro de las redes alimenticias (Polis y Hurd 1995). Asimismo, la composición de las comunidades de arañas varía como respuesta a cualquier cambio o disturbio ambiental, por lo que se les considera como indicadores de la calidad del ambiente (Ibarra-Núñez 2014).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Se han realizado estudios que destacan la importancia de este grupo como controladores de plagas agrícolas, debido a que son muy eficaces en la prevención del desarrollo de plagas de insectos, y pueden ayudar a reducir el uso de insecticidas contaminantes. En el país, los estudios de las arañas como control biológico de plagas agrícolas son escasos, pues la mayoría se han realizado en agroecosistemas como cacaotales y cafetales, cultivos perennes de mango, chicozapote y maíz en Chiapas y Tabasco (Pérez-de la Cruz *et al.* 2007, Ibarra-Núñez 2013), donde la riqueza de arañas es alta.

Hasta el momento, se han aislado una gran cantidad de péptidos neurotóxicos en venenos de 174 especies de arañas con propiedades para el desarrollo de bioinsecticidas. Estos péptidos tienen alta potencia pues causan parálisis y muerte rápida en una gran gama de insectos. Tienen la propiedad de no ser tóxicos a los vertebrados, se degradan sin producir residuos químicos, tienen bajos costos y actividad en un rango muy amplio de plagas de cultivo y en vectores de enfermedades, como los mosquitos transmisores del paludismo, dengue y fiebre amarilla (King y Hardy 2013).

En el aspecto médico, estos compuestos también han sido estudiados y se ha comprobado que son potencialmente útiles para tratamientos de diversos padecimientos como: dolores crónicos (por sus efectos analgésicos), desórdenes neurológicos (p.e. derrame cerebral, al evitar el daño neuronal), enfermedad de Alzheimer (detiene su progreso), epilepsia (elimina las convulsiones), ansiedad patológica (p.e. desordenes psiquiátricos obsesivo-compulsivos), fobias derivadas por estrés postraumático (Monge-Fuentes *et al.* 2015) y arritmias cardiacas; además de su aplicación anticancerígena (capacidad para reducir o evitar la proliferación de tumores malignos) y antibacterial (p.e. infecciones respiratorias, diarreicas, meningitis, enfermedades de transmisión sexual e infecciones adquiridas en hospitales; Tahir *et al.* 2016).

Por siglos, el uso de la seda en medicina popular se ha utilizado para tapar heridas por sus propiedades hemostáticas (es decir, que sirve para contener o detener una hemorragia), método que aún se ocupa en algunas regiones del país. En la medicina moderna, la seda se aplica para suturas, implantes, arterias obstruidas y como material natural para la regeneración de fibras nerviosas a manera de puente donde las células se adhieren, crecen y se reproducen. La seda del saco de huevos de la araña, por su propiedad porosa, se usa para la regeneración de cartílago, donde las proteínas de la seda y los componentes minerales de los huesos se combinan y el tejido óseo puede reemplazarse gradualmente (Elices *et al.* 2011, Foelix 2011).

Especies relevantes

Por la historia geológica y el aislamiento geográfico de la Península de Baja California, en el estado existe una gran variedad regional de paisajes en cuanto a su fisiografía y tipos de vegetación. Estos ambientes ofrecen una gran disponibilidad de microhábitats para el establecimiento de las arañas y el desarrollo de endemismos.

En la entidad, la mayoría de las arañas son errantes particularmente exitosas (figuras 4 y 5), porque no requieren de una cobertura vegetal compleja como las tejedoras para la construcción de sus redes (Jiménez 1988, Jiménez *et al.* 2015). En el ambiente desértico, la vegetación es escasa o está agrupada en parches de matorral (*Larrea* spp. o *Prosopis* spp.) o en la vegetación mésica (con moderada cantidad de agua) de los oasis del estado. Muchos artrópodos encuentran refugio y alimento en zonas agrícolas, sobre todo en los huertos de árboles frutales, donde la humedad es mayor y hay menor variación en temperaturas.

Desafortunadamente, son casi nulos los estudios sobre este grupo y solamente se han realizado en huertos de mango y cítricos, donde las arañas errantes y tejedoras de red son abundantes, y destacan algunas especies que pudieran funcionar como control biológico de plagas de insectos (Jiménez y Tejas 1996). Se conoce que algunas poblaciones de arañas pueden encontrarse en grandes densidades sobre cactáceas, como en las islas del golfo de California, donde son muy importantes en el flujo de energía de las redes tróficas (Polis y Hurd 1995).

Se cuenta con algunos estudios de especies emblemáticas y su interacción con otros animales; tal es el caso de las avispas loderas (*Trypoxylon* (*Trypargilum*) *tridentatum tridentatum*), que capturan arañas de ambientes húmedos como *Sceliphron jamaicense lucae* (endémica y común en asentamientos humanos; Jiménez *et al.* 1992) para alimentar a su progenie. Estas

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Figura 4. Hembra de *Curicaberis peninsulanus*, Baja California Sur. Foto: James Berrian.



Figura 5. Hembra de *Isaloides yollotl*, Baja California Sur. Foto: James Berrian.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

avispas son las principales depredadoras de arañas dentro de las redes alimentarias de cualquier ambiente (Domínguez y Jiménez 2008).

Algunas especies de arañas en humedales son indicadoras de una fauna relicta por su aislamiento geográfico; un ejemplo es *Pardosa sierra*, cuyas poblaciones se remontan al Pleistoceno en el inicio del proceso de desertificación hace 15 mil años (González-Trujillo *et al.* 2016). La araña de la arena (*Homalonychus theologus*, figura 6) es otra especie endémica de la región desértica de la península, con particular distribución en la entidad (Crews y Hedin 2006). Presenta un singular comportamiento, porque se entierra y adhiere partículas de suelo a su cuerpo como una estrategia de camuflaje contra los depredadores y para atrapar a sus presas, además de ser una adaptación para la termorregulación corporal para sobrevivir en el desierto.

Otras especies importantes son: *Syspira tigrina*, una de las más abundantes en suelos del matorral xerófilo, la cual cohabita con *S. longipes* gracias a la diferencia de sus tallas corporales y en su distribución estacional (Nieto-Castañeda *et al.* 2012). Ambas especies son errantes, de hábitos nocturnos y son importantes depredadoras de insectos en estos ambientes.

En el estado, la viuda negra *Latrodectus mactans* está ausente, pero se cuenta con la presencia de las especies emparentadas *L. hesperus* y *L. geometricus*. A la primera se le encuentra principalmente en el campo, bajo madera, en troncos en descomposición, en grietas de árboles, en nidos de ratas o en construcciones abandonadas. Por su parte, *L. geometricus* se encuentra asociada a viviendas, donde es frecuente encontrarla bajo muebles, en rincones oscuros, en armarios, puertas o ventanas. En ambos casos, es común encontrar a las hembras en sus telarañas colgadas patas arriba, principalmente en la noche cuando se disponen a cazar a sus presas.

Las arañas violinistas o de los rincones del género *Loxosceles*, son llamadas así por presentar una marca café en forma de violín en la parte anterior del cuerpo. Éstas son de hábitos nocturnos y tejen pequeñas



Figura 6. Hembra de *Homalonychus theologus*, Baja California Sur. Foto: Carlos Palacios-Cardiel.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

redes algodonosas en rincones, ropa o armarios y son temidas porque su toxina (esfingomielinasa) produce necrosis de la piel humana y en ocasiones pueden afectar áreas corporales considerables y llegar a la amputación de algún miembro, o bien, destruyen los glóbulos rojos, afectan órganos vitales como los riñones y el hígado, e incluso, en casos extremos puede ocasionar la muerte por anemia (Ramos 2016). En Baja California Sur se encuentran cinco de las nueve especies de arañas violinistas citadas para la península: *L. baja*, *L. rothi*, *L. mulege*, *L. barbara* y *L. carmena,* todas endémicas al estado. Estas arañas son errantes y se localizan en poblaciones reducidas bajo piedras, grietas, cortezas, cardones y troncos caídos y paredes de cuevas. Hasta ahora ninguna ha sido registrada como peligrosa para el humano.

Amenazas

A pesar de que los matorrales xerófilos son más extensos y menos vulnerables que la vegetación mésica en el país, son también afectados por la crisis ambiental caracterizada por la erosión y la pérdida de biodiversidad. Los matorrales en el territorio sudcaliforniano no son la excepción, pues inmersos en estos ambientes de desierto, se encuentran los oasis, que junto con la Sierra La Laguna, son ecosistemas que pueden ser afectados cómo hábitats únicos de una biota relicta como la de arañas.

La reducción y la pérdida de estos hábitats, la sobreexplotación de los acuíferos por proceso de urbanización, el cambio de uso del suelo y el cambio climático que ha propiciado un mayor número de huracanes, puede modificar la diversidad de arañas, y disminuirla por la transformación de ambientes; o bien, en el caso de algunos grupos en zonas urbanas, aumentar sus poblaciones por la generación de basura que beneficia la proliferación de insectos presa. En este sentido, se debe recordar que las arañas, como grupo depredador, es extraordinariamente abundante y junto con otros artrópodos depredadores forman una biomasa mayor que los vertebrados, por lo que en conjunto son más importantes en las redes tróficas en los desiertos que en los ambientes mésicos (Polis y Yamashita 1991).

La pérdida de cobertura de los ecosistemas desérticos por el alto grado de fragmentación y los cambios en el uso del suelo, han sido muy significativos en la región Los Cabos, a causa de la pérdida de especies dominantes del matorral xerófilo, por la falta de planeación política y el incremento de áreas degradadas (Arriaga 2009). La reducción o pérdida del hábitat ha puesto en gran riesgo la biodiversidad, donde las especies de arañas y de otros arácnidos con alto grado de endemismo, son los más vulnerables.

Situación y estado de conservación

A nivel nacional, Baja California Sur es uno de los estados donde se registra el mayor número de especies de arañas. No obstante, este conocimiento es medianamente completo, debido a que la información generada se ha concentrado en algunas regiones consideradas como prioritarias para su conservación, por ser áreas naturales protegidas como la Sierra La Laguna y oasis (algunos considerados como sitios Ramsar), así como en algunas localidades de matorral xerófilo de la región Los Cabos. Sin embargo, en muchas áreas naturales como las islas del golfo de California, la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno y parques nacionales en el estado, la fauna de arañas es casi desconocida. Hasta el momento en el estado, no existe ninguna especie de araña registrada en la NOM-059 (SEMARNAT 2010), debido a que el territorio no ha sido lo suficientemente estudiado para conocer si existen especies en esta situación; sin embargo, en algunas regiones del país hay especies de tarántulas que sí han sido registradas dentro de esta norma.

Conclusiones

A pesar de la gran diversidad de arañas en el territorio nacional, son pocas las especies involucradas en los estudios sobre la composición de sus venenos, como agentes terapéuticos o como bioinsecticidas. Por ello, se argumenta que en el país se tiene un potencial enorme para el desarrollo de nuevas terapias como el uso de la seda en la medicina moderna y en nuevos programas de aplicación de los venenos en agricultura que aún no ha sido lo suficientemente explorado.

Las arañas son poco apreciadas por su aspecto y por la creencia de que todas son peligrosas para el humano. Es por ello que se deben implementar pro-

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

gramas de difusión y de educación ambiental para desmitificar y valorar a este grupo tan importante en los ecosistemas terrestres del estado. Por otro lado, en el estado existe una asimetría en las regiones en cuanto a su fisiografía, heterogeneidad florística y tipos de vegetación distribuidos en diferentes altitudes y latitudes de su territorio. Estos ambientes tienen una vegetación variada, que ofrece una gran disponibilidad de microhábitats para el establecimiento de las arañas; no obstante, los estudios no se han podido continuar por el difícil acceso a los ambientes y por la falta de apoyo de recursos económicos para realizar investigaciones más integrales de esta fauna en hábitats desérticos de la entidad.

Referencias

Arriaga, L. 2009. Implicaciones del cambio de uso de suelo en la biodiversidad de los matorrales xerófilos: un enfoque multiescalar. *Investigación Ambiental* 1:6-16.

Berrian, J. 2005. *Spiders of Baja California*. En: <http://www.sdnhm.org/science/entomology/projects/spiders-of-baja-california/>, última consulta: 20 de julio de 2017.

Crews, S.C. y M. Hedin. 2006. Studies of morphological and molecular phylogenetic divergence in spiders (Araneae: *Homalonychus*) from the American southwest, including divergence along the Baja California Peninsula. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 38:470-487.

Domínguez, K. y M.L. Jiménez. 2008. Composition of spider prey captured by the wasp *Trypoxylon* (*Trypargilum*) *tridentatum tridentatum* in two habitats in an oasis in Baja California Sur, México. *Canadian Entomologist* 140:388-392.

Elices, M., J. Pérez-Rigueiro, G.R. Plaza y G.V. Guinea. 2011. Usos médicos de la seda. *Investigación y Ciencia* 419:28-35.

Foelix, R.F. 2011. *Biology of spiders*. Oxford University Press, Nueva York.

Francke, O.F. 2014. Biodiversidad de Arthropoda (Chelicerata: Arachnida ex Acari) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85:408-418.

González-Trujillo, R., M. Correa-Ramírez, E. Ruiz-Sánchez *et al.* 2016. Pleistocene refuge and their effects on the phylogeography and genetic structure of the wolf spider *Pardosa sierra* (Araneae: Lycosidae) in the Baja California Peninsula. *Journal of Arachnology* 44(3):367-379.

Ibarra-Núñez, G. 2013. La diversidad de las arañas (Arachnida: Araneae). En: *La biodiversidad en Chiapas: Estudio de Estado*. CONABIO/Gobierno del Estado de Chiapas, México, pp. 191-196.

—. 2014. Arañas como bioindicadores. En: *Bioindicadores: guardianes de nuestro futuro ambiental*. C.A. González-Zuarth, A. Vallarino, J.C. Pérez-Jiménez y A.M. Low-Pfeng (eds.). ECOSUR/INECC, México, pp. 273-290.

Jiménez, M.L. 1988. Aspectos ecológicos de las arañas. En: *La Sierra de la Laguna de Baja California Sur*. L. Arriaga y A. Ortega-Rubio (eds.). CIBNOR, La Paz, pp. 149-164.

—. 1996. Araneae. En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento*. Vol. I. J. Llorente-Bousquets, A. García-Aldrete y E. González-Soriano (eds.). Instituto de Biología-UNAM, México, pp. 83-101.

Jiménez, M.L. y J.G. Navarrete. 2010. Fauna de arañas del suelo de una comunidad árido tropical en Baja California Sur, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 81:417-426.

Jiménez, M.L. y A. Tejas. 1996. Variación temporal de la araneofauna en frutales de la región del Cabo, Baja California Sur, México. *Southwestern Entomolology* 21:331-335.

Jiménez, M.L., I.G. Nieto-Castañeda, M.M. Correa-Ramírez y C. Palacios-Cardiel. 2015. Las arañas de la región meridional de la Península de Baja California, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 86:319-331.

Jiménez, M.L., R. Servín, A. Tejas *et al.* 1992. La composición de presas de la avispa lodera *Sceliphron jamaicense lucae* en la región del Cabo, México. *Southwest Entomologist* 17:169-180.

King, G.F. y M.C. Hardy. 2013. Spider-venom peptides: Structure, pharmacology, and potential for control of insect pest. *Annual Review of Entomology* 58:475-496.

Monge-Fuentes, V., F.M. Medeiro-Gómez, G.A. Alves-Campos *et al.* 2015. Neuroactive compounds obtained from arthropod venoms as new therapeutic platform for the treatment of neurological disorders. *Journal of Venomous Animals and Toxins including Tropical Diseases* 21:31.

Nieto-Castañeda, I.G., I.H. Salgado-Ugarte y M.L. Jiménez. 2012. The life cycle of a desert spider inferred from observed size frequency distribution. *Acta Zoológica Mexicana* nueva serie 28:353-364.

Pérez-de la Cruz, M., S. Sánchez-Soto, C.F. Ortiz-García *et al.* 2007. Diversidad de insectos capturados por arañas tejedoras

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

(Arachnida: Araneae) en el agroecosistema cacao en Tabasco, México. *Neotropical Entomology* 36(1):90-101.

Polis, G.A. y S.D. Hurd. 1995. Extraordinary high spider densities on islands: flow of energy from the marine to terrestrial food webs and the absence of predation. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 92:4392-4386.

Polis, G.A. y T. Yamashita. 1991. The ecology and importance of predaceous arthropods in desert communities. En: *The ecology of desert communities*. G.A. Polis (ed.). The University of Arizona Press, Arizona, pp. 180-222.

Ramos, H.G. 2016. *Araña violinista (Loxosceles sp).* Unidad Investigación Médica en Enfermedades Metabólicas del Hospital de Especialidades. CMN Siglo XXI, IMSS, 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.

Tahir, H.M., A. Zaheer, R. Yaqoob *et al.* 2016. Applications of spider venom in medical science and agriculture. *Biologia (Pakistan)* 62(1):173-190.

Turnbull, A.L. 1973. Ecology of the true spiders (Araneomorphae). *Annual Review of Entomology* 18:305-348.

World Spider Catalog. 2019. En: <http://www.wsc.nmbe.ch/>, última consulta: 13 de agosto de 2019.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Chinches, cochinillas, pulgones, chicharritas, garapitos y cigarras (Hemiptera)

Zenón Cano Santana, Ariana Romero Mata y Brenda Hernández Hernández

Liman los pies de la noche que se desplomará cuando guarden silencio.
Roen la insolente oscuridad, Forjan la luz entre la hierba.
Salen del fondo de la vida y están hablando con la tierra.
José Emilio Pacheco, *Cigarras*

A la memoria de María Ayala, por su lucha contra la pobreza y por la naturaleza

Descripción

Los hemípteros son insectos de 1 a 100 mm que se caracterizan por tener alargadas piezas bucales picadoras-chupadoras que forman un pico segmentado conformado por cuatro estiletes (sus mandíbulas y maxilas), los cuales están envueltos en una vaina o funda (el labio). Asimismo, presentan dos pares de alas, y experimentan una metamorfosis incompleta, en la cual los individuos pasan por tres etapas de desarrollo (huevo, ninfa y adulto; Brusca y Brusca 2002, McGavin 2002). Agrupan al suborden Heteroptera con 73 familias (incluye chinches verdaderas, chinches besuconas, chinches piedreras, chinches de cama, garapitos, cucarachas gigantes de agua y zapateros), así como a tres subórdenes que anteriormente se agrupaban en el antiguo orden Homoptera: Coleorrhyncha (chinches del hemisferio sur, 1 familia), Auchenorrhyncha (chicharritas, cigarras y periquitos, 31), y Sternorrhyncha (cochinillas, pulgones, moscas blancas y escamas, 29; McGavin 2002, Song *et al.* 2016, Li *et al.* 2017).

Las chinches verdaderas se caracterizan por tener alas anteriores endurecidas y su parte distal membranosa (llamadas hemiélitros); además, tienen un rostro que nace en la parte anterior de la cabeza (figura 1) y muestran hábitos alimentarios variados, pues son fitófagas, parásitas, depredadoras o chupadoras de sangre, como las chinches hociconas o las chinches de cama, desarrollándose en ambientes terrestres y de agua dulce (McGavin 2002). En el caso de los homópteros, éstos presentan dos pares de alas membranosas, se alimentan de jugos de las plantas, y tienen hábitos terrestres. En los auquenorrincos, el rostro sale de la parte posterior de la cabeza (figura 2), en tanto que en los esternorrincos sale de entre las patas anteriores (figura 3; Brusca y Brusca 2002, McGavin 2002).

Diversidad y distribución

En todo el mundo se tienen 102 183 especies de hemípteros (sin contar especies fósiles; Zhang 2013); mientras que en México se registran 8 389 (5 609 de heterópteros y 2 780 de homópteros; Llorente-Bousquets y Ocegueda 2008); y en Baja California Sur hay 409 especies y subespecies (de las cuales 374 son especies identificadas). De este total estatal, 366 son heterópteros y 43 son homópteros (14 auquenorrincos y 29

Cano-Santana, Z., A. Romero-Mata y B. Hernández-Hernández. 2025. Chinches, cochinillas, pulgones, chicharritas, garapitos y cigarras (Hemiptera). En: *La biodiversidad en Baja California Sur. Estudio de Estado*. Vol. II. CONABIO/FFB, México, pp. 233-245.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Figura 1. Chinches verdaderas de la especie *Oncopeltus* (*Oncopeltus*) *sanguinolentus* (Heteroptera, Lygaeidae) que se alimentan de una planta de manera agregada en San José del Cabo. La línea dentro de la foto equivale a 1 cm. Foto: Luis Manuel Cervantes Peredo/ Banco de imágenes CONABIO.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Figura 2. Cigarra adulta (Auchenorrhyncha, Cicadidae) en proceso de muda. La exuvia (o exoesqueleto) de la ninfa del último estadio se observa en la parte inferior del espécimen. Foto: Iván Montes de Oca Cacheux/Banco de imágenes CONABIO.



Figura 3. Pulgones (Sternorrhyncha, Aphididae) alimentándose de manera agregada sobre su planta hospedera. Foto: Iván Montes de Oca Cacheux/Banco de imágenes CONABIO.

esternorrincos), lo que representa 4.9% de la diversidad nacional de hemípteros, 6.5% de heterópteros y 1.5% de homópteros (apéndice 17).

Esta diversidad se agrupa en 41 familias: 30 de Heteroptera, 7 de Sternorrhyncha y 4 de Auchenorrhyncha. Por su parte, las familias más ricas son Lygaeidae (71 especies y subespecies), Pentatomidae (63), Miridae (48) y Reduviidae (42, cuadro 1), todas del suborden Heteroptera. Esta riqueza de hemípteros contrasta con la registrada para la Ciudad de México que es de 255 especies y subespecies (103 de Heteroptera y 152 de Homoptera; Cano-Santana y Romero-Mata 2016), y su riqueza de heterópteros está muy por encima de la documentada para Morelos (68; Torres Huerta y López Gómez 2020).

Las especies reportadas como endémicas para el país son cuatro: la chinche besucona *Meccus pallidipennis* (Reduviidae; Martínez *et al.* 2019), las chinches rastreras de agua *Ambrysus vanduzeei* (Naucoridae), que solamente se distribuye en la península (Reynoso-Velasco y Sites 2018), y *A. hungerfordi triunfo* (que solo se dis-

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

tribuye en Baja California Sur y Sonora; Schuh 2021), así como la chinche piedrera *Dipetalogaster maximus* (Reduviidae), endémica al territorio sudcaliforniano por encontrarse solo en ambientes entre La Paz y Los Cabos (Jiménez y Palacios 1999, Ochoa-Cortés *et al.* 2020). Hemípteros de los tres subórdenes se han reportado en los cinco municipios de Baja California Sur (excepto los auquenorrincos en Los Cabos), y es La Paz donde se registra el mayor número de especies y subespecies (195), seguido de Mulegé (188) y Comondú (140, cuadro 2). La Paz es el municipio con más especies de heterópteros (181) y auquenorrincos (5), y Comondú es el que más registra de esternorrincos (10, cuadro 2). Por otra parte, en los humedales

Cuadro 1. Especies y subespecies de hemípteros de cada suborden por familia en territorio sudcaliforniano.

Familia (nombres comunes)	Especies y subespecies
Heteroptera	
Alydidae (chinches de cabeza ancha)	6
Anthocoridae (chinches de las flores)	4
Belostomatidae* (cucarachas gigantes de agua)	3
Berytidae (chinches zancudas)	8
Cimicidae (chinches de cama)	1
Coreidae (chinches de patas grandes)	30
Corixidae* (barqueros o boteros)	1
Cydnidae (chinches excavadoras)	15
Gelastocoridae* (chinches sapo)	1
Gerridae* (zapateros o patinadores)	2
Hydrometridae* (caminantes de pantano)	1
Largidae (wilis)	4
Lygaeidae (chinches de las semillas)	71
Mesoveliidae* (chinches patinadoras)	1
Miridae (chinches de las plantas)	48
Nabidae (chinches damisela)	4
Naucoridae* (chinches rastreras de agua)	4
Nepidae* (viejas de agua o escorpiones de agua)	2
Notonectidae* (garapitos)	10
Ochteridae* (chinches aterciopeladas de la orilla)	1
Pentatomidae (chinches apestosas)	63
Piesmatidae (chinches de hoja gris ceniza)	1
Pleidae* (nadadores de espalda pigmeos)	1
Pyrrhocoridae (chinches de fuego)	2
Reduviidae (chinches besuconas)	42
Rhopalidae (chinches de las plantas inodoras)	13
Scutelleridae (chinches metálicas o chinches joya)	4
Thyreocoridae (chinches de escudo)	8
Tingidae (chinches encaje)	14
Veliidae* (chinches de agua de hombros anchos)	1
Subtotal	**366**
Auchenorrhyncha	
Cercopidae (salivazos o chicharritas)	1
Cicadellidae (chicharritas o saltahojas)	9
Cicadidae (cigarras)	2
Membracidae (periquitos, toritos o insectos espina)	2
Subtotal	**14**
Sternorrhyncha	
Aleyrodidae (moscas o mosquitas blancas)	3
Aphididae (pulgones)	9
Coccidae (escamas blandas o insectos escama)	1
Dactylopiidae (cochinillas o insectos escama)	2
Diaspididae (cochinillas, piojos de las plantas o escamas duras)	10
Pseudococcidae (cochinillas harinosas o piojos harinosos)	2
Psyllidae (psílidos o piojos saltarines)	2
Subtotal	**29**
Total	**409**

*Familias de heterópteros acuáticos o semiacuáticos. Fuente: elaboración propia.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

del estado se reportan al menos 28 especies de heterópteros acuáticos y semiacuáticos pertenecientes a 12 familias, aunque se desconoce la identidad de las especies avistadas de las familias Corixidae, Gelastocoridae, Mesoveliidae, Ochteridae y Pleidae (apéndice 17), para lo cual se requiere trabajo taxonómico.

Importancia

Ecológica

Los hemípteros tienen una gran importancia ecológica: son parte integral de los ecosistemas terrestres y dulceacuícolas, y cumplen roles como presas, hospederos, herbívoros, parásitos y depredadores. Las especies parásitas y depredadoras se alimentan de otros artrópodos (insectos y arañas), carroña, renacuajos y pequeños peces, así como de sangre de vertebrados, y algunas especies son agentes transmisores de enfermedades controladoras de poblaciones de plantas y animales (Brambila y Hodges 2008).

A su vez, los hemípteros constituyen el alimento de muchos animales, como arañas, insectos (avispas, crisopas, dípteros, escarabajos, libélulas, mantis, orugas de mariposas y heterópteros), peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos (Capinera 2008, Sanborn 2008, Palacino-Rodríguez *et al*. 2020, Schlafke 2020, Gajski y Pekár 2021). En el país, incluso algunas especies se utilizan para consumo humano (Cano-Santana y Romero-Mata 2016).

Por su parte, muchas especies (sobre todo de esternorrincos como los pulgones, aleyródidos, psílidos y seudocóccidos) excretan gotas de miel, que son alimento para hormigas (con quienes mantienen relaciones de ayuda mutua), y en menor grado para moscas, mosquitos, abejas, avispas y mariposas (Capinera 2008, Bazin 2015). En la entidad está documentado que las chinches del género *Tytthus* (Miridae), presentes en San Javier (municipio de Loreto), se alimentan de los huevos de chicharritas de la familia Delphacidae (Henry 2012). También se ha registrado que los hemípteros forman parte de la dieta de las lagartijas *Sceloporus hunsakeri* y *S. licki*, endémicas de la región Los Cabos (Galina Tessaro *et al*. 2015), así como de las arañas de los humedales del sur de la entidad (Llinas-Gutiérrez y Jiménez 2004). Asimismo, en el estado se cuenta con avispas parasitoides de distintos géneros que usan como hospederos a homópteros de las familias Aleyrodidae (mosquitas blancas), Coccidae (escamas) y Diaspididae (cochinillas; Myartseva *et al*. 2016).

Económica

Estos insectos son relevantes por los daños que ocasionan a los cultivos. La Agenda Técnica Agrícola de Baja California Sur (INIFAP 2017) registra 10 cultivos (p.e. aguacate, cártamo, maíz, naranja y palo de arco), que son afectados por al menos cuatro especies de heterópteros (Miridae y Pentatomidae), cinco de auquenorrincos (Cercopidae y Cicadellidae) y 11 de esternorrincos (Aleyrodidae, Aphididae, Diaspididae, Psyllidae y Pseudococcidae; cuadro 3).

Se tienen reportes de que las huertas de naranja son atacadas por la mosca blanca *Aleurothrixus floccosus* (Aleyrodidae) y la chicharrita *Dilobopterus costalimai* (Cicadellidae); en tanto que los cultivos de cártamo pueden tener afectaciones a causa de la chinche opaca de las plantas (*Lygus lineolaris*, Miridae), la chinche rápida (*Creontiades rubrinervis*,

Cuadro 2. Especies y subespecies registradas en cada suborden de hemípteros por municipio.

Municipio	Heteroptera	Auchenorrhyncha	Sternorrhyncha	Total
La Paz	181	5	9	195
Mulegé	180	1	7	188
Comondú	127	3	10	140
Los Cabos	120		7	127
Loreto	98	1	1	100

Fuente: elaboración propia.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Cuadro 3. Cultivos atacados por hemípteros de los tres subórdenes en territorio sudcaliforniano.

Cultivo	Heteroptera	Auchenorrhyncha	Sternorrhyncha
Aguacate		Chicharritas (Cicadellidae)	Moscas blancas (Aleyrodidae) y psílidos (Psyllidae)
Alfalfa			Pulgón verde y pulgón manchado *Aphis* spp. (Aphididae)
Canola	Chinches		Pulgón mizus *Myzus persicae* (Aphididae)
Cártamo	Chinche opaca de las plantas *Lygus lineolaris* y chinche rápida *Creontiades rubrinervis* (Miridae); chinche apestosa verde *Nezara viridula* (Pentatomidae)	Chicharrita *Empoasca* sp.	Pulgón mizus
Maíz	Pulga saltona *Pseudatomoscelis seriatus* (Miridae) y chinche apestosa verde	Chicharritas *Dalbulus maidis* y *D. elimatus*	
Maíz forrajero	Pulga saltona	Chicharritas *Dalbulus maidis*, *D. elimatus* y *Empoasca* sp.	Conchilla prieta *Pseudococcus* sp. (Pseudococcidae)
Naranja		Chicharrita *Dilobopterus costalimai*	Mosca blanca *Aleurothrixus floccosus* (Aleyrodidae), escama roja de California *Aonidiella aurantii*, escama amarilla *A. citrina* y escama roja de Florida *Chrysomphalum aonidum* (Diaspididae)
Palo de arco (*Tecoma stans*)			Mosquita blanca *Bemisia tabaci*, pulgón *Aphis gossypii* y cochinilla rosada del hibisco *Maconellicoccus hirsutus* (Pseudococcidae)
Praderas perennes*		Mosca pinta o salivazo *Anaelomia postica* (Cercopidae)	
Vid de mesa		Chicharrita de la vid *Erythroneura variabilis*	

*Ambientes con los pastos señal (*Brachiaria decumbens*), insurgente (*B. brizantha*), rhodes (*Chloris gayana*), buffel (*Cenchrus ciliaris*), Taiwán (*Pennisetum purpureum*) y Tanzania (*Megathyrsus maximus*). Fuente: elaboración propia con datos de INIFAP 2017.

Miridae) y la chinche apestosa verde (*Nezara viridula*, Pentatomidae), así como por la chicharrita *Empoasca* sp. (Cicadellidae) y el pulgón mizus (*Myzus persicae*, Aphididae; cuadro 3; INIFAP 2017). De particular preocupación para el estado fue el brote de la cochinilla rosada del hibisco (*Maconellicoccus hirsutus*, Pseudococcidae), que en 2013 y 2015 afectó a diferentes hortalizas, plantas ornamentales, frutales, forestales y silvestres en zonas agrícolas y urbanas de todos sus municipios (OSIAP 2021).

Vectores de enfermedades

Los hemípteros pueden ser vectores de enfermedades de las plantas, como es el caso del chauixtle, el carbón común y el achaparramiento, que afectan a los cultivos de maíz en el valle de Santo Domingo (municipio de Comondú), las cuales se transmiten por las chicharritas *Dalbulus maidis* y *D. elimatus* (Cicadellidae; INIFAP 2017). En tanto que la bacteria *Xylella fastidiosa* la transmite la chicharrita de la alfalfa (*Homalodisca lacerta*, Cicadellidae) a los cultivos de leguminosas, hortalizas, cítricos y vinícolas de la zona serrana de Comondú (García-Hernández *et al.* 2009).

Médica

Los hemípteros también son de importancia médica. La chinche besucona *Triatoma rubida* y la chinche piedrera (ambas pertenecientes a la familia Redu-

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

viidae) se alimentan de sangre (son hematófagas) y representan un riesgo para los humanos por la transmisión del protozoario *Trypanosoma cruzi*, causante de la enfermedad de Chagas (Ochoa-Cortés *et al.* 2020). En particular, la chinche piedrera se encuentra en viviendas precarias de la periferia de ciudad de La Paz, así como en Los Cabos (Jiménez y Palacios 1999, Jiménez *et al.* 2003).

Otro potencial transmisor de esta enfermedad es la chinche de cama (*Cimex* sp.; Cannet *et al.* 2015)[1] la cual, aunque no se ha colectado ni determinado para el estado, fue observada por Jiménez (2021) en una ranchería cerca de San Luis Gonzaga (municipio de Comondú). En adición a lo anterior, su presencia en hoteles, moteles y casas habitación de La Paz y Los Cabos se hace evidente, debido a las quejas de los turistas y los servicios médicos especializados y de control de plagas que se prestan por internet para atender las infestaciones y ataques por este insecto (p.e. Rentokil 2021).

Mediante entrevistas realizadas por uno de los autores a habitantes de Cabo San Lucas, se reporta su actividad en esa localidad, sobre todo en época de calor; mientras que Gadar (2021) encontró evidencia de la presencia de este insecto en cines y viviendas de La Paz. Cabe señalar que las chinches hematófagas también pueden atacar aves y mamíferos, tanto silvestres (tlacuaches, conejos, armadillos y murciélagos) como asociados a humanos (perros, gatos, cerdos, roedores, cabras y cuyos; Brambila y Hodges 2008, Ribes *et al.* 2008).

Control de plagas

Los hemípteros son insectos útiles como controladores de plagas. En este sentido, son excelentes controladores de malezas, debido a que 28 especies de 10 familias de estos insectos se ocupan a nivel mundial para este fin (Cuda 2008). Asimismo, la cochinilla del nopal (*Dactylopius opuntiae*, Dactylopiidae), se introdujo a España para el control biológico del cacto *Opuntia ficus-indica* (Serrano-Montes *et al.* 2018).

Comercial y cultural

Particularmente de los esternorrincos se obtienen productos de valor comercial: en México se obtiene tinte rojo de la grana cochinilla (*Dactylopius coccus*) y laca o maque del aje (*Llaveia axin axin*; Cano-Santana *et al.* 2020). En China, India y otros países de centro y Norteamérica se extrae cera de la escama pela (*Ericerus pela*) y otros cóccidos (*Ceroplastes ceriferus*, *C. rusci* y *C. irregularis*), la cual se utiliza como medicina, alimento, para hacer velas o para impermeabilizar cestas y piezas de cerámica (Qin 1997). Desde el punto de vista cultural, este grupo de insectos ha dado nombre al cerro La Chinche de Los Cabos, aunque falta hacer un estudio del papel de estos insectos en las culturas costeras, serranas y urbanas de la entidad.

Situación y estado de conservación

Ningún hemíptero se encuentra registrado en la NOM-059 (SEMARNAT 2010) ni en los Apéndices de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES 2016). Sin embargo, se recomienda estudiar el estado de las poblaciones silvestres de la chinche piedrera, endémica al estado, así como el de las chinches acuáticas presentes en los humedales sujetos a deterioro.

Baja California Sur se distingue por sus extensas áreas protegidas y su escaso número de habitantes (INEGI 2017), por lo que no es de extrañar que González-Abraham y colaboradores (2015) encontraran que la mayor parte del territorio tiene baja huella humana.[2] Estos autores registran que la región de mayor impacto es la extensa área agrícola del valle de Santo Domingo (municipio de Comondú), y que le siguen en importancia las áreas agrícolas del valle de Los Planes y El Carrizal (municipio de La Paz), así como el área agrícola que se encuentra alrededor de Miraflores, entre San José y Santiago (municipio de Los Cabos); también destacan las zonas urbanas de La Paz, Cabo San Lucas y San José del Cabo. No obstante, en general se requiere una valoración continua del impacto

1 Probablemente *Cimex lectularius* (Heteroptera, Cimicidae).
2 Huella humana o huella ecológica es una medida de la fracción de superficie de la tierra que es afectada por las actividades de las personas para fines de habitación, infraestructura, producción de alimentos y bienes, y otros propósitos (Dietz *et al.* 2007).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

de los factores humanos sobre los ecosistemas de la entidad, sobre todo en los humedales.

Factores de presión

Las principales amenazas para los hemípteros en la entidad son el cambio de uso del suelo por la destrucción de los bosques y matorrales para uso agrícola, forestal, ganadero, minero y urbano, que afecta a las especies terrestres (Santiago León *et al*. 2012, Cariño *et al*. 2017); mientras que la sobreexplotación, contaminación y deterioro de los humedales, afecta a las especies acuáticas y semiacuáticas (CONANP 2014). Rosete-Vergés y colaboradores (2008) determinaron que hay una evidente conversión de bosques y matorrales a zonas agrícolas y urbanas en toda la península. Este proceso ha sido documentado por Santiago León y colaboradores (2012) en los alrededores y en el interior de la Reserva de la Biosfera Sierra La Laguna, donde hallaron ciertos niveles de deforestación y degradación del suelo por actividades agrícolas, ganaderas y de explotación forestal. De la superficie que ocupa esta área protegida, entre 1990 y 2004 perdió 15 mil hectáreas de cobertura vegetal (Santiago León *et al*. 2012). Eso es preocupante si se toma en consideración que la mayoría de los hemípteros dependen de las plantas nativas donde encuentran alimento y refugio. Por otra parte, en las sierras La Giganta y Guadalupe se detecta actividad carbonera y deforestación (CONANP 2014, Ruiz-Campos *et al*. 2014).

A pesar de la baja huella humana que experimenta el estado, se prevé un crecimiento poblacional y un mayor impacto de las actividades turísticas y agrícolas, pues la entidad registra un crecimiento poblacional anual de 2.8%, y es visitada cada año por más de 2 millones de turistas (INEGI 2017). En este sentido, se reporta que el crecimiento poblacional sostenido de la ciudad de La Paz exigirá una producción eléctrica contaminante y problemas de abastecimiento de agua en el futuro (Del Castillo 2014).

Por otra parte, Chávez López (2012) llama la atención sobre las presiones que se presentarán para la realización de actividades de explotación de metales y materiales de construcción (arena, grava, piedra y arcilla) en las áreas naturales protegidas (ANP) del estado, dada la reglamentación ambigua en los planes de manejo, y la presión que habrá por la demanda de estos materiales, si se toma en consideración el crecimiento de las ciudades, así como el interés de las compañías extranjeras por explotar el oro, debido a los altos dividendos que tiene este metal y el constante incremento de su precio en el mercado internacional (Rodríguez 2018).

No obstante, se debe tomar en cuenta que dichas actividades se están llevando a cabo actualmente en el estado dentro y fuera de las ANP con todos los problemas ambientales que esto conlleva, entre los que destacan la destrucción de hábitats naturales, así como la contaminación de suelo y de ecosistemas dulceacuícolas y marinos por el depósito de sus desechos al aire libre (Rodríguez 2012, BCS Noticias 2017). En la Reserva de la Biosfera Sierra La Laguna operan 51 plantas ejidales, y en la zona entre La Paz y Los Cabos se extraen rocas basálticas, graníticas y metamórficas, lo que ocasiona problemas ambientales en La Paz, Cabo San Lucas y San José del Cabo (Chávez López 2012). Esas actividades inevitablemente conllevan la destrucción de la vegetación natural. En las sierras de La Giganta y Guadalupe existen 16 concesiones mineras para compañías que no han entrado en operación, pero que lo pueden hacer en algún momento (CONANP 2014).

En cuanto a los hábitats acuáticos, resulta preocupante que 80% de los 50 humedales estudiados por Ruiz-Campos y colaboradores (2014), registre niveles medios a altos de amenaza, puesto que se usan para extraer agua, abrevar ganado, recreación, turismo y pesca, y que únicamente el oasis San Pedrito tenga riesgo muy bajo. De igual forma, en los oasis de las sierras La Giganta y Guadalupe se registran varios factores de deterioro: deforestación, uso no regulado del agua por ganaderos, invasión de velo de María (*Cryptostegia grandiflora*, una planta exótica que desplaza especies nativas y abate los niveles de agua superficial), además de afectación por la introducción de tilapias (*Oreochromis* sp., peces exóticos que desplazan a los peces nativos y alteran el ecosistema acuático; CONANP 2014). Inevitablemente esos factores ambientales afectan profundamente la persistencia de las chinches acuáticas y semiacuáticas a niveles que hace falta valorar.

El uso de insecticidas es otro factor de riesgo, debido a que estos productos pueden afectar a or-

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

ganismos no blanco, como chinches depredadoras terrestres y acuáticas, así como hemípteros herbívoros silvestres; además, estas sustancias pueden reducir la calidad de los cultivos y los suelos (Altieri y Nicholls 2009, Reyes-Sánchez 2015). En este sentido, García (2001) encontró que en el estado se usan dosis de insecticidas por arriba de lo recomendado. Una amenaza más para los hemípteros lo constituye el cambio climático (Elias 1991, Liebhold y Bentz 2011), pues este factor puede provocar la extirpación local de ciertas poblaciones y promueve un cambio de su distribución hacia zonas menos cálidas (hacia zonas más altas de cerros y montañas, y hacia latitudes más norteñas).

Por último, la falta de educación ecológica adecuada a todos los niveles promueve una indiferencia y aversión hacia los insectos en general, y hacia los hemípteros en particular, lo cual provoca que éstos sean sacrificados o en el mejor de los casos, ahuyentados (Waldron 1962, Nash 2004, Romero-Mata y Cano-Santana 2016). Este es un aspecto que se acentúa aún entre los propios naturalistas con las especies parásitas y las que se alimentan de sangre (Nichols y Gómez 2011, Pérez *et al*. 2013), sin que se tome en consideración el papel que tienen en los ecosistemas naturales como mecanismo de control, así como su derecho a ser reconocidas como un componente importante de la biodiversidad, tal como es el caso de la chinche piedrera, una especie emblemática de Baja California Sur.

Acciones para su conservación

Para aminorar y revertir los impactos del cambio de uso del suelo, Santiago León y colaboradores (2012) indicaron que es necesario restringir la intensidad de actividades agrícolas, ganaderas y forestales; asimismo, en el caso de la ganadería extensiva, no permitir que la actividad se desarrolle por encima de la capacidad de los ecosistemas forestales para recuperarse. Del mismo modo, se sugiere la implementación de un programa de manejo integral que incorpore actividades de reforestación con especies nativas (Santiago León *et al*. 2012). Aunque estas actividades están formuladas para las tierras que se encuentran en los alrededores de la Reserva de la Biosfera Sierra La Laguna, es deseable implementarlas en el resto de los bosques y matorrales que han sido deteriorados o destruidos en la entidad. Por su parte, Chávez López (2012) propone fortalecer la redacción de los planes de manejo para que garanticen que las ANP estén exentas de los profundos efectos de la actividad minera, incluso de la que llevan a cabo los ejidatarios; asimismo, recomienda que existan instrumentos que garanticen el cumplimiento de las normas.

Respecto a los problemas de deterioro de los humedales que afectan a los heterópteros y otros organismos acuáticos, Gámez y colaboradores (2014) proponen las siguientes acciones: 1) implementar obras de captación y retención de agua para usarla en los abrevaderos durante la época de sequía; 2) reconocer los límites que el ambiente impone a la ganadería; 3) impulsar el turismo sustentable basado en un manejo responsable del agua; y 4) impulsar una cultura del agua entre los lugareños que permita reconocer su valor y su escasez. Asimismo, sería deseable implementar programas de control de la planta velo de María y de las tilapias para salvaguardar la integridad de los humedales.

Para reducir el uso de insecticidas químicos en los campos agrícolas se recomienda el uso de insecticidas artesanales a base de neem (*Azadirachta indica*) u otras plantas, los cuales no contaminan el ambiente (INIFAP 2017). García y colaboradores (2014) probaron con éxito extractos de las plantas conocidas como higuerilla (*Ricinus communis*) y anona (*Annona squamosa*) para controlar la plaga de una mosquita blanca (Aleyrdodidae). Asimismo, se recomienda el uso de enemigos naturales, como parasitoides y depredadores especialistas en atacar solo a los organismos blanco, sin ocasionar daños colaterales.

Uno de los retos más importantes es sensibilizar a los habitantes y turistas sobre la importancia y los servicios ecosistémicos que proveen todos los hemípteros, sea cual sea su hábito (herbívoro, depredador, parásito, hematófago, terrestre o acuático). Un insectario que muestre hemípteros vivos (que incluya a la emblemática chinche piedrera) y ejemplares en seco, podría fortalecer los lazos entre los sudcalifornianos y sus visitantes con estos maravillosos insectos, bajo la premisa de que no se puede conservar lo que no se conoce. La belleza no puede basarse únicamente en el aprecio por los animales afelpados y plumosos (mamíferos y aves). Hay que ampliar la cultura biológica de todas y todos.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Es importante diseñar estrategias municipales y estatales para el combate al cambio climático. En ese aspecto, el estado está a la vanguardia con los programas establecidos en el Plan Estatal de Acción ante el Cambio Climático para Baja California Sur (Ivanova y Gámez 2012), así como en la Ley de Equilibrio Ecológico y Protección del Ambiente del Estado de Baja California Sur (Gobierno del Estado 2018), la cual incorpora el concepto de cambio climático. Asimismo, el estado tiene un sistema muy robusto de ANP, integrado por 12 áreas de jurisdicción federal. No obstante, los ecosistemas de las sierras La Giganta y Guadalupe están aún sin proteger. Es completamente recomendable impulsar la iniciativa de proteger esta área como reserva de la biosfera (CONANP 2014), lo cual sería sumamente benéfico para las especies y ecosistemas que en ella habitan, lo que incluye por supuesto a múltiples hemípteros terrestres y acuáticos.

Conclusiones

El estado alberga una diversa fauna de chinches, pulgones, mosquitas blancas, chicharritas, cochinillas, garapitos y cigarras, las cuales se distribuyen en los ecosistemas terrestres y de agua dulce de los cinco municipios. Su rica fauna alberga al menos a cuatro especies de hemípteros endémicos al país, una de las cuales se distribuye solo en la entidad: la chinche piedrera *Dipetalogaster maximus*. En general, los hemípteros tienen relevancia ecológica, como presas, hospederos, herbívoros, parásitos, depredadores y comedores de sangre, y mantienen relaciones amigables con las hormigas. Además, son de importancia agrícola porque algunas de sus especies constituyen severas plagas y transmiten enfermedades a las plantas cultivadas.

Asimismo, son de importancia médica, pues al menos tres especies transmiten el mal de Chagas. Sin embargo, muchas de sus especies son benéficas debido a que se ocupan para controlar malezas, y se obtienen de ellas varios productos comerciales (p.e. tinte rojo, laca y cera).

Las principales amenazas para estos insectos son: 1) la destrucción de sus hábitats de vegetación natural; 2) el deterioro de los hábitats acuáticos por explotación de agua, ganadería y turismo; 3) la contaminación de ambientes por insecticidas y actividades mineras; 4) la incidencia de especies invasoras (*Cryptostegia grandiflora* y *Oreochromis* sp.); 5) el cambio climático; y 6) la aversión a estos insectos.

Entre las principales acciones de conservación que ayudarán a proteger a estos insectos se encuentran: 1) restringir las actividades agrícolas, ganaderas y forestales en las ANP; 2) reforestar con especies nativas las áreas deterioradas; 3) fortalecer los planes de manejo para controlar la actividad minera; 4) establecer instrumentos que garanticen el cumplimiento de la normas de protección; 5) implementar obras de captación de agua; 6) impulsar el turismo sustentable basado en un manejo responsable del agua; 7) implementar programas de control de especies exóticas; 8) reducir el uso de insecticidas químicos y utilizar alternativas de control de plagas; 9) establecer programas que permitan a los habitantes y turistas conocer de cerca la vida de los hemípteros; 10) consolidar las estrategias municipales y estatales para el combate al cambio climático; y 11) impulsar la creación de una ANP en las sierras La Giganta y Guadalupe.

Agradecimientos

Este trabajo está dedicado a la memoria de la entrañable María Ayala López de Lara (1987-2021), quien fue destacada coordinadora de investigación en Acción Ciudadana Frente a la Pobreza, participó de manera entusiasta en el proyecto de "Restauración ecológica de los pedregales de Ciudad Universitaria, UNAM" y enseñó a muchos a ver la vida a través del baile. Agradecemos el apoyo técnico brindado por Marco Antonio Romero-Romero, Iván Castellanos-Vargas y Jazmín E. López Aguilar. A Ángeles Marcelo, Genoveva Maciel, María Luisa Jiménez Jiménez, Yssel Gadar Aguayo, Juan Pablo Camacho Ruedas y Víctor Rodríguez, quienes nos ayudaron a buscar reportes de chinche de cama en el estado. A Laura Cárdenas y al Banco de imágenes CONABIO les agradecemos las facilidades para utilizar sus fotos. Erika Daniela Melgarejo y Andrea Cruz Angón hicieron posible que esta contribución saliera a la luz en este libro.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Referencias

Altieri, M.A. y C.I. Nicholls. 2009. *Biodiversidad y manejo de plagas en agroecosistemas*. Icaria, Barcelona.

Bazin, E.A. 2015. *Ecology and conservation of the butterfly Thestor brachycerus brachycerus (Trimen, 1883) from the Western Cape*. Tesis de maestría en ciencias ambientales. North-West University, Potchefstroom.

Brambila, J. y G.S. Hodges. 2008. Bugs (Hemiptera). En: *Encyclopedia of entomology*. J.L. Capinera (ed.). Springer, Dordrecht, pp. 591-611.

BCS Noticias. 2017. *Contaminación en la mar de Cortés podría acabar con la vida marina en zonas de BCS*. En: <https://www.bcsnoticias.mx/contaminacion-mar-cortes-podria-acabar-la-vida-marina-zonas-bcs/>, última consulta: 15 de mayo de 2019.

Brusca, R.C. y G.J. Brusca. 2002. *Invertebrates*. Sinauer, Massachusetts.

Cannet, A., M. Akhoundi, J.M. Berenger *et al.* 2015. A review of data on laboratory colonies of bed bugs (Cimicidae), an insect of emerging medical relevance. *Parasite* 22(21):1-7.

Cano-Santana, Z. y A. Romero-Mata. 2016. Chinches y chicharritas (Hemiptera). En: *La biodiversidad en la Ciudad de México*. Vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp. 306-313.

Cano-Santana, Z., A. Romero-Mata, L.E. Juárez-Sotelo *et al.* 2020. El papel de los animales invertebrados en la cultura morelense. En: *La biodiversidad en Morelos. Estudio de Estado 2*. Vol. II. CONABIO, México, pp. 258-269.

Capinera, J.L. (ed.). 2008. *Encyclopedia of entomology*. Springer, Dordrecht.

Cariño, M., L. Castorena y R.E. Rodríguez. 2017. Patrimonio cultural ranchero de las sierras La Giganta y Guadalupe, BCS, México. *Áreas Naturales Protegidas Scripta* 3:9-36.

Chávez López, S. 2012. Recursos minerales, recursos pétreos. En: *Evaluación de la Reserva de la Biosfera Sierra La Laguna, Baja California Sur: avances y retos*. A. Ortega-Rubio, M. Lagunas-Vázques y L.F. Beltrán-Morales (eds.). CIBNOR, La Paz, pp. 303-327.

CITES. Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. 2017. *Apéndices I, II y III. Secretaría de la CITES*. En: <http://www.marn.gob.sv/descargas/apendices-cites-cites-2013/?wpdmdl=19317>, última consulta: 20 de julio de 2021.

CONANP. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 2014. *Reserva de la Biosfera Sierras La Giganta y Guadalupe. Estudio previo justificativo para la declaratoria como área natural protegida*. CONANP, México.

Cuda, J.P. 2008. Biological control of weeds. En: *Encyclopedia of entomology*. J.L. Capinera (ed.). Springer, Dordrecht, pp. 501-506.

Del Castillo, A. 2014. *La Paz, una capital pequeña pero muy contaminada*. En: <https://www.milenio.com/estados/la-paz-una-capital-pequena-pero-muy-contaminada>, última consulta: 20 de junio de 2021.

Dietz, T., E.A. Rosa y R. York. 2007. Driving the human ecological footprint. *Frontiers in Ecology and the Environment* 5:13-18.

Elias, S.A. 1991. Insects and climate change. *Bioscience* 41:552-559.

Gadar, Y.A. 2021. Maestra en ciencias en uso, manejo y preservación de recursos naturales por el CIBNOR. Consultora independiente en asuntos de ambiente y comunidad. Comunicación personal, agosto.

Gajski, D. y S. Pekár. 2021. Assessment of the biocontrol potential of natural enemies against psyllid populations in a pear tree orchard during spring. *Pest Management Science* 77:2358-2366.

Galina Tessaro, P., D. López, S. Álvarez *et al.* 2015. *Contribución a la distribución, ecología y estado de conservación de dos especies del género Sceloporus, endémicas de la región del Cabo, Baja California Sur*. Informe final SNIB-CONABIO, proyecto No. HK012. CIBNOR, La Paz.

Gámez, A.E., H. Wurl y J.C. Graciano. 2014. Disponibilidad y uso del agua en el oasis de los Comondú, Baja California Sur: retos y oportunidades para el desarrollo rural. *Región y Sociedad* 26(60):166-190.

García, J.L. 2001. *Evaluación de la fitotoxicidad ocasionada por insecticidas en chile (Capsicum annum L) cv. ancho San Luis y tomate (Lycopersicon esculentum) cv. río Grande en La Paz, BCS (México)*. CIBNOR, La Paz.

García, L.V., G.A. Soto y T. Bacca. 2014. Efecto insecticida de productos alternativos en *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae). *Revista Colombiana de Entomología* 40(2):143-147.

García-Hernández, J.L., H. Fraga-Palomino, B. Murillo-Amador *et al.* 2009. Monitoreo de plagas potenciales en hortalizas orgánicas en la zona serrana de Comondú, BCS. *Entomología Mexicana* 8:561-564.

Gobierno del Estado. 2018. *Ley de Equilibrio Ecológico y Protección del Ambiente del Estado de Baja California Sur*. Publicada el 30 de noviembre de 1991 en el Boletín del Gobierno del Estado de Baja California Sur. Última reforma publicada el 12 de diciembre de 2018.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

González-Abraham, C., E. Ezcurra, P.P. Garcillán *et al.* 2015. The human footprint in Mexico: physical geography and historical legacies. *PLOS ONE* 10(3):e0121203.

Henry, T.J. 2012. Revision of the plant bug genus *Tytthus* (Hemiptera, Heteroptera, Miridae, Philinae). *Zookeys* 200:1-114.

INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2017. *Anuario Estadístico y Geográfico de Baja California Sur 2017*. INEGI, México.

INIFAP. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. 2017. *Agenda Técnica Agrícola de Baja California Sur*. SAGARPA/COFUPRO/INIFAP, México.

Ivanova, A. y A.E. Gámez (eds.). 2012. *Plan Estatal de Acción ante el Cambio Climático para Baja California Sur*. UABCS/CIBNOR/CICESE/CICIMAR/SEMARNAT/CONACYT/Instituto Nacional de Ecología/Gobierno del Estado de Baja California Sur, La Paz.

Jiménez, M.L. 2021. Investigadora titular en el área de Planeación Ambiental y Conservación del CIBNOR. Comunicación personal, julio.

Jiménez, M.L. y C. Palacios. 1999. Incidencia de chinche piedrera (*Dipetalogaster maximus*) (Hemiptera: Heteroptera: Reduviidae) vector de *Trypanosoma cruzi* en zonas urbanas de la Paz Baja California Sur, México. *Anales del Instituto de Biología-UNAM* serie zoología 70:215-221.

Jiménez, M.L., J. Llinas y C. Palacios. 2003. Infection rates in *Dipetalogaster maximus* (Reduviidae: Triatomidae) by *Trypanosoma cruzi* in the Cape Region, Baja California Sur, México. *Journal of Medical Entomology* 40:18-21.

Li, H., J.M. Leavengood, E.G. Chapman *et al.* 2017. Mitochondrial phylogenomics of Hemiptera reveals adaptive innovations driving the diversification of true bugs. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 284(1862):20171223.

Liebhold, A. y B. Bentz. 2011. *Insect disturbance and climate change*. En: <www.fs.usda.gov/ccrc/topics/insect-disturbance/insect-disturbance>, última consulta: 21 de febrero de 2020.

Llinas-Gutiérrez, J. y M.L. Jiménez. 2004. Arañas de humedales del sur de Baja California, México. *Anales del Instituto de Biología-UNAM* serie zoología 75:283-302.

Llorente-Bousquets, J. y S. Ocegueda. 2008. Estado del conocimiento de la biota. En: *Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad*. CONABIO, México, pp. 283-322.

Martínez, I., P. Díaz-Garrido y B. Espinoza. 2019. Análisis filogenético de una lisozima de *Triatoma* (*Meccus*) *pallidipennis* Stat, 1872 (Hemiptera: Reduviidae), vector de la enfermedad de Chagas en México. *Entomología Mexicana* 6:573-579.

McGavin, G.C. 2002. *Entomología esencial*. Ariel, Barcelona.

Myartseva, S.N., E. Ruíz-Cancino y J.M. Coronado-Blanco. 2016. Aphelinidae (Hymenoptera: Chalcidoidea) de Baja California Sur, México con la descripción de una nueva especie de *Coccobius*. *Acta Zoológica Mexicana* nueva serie 32:153-157.

Nash, S. 2004. Desperately seeking charisma: improving the status of invertebrates. *BioScience* 54:487-494.

Nichols, E. y A. Gómez. 2011. Conservation education needs more parasites. *Biological Conservation* 144:937-941.

Ochoa-Cortés, F., M.M. Martínez-Morales, E.R. Franco-Hernández *et al.* 2020. Enfermedad de Chagas y células gliales entéricas. *Ciencia Huasteca, Boletín Científico de la Escuela Superior de Huejutla* 8(16):40-51.

OSIAP. Organismos de Sanidad e Inocuidad Agroalimentaria para el Productor. 2021. *Campaña contra cochinilla rosada*. En: <http://osiap.org.mx/senasica/sector-estado/baja_california_sur/Agricola>, última consulta: 19 de julio de 2021.

Palacino-Rodríguez, F., M. Altamiranda-Saavedra, D.A. Palacino y A.C. Penagos. 2020. Ecology of *Mesamphiagrion laterale* (Odonata: Coenagrionidae): abundance, reproduction and interactions with co-occurring species. *International Journal of Odonatology* 23:165-182.

Pérez, J.M., I. Sánchez y R.L. Palma. 2013. The dilemma of conserving parasites: the case of *Felicola* (*Lorisicola*) *isidoroi* (Phthiraptera: Trichodectidae) and its host, the endangered Iberian lynx (*Lynx pardinus*). *Insect Conservation and Diversity* 6:680-686.

Qin, T.K. 1997. The pela wax scale and commercial wax production. En: *Soft scale insects: their biology, natural enemies and control*. Y. Ben-Dov y C.J. Hodgson (eds.). Elsevier, Ámsterdam.

Rentokil. 2021. *Control de plagas en Baja California Sur*. En: <https://www.rentokil.com/mx/control-de-plagas-baja-california-sur/>, última consulta: 16 de julio de 2021.

Reyes-Sánchez, R.G. 2015. *Control químico del psílido asiático de los cítricos Diaphorina citri Kuwayama*. Tesis de licenciatura. UABCS, Baja California Sur.

Reynoso-Velasco, D. y R.W. Sites. 2018. Revision of the *Ambrysus pulchellus* Montandon species complex (Heteroptera: Nepomorpha: Naucoridae). *Zootaxa* 4442:351-377.

Ribes, E., M. Goula y X. Jeremías. 2008. Assassin bugs, kissing bugs and others (Hemiptera: Reduviidae). En: *Encyclopedia of entomology*. J.L. Capinera (ed.). Springer, Dordrecht, pp. 311-319.

Rodríguez, N.G. 2012. *Retoman proyecto minero en BCS*. En: <http://archivo.eluniversal.com.mx/notas/869310.html>, última consulta: 20 de julio de 2021.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

—. 2018. *Protestan contra proyecto minero en área protegida de Baja California Sur*. En: <https://www.eluniversal.com.mx/estados/protestan-contra-proyecto-minero-en-area-protegida-de-baja-california-sur>, última consulta: 20 de julio de 2021.

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.

Rosete-Vergés, F.A., J.L. Pérez Damián y G. Bocco. 2008. Cambio de uso del suelo y vegetación en la Península de Baja California, México. *Boletín del Instituto de Geografía* 67:39-58.

Ruiz-Campos, G., A. Andreu, M.R. Vidal-Abarca Gutiérrez *et al.* 2014. *Catálogo de humedales dulceacuícolas de Baja California Sur, México*. SEMARNAT/INECC, México.

Sanborn, A. 2008. Cicadas (Hemiptera: Cicadoidea). En: *Encyclopedia of entomology*. J.L. Capinera (ed.). Springer, Dordrecht, pp. 710-714.

Santiago León, F., M. Lagunas-Vázques y A. Ortega-Rubio. 2012. Diagnosis de la deforestación y restauración de la cobertura de la vegetación de la reserva de la biosfera posterior a su decreto. En: *Evaluación de la Reserva de la Biosfera Sierra La Laguna, Baja California Sur: avances y retos*. A. Ortega-Rubio, M. Lagunas-Vázques y L.F. Beltrán-Morales (eds.). CIBNOR, La Paz, pp. 331-352.

Schlafke, K. 2020. *Fishes of the Dakotas*. Tesis de maestría. South Dakota State University, Brookings.

Schuh, R.T. 2021. *On-line species pages of Heteroptera (Insecta)*. En: <http://research.amnh.org/pbi/heteropteraspecies-page/speciesdetails.php?family=Naucoridae&genusid=73691&speciesid=85543>, última consulta: 24 de agosto de 2021.

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.

Serrano-Montes, J.L., J.A. Olmedo-Cobo, J. Gómez-Zotano y E. Martínez-Ibarra. 2018. *Dactylopius opuntiae* vs. *Opuntia ficus-indica* en España: análisis espacio-temporal y repercusiones paisajísticas a través de los medios de comunicación *on-line*. *Anales de Geografía de la Universidad Complutense* 38:195-217.

Song, N., S. An, X. Yin *et al.* 2016. Application of RNA-seq for mitogenome reconstruction and reconsideration of long-branch artifacts in Hemiptera phylogeny. *Scientific Reports* 6:33465.

Torres Huerta, B. y V. López Gómez. 2020. Chinches (Heteroptera). En*: La biodiversidad en Morelos. Estudio de Estado 2*. Vol. II. CONABIO, México, pp. 137-143.

Waldron, W.G. 1962. The role of the entomologist in delusory parasitosis (entomophobia). *Bulletin of the Entomological Society of America* 8(2):81-83.

Zhang, Z.Q. 2013. *Phylum* Arthropoda. En: Animal biodiversity: an outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness (addenda 2013). *Zootaxa* 3703:17-26.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Escarabajos (Coleoptera)

Cisteil Xinum Pérez Hernández

Luciérnagas... Las llamo estrellas verdes a ras de tierra, lámparas que se mueven, faros errantes, hierba que al encenderse levanta el vuelo.
José Emilio Pacheco, *Cocuyos*

Descripción

El orden Coleoptera (Insecta), cuyos miembros tienen una enorme diversidad morfológica, ecológica y conductual, y que incluyen entre otros a los mayates las catarinas, los escarabajos peloteros y los escarabajos de antenas largas (figura 1), se considera el grupo animal más exitoso porque abarca cerca de 39% de la diversidad de todos los insectos y 25% de toda la diversidad animal mundial (Crowson 1960, Zhang 2013). Desde su origen, hace aproximadamente 285 millones de años (Grimaldi y Engel 2005), los coleópteros han habitado en la mayoría de los ecosistemas terrestres y de agua dulce, e inclusive en algunos ambientes marinos. En la actualidad, son elementos importantes en los ecosistemas, ya sean naturales o artificiales, y suelen utilizarse como indicadores de la salud de los ecosistemas y en evaluaciones de la biodiversidad, por ejemplo las familias Carabidae (escarabajos del suelo y escarabajos tigre) y Scarabaeidae (mayates y escarabajos peloteros; Bouchard *et al.* 2017).

Debido a su historia evolutiva –que involucra su asociación con plantas con flores y mamíferos en respuesta a los cambios climáticos o geológicos que ocurrieron en el Cretácico– los coleópteros pudieron diversificarse más que otros grupos biológicos (Hunt *et al.* 2007, Bouchard *et al.* 2017). Otros factores importantes para su éxito y diversificación fueron: 1) el desarrollo de los élitros (par de alas endurecidas que actúan como un escudo), que les proveen protección frente a situaciones de estrés ambiental y de depredación; y 2) la metamorfosis, en la cual su ciclo biológico está marcado por un cambio de forma en cada fase.

La metamorfosis de los coleópteros se considera completa debido a que inicia desde el huevo, pasa por dos estadios inmaduros (larva y pupa), y finalmente llega a la condición de madurez completa o plena (adulto; Costa e Ide 2006). Cada uno de esos estadios tiene a su vez distintas etapas, además de cambios fisiológicos y morfológicos. Gracias a su metamorfosis, los coleópteros pueden habitar en un ambiente distinto en cada estadio y/o se pueden alimentar (excepto cuando son pupas) de distintos tipos de recursos.

De acuerdo con Arnett (2001), el cuerpo de los coleópteros (como el de todos los artrópodos) presenta varios segmentos a lo largo del cuerpo y está cubierto de un esqueleto externo (exoesqueleto) compuesto por quitina. Dicho exoesqueleto se divide en distintas placas o escleritos, separadas por una capa delgada y flexible (sutura). Principalmente, los coleópteros adultos se caracterizan por tener tres pares de patas; cuerpo dividido en cabeza, tórax y abdomen; y por poseer

Pérez-Hernández, C.X. 2025. Escarabajos (Coleoptera). En: *La biodiversidad en Baja California Sur. Estudio de Estado*. Vol. II. CONABIO/FFB, México, pp. 247-257.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

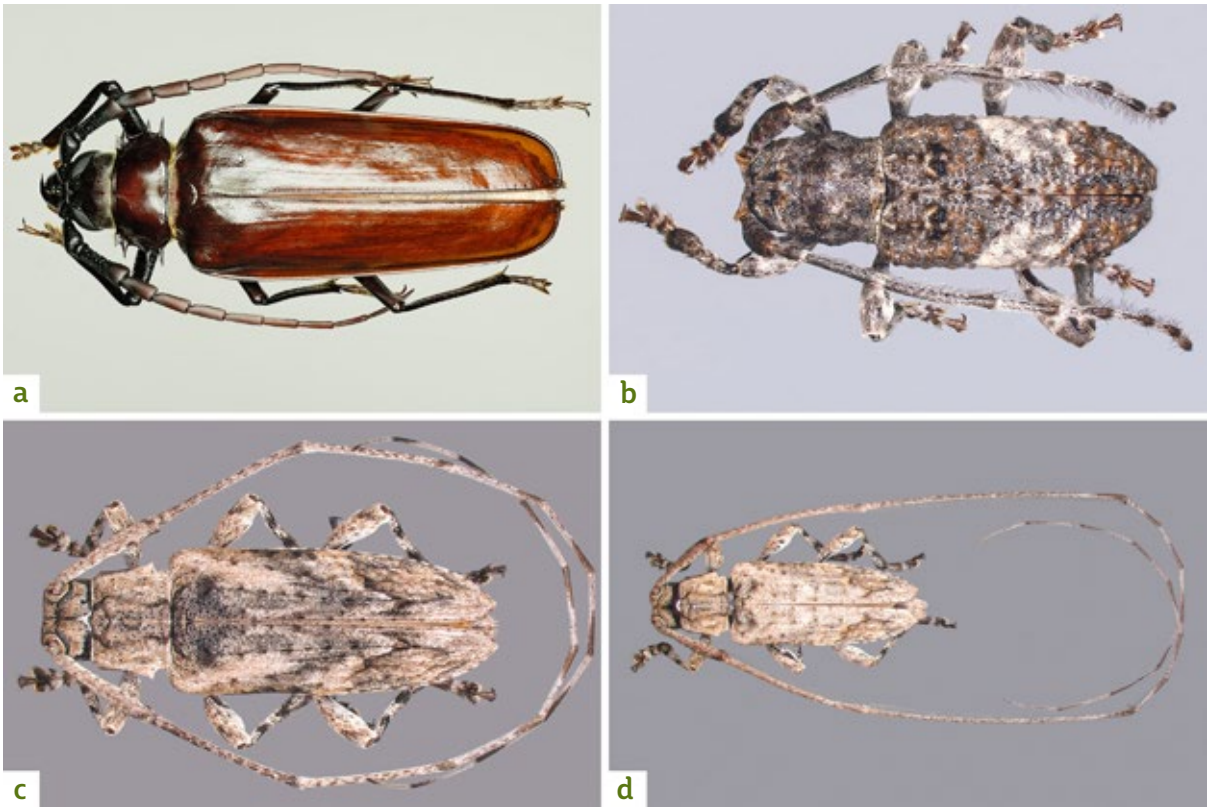


Figura 1. Distintas especies de escarabajos de antenas largas (Cerambycidae) presentes en Baja California Sur: a) *Derobrachus hovorei*; b) *Ecyrus pacificus*; c) *Mecotetartus antennatus* hembra; d) *Mecotetartus antennatus* macho. Fotos: Enrique Ramírez García.

dos pares de alas. Al par de alas más externo se le denomina élitros, que pueden cubrir o no el abdomen por completo y están endurecidos, lo que funciona como una cubierta de protección para el cuerpo del coleóptero cuando ambos élitros están cerrados; en cambio, las alas internas son membranosas y pueden funcionar para el vuelo o estar reducidas. Usualmente, las alas membranosas pueden doblarse para permanecer ocultas bajo los élitros.

La cabeza de los coleópteros tiene un par de antenas divididas en siete o más segmentos llamados antenómeros, y pueden presentarse en formas muy variadas (p.e. plumosas, en forma de abanico, de láminas o de hilos, clavada, semiesférica o globosa, serrada). Las partes bucales de los coleópteros son de tipo masticador (similares a las de los grillos), con formas adaptadas para los diversos recursos alimenticios (tejidos vegetales, estructuras florales como néctar o polen, madera, presas, hongos y otros). Los ojos son compuestos (tienen varias lentes) y pueden estar en distintas formas y tamaños; en ocasiones, también pueden haber *ocelli* u ojos con una sola lente, y muy rara vez los ojos pueden estar ausentes.

Sus patas se componen por distintos segmentos llamados trocantin, coxa, trocánter, fémur, tibia y tarsos. Usualmente, tienen de tres a cinco segmentos (tarsos) en el extremo final de sus patas y presentan uñas en el último de éstos. En general, el abdomen tiene entre cinco y ocho segmentos visibles ventralmente; mientras que algunos más están modificados y forman parte del aparato reproductor de hembras y machos adultos.

De acuerdo con Costa e Ide (2006), las larvas de los coleópteros tienen formas muy variadas y presentan la cabeza y el cuerpo duro, debido a que tienen un exoesqueleto muy grueso. Asimismo, cuentan con algunos apéndices de formas y posiciones variables como sus antenas, mientras que en el tórax se presenta un par de patas en cada uno de los tres segmentos que lo componen. El abdomen presenta de

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

8 a 10 segmentos y, a diferencia de otros insectos (como las mariposas y polillas del orden Lepidoptera), éstos carecen de falsas patas. De acuerdo con sus hábitos alimenticios, las larvas pueden encontrarse en gran variedad de hábitats terrestres y acuáticos; pueden ser fitófagas (consumen tejidos vegetales), xilófagas (madera), necrófagas (tejidos muertos o en descomposición), coprófagas (excretas de animales vertebrados), depredadoras, parásitas y algunas infestan granos almacenados y otros productos. Así, se les puede observar en el suelo, en distintas partes de las plantas, bajo las piedras, en los lechos de los cuerpos de agua, en excremento, como parásitos de otros animales, asociados con hongos, entre muchos otros hábitats.

Diversidad

En el mundo se han descrito cuatro subórdenes (Archostemata, Myxophaga, Adephaga y Polyphaga), 176 familias y aproximadamente 400 mil especies de coleópteros (Bouchard *et al.* 2011, Zhang 2013). Las familias más diversas por su número de especies son: Staphylinidae, Curculionidae, Carabidae, Chrysomelidae, Cerambycidae y Scarabaeidae. A nivel nacional, se han registrado aproximadamente 114 familias y 15 mil especies de coleópteros, y se estima que la cifra podría duplicarse si se incrementa el esfuerzo en los estudios entomológicos de campo y de gabinete (Navarrete-Heredia y Fierros-López 2001, Morrone y Márquez 2008, Llorente-Bousquets y Ocegueda 2008). Para Baja California Sur, hace más de una década se documentó una riqueza de 89 especies (Llorente-Bousquets y Ocegueda 2008), y en fechas más recientes Zaragoza-Caballero y colaboradores (2019) registraron 440 especies correspondientes a las 16 familias mejor estudiadas en el país, ubicando al estado en el lugar 19 de riqueza de especies de Coleoptera.

De acuerdo con la compilación realizada para este manuscrito, un total de 62 familias, 534 géneros y 1 090 especies y subespecies (de las cuales 1 047 son especies identificadas; apéndice 18) de coleópteros han sido documentadas para Baja California Sur hasta 2019 (cuadro 1), y 26% (279) de esta riqueza total se considera endémico al país. La diversidad de coleópteros registrada en el territorio sudcaliforniano representa 7.2% de la riqueza total nacional y 0.27% a nivel mundial. Las familias más diversas en el territorio sudcaliforniano son: Tenebrionidae (69 géneros y 187 especies), Chrysomelidae (74, 179), Cerambycidae (57, 82; figura 1), Carabidae (45, 78), Scarabaeidae (31, 76), Buprestidae (14, 63), Curculionidae (35, 56) y Staphylinidae (33, 55; figura 2).

Entre los géneros, los de mayor riqueza en la entidad son: *Pachybrachis* (Chrysomelidae) y *Tricorynus* (Ptinidae) con 21 especies documentadas cada uno; *Eusattus* (Tenebrionidae) con 20; *Eleodes* (Tenebrionidae) con 19; *Acmaeodera*, *Agrilus* y *Chrysobothris* (Buprestidae) con 15, 14 y 13 respectivamente; *Acanthoscelides* (Chrysomelidae) y *Argoporis* (Tenebrionidae) con 12 cada uno; *Cymatodera* (Cleridae), *Epicauta* (Meloidae) y *Diplotaxis* (Scarabaeidae) con 11 cada uno; y *Acoma*, *Phyllophaga* (Scarabaeidae) y *Xeranobium* (Ptinidae) con 10 especies cada uno. Los géneros restantes tienen nueve o menos especies cada uno. Cabe señalar que muchas especies no fueron añadidas a la lista compilada, debido a que su distribución menciona Baja California, Lower California o Península de Baja California, lo que no especifica si se distribuyen en uno o los dos estados de la península, ni en cuál de ellos.

Distribución

Los coleópteros en la entidad se encuentran presentes en los cinco municipios, así como en los distintos conjuntos de islas, y han sido observados en casi 300 localidades. De todos, el municipio de La Paz presentó la mayor riqueza de especies (301), seguido de Los Cabos (253; cuadro 2). Un total de 10 familias, 182 géneros y 525 especies documentadas solo tienen registro a nivel estatal, es decir, la fuente consultada no especifica en qué localidad dentro del estado se recolectaron. El estado es el noveno en extensión superficial, por encima de Veracruz y Chiapas, e históricamente es uno de los menos explorados en cuanto a fauna de insectos se refiere. Sin duda, es necesario incrementar esfuerzos para aumentar el número de localidades estudiadas.

Importancia

Muchas de las familias de coleópteros que se distribuyen en el territorio estatal llevan a cabo funciones

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Cuadro 1. Riqueza de géneros, especies, subespecies y endemismos pertenecientes a las 62 familias de Coleoptera registradas en este trabajo para Baja California Sur.

Familia	Géneros	Especies	Subespecies	Endemismos
Anthicidae	3	5		
Anthribidae	1	1		
Bostrichidae	7	7		
Brachypsectridae	1	1		
Brentidae	1	2		
Buprestidae	14	63	3	10
Cantharidae	4	4		1
Carabidae	45	78	13	3
Cerambycidae	57	82	9	37
Chrysomelidae	74	179	20	24
Ciidae	2	3		
Cleridae	12	25	1	8
Coccinellidae	9	12		
Cryptophagidae	1	1		1
Curculionidae	35	56		1
Dascillidae	1	1		
Dermestidae	2	2		
Dryophthoridae	6	7	1	
Dryopidae	1	1		
Dytiscidae	22	46	6	
Elateridae	7	9		1
Elmidae	5	5		1
Endomychidae	1	1		
Epimetopidae	1	1		
Erotylidae	2	2		
Georissidae	1	1		
Geotrupidae	3	4	1	2
Glaresidae	1	4		2
Gyrinidae	2	3	1	
Haliplidae	1	1		
Heteroceridae	1	1		
Histeridae	7	10		4
Hybosoridae	1	1		
Hydraenidae	2	7		
Hydrophilidae	15	37	4	
Laemophloeidae	1	1		
Lampyridae	2	2		
Latridiidae	2	3		1
Limnichidae	1	1		
Lycidae	4	4		2

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Cuadro 1. Continuación.

Familia	Géneros	Especies	Subespecies	Endemismos
Lymexylidae	1	1		
Meloidae	12	27	4	12
Mycetophagidae	1	1		
Nitidulidae	3	4		3
Noteridae	1	2		
Oedemeridae	4	9		3
Phalacridae	3	3		1
Phengodidae	1	1		
Psephenidae	1	1		1
Ptinidae	4	33		
Salpingidae	2	3		
Scarabaeidae	31	76	4	26
Schizopodidae	1	1		
Silphidae	1	1		
Staphylinidae	33	55	1	8
Telegeusidae	1	1		1
Tenebrionidae	69	187	25	126
Tetratomidae	1	1		
Throscidae	1	1		
Trogidae	2	4	1	
Trogossitidae	2	3		
Zopheridae	1	1		
Total	**534**	**1 090**	**94**	**279**

Fuente: elaboración propia.

ecológicas importantes en los hábitats que ocupan, como la polinización (p.e. los escarabajos joya de la familia Buprestidae, los escarabajos de antenas alargadas de Cerambycidae, y los escarabajos mono de Scarabaeidae), el control de plagas y malezas (p.e. los coleópteros del suelo de Carabidae, las catarinas de Coccinellidae, los errantes de Staphylinidae, escarabajos de las hojas de Chrysomelidae, y gorgojos de Curculionidae), distintos procesos de descomposición de materia orgánica (p.e. Carabidae, Scarabaeidae, y los escarbadores de Geotrupidae), e influyen en la forma en que se estructuran las poblaciones y comunidades de otras especies de vida silvestre (p.e. Carabidae, Cerambycidae, y los escarabajos acuáticos de Dytiscidae).

Por otro lado, un total de 11 especies de coleópteros registradas en el estado se consideran introducidas, invasoras o plagas (cuadro 3). Algunos ejemplos son:

- El barrenador gigante de las palmas (*Dinapate wrightii*, Bostrichidae), que ha generado problemas en Arizona y California (Falcón-Brindis *et al.* 2016).
- El picudo del agave (*Scyphophorus acupunctatus*, Dryophthoridae) y la plaga de los cactus o picudo del nopal (*Cactophagus spinolae*, Dryophthoridae; figura 3), que causan importantes pérdidas económicas en el cultivo de Agavaceae y en las poblaciones de nopal y otros cactus, respectivamente (Maya *et al.* 2011, López-Martínez *et al.* 2016).
- El escarabajo estercolero africano (*Digitonthophagus gazella*, Scarabaeidae) y el rodacacas africano

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

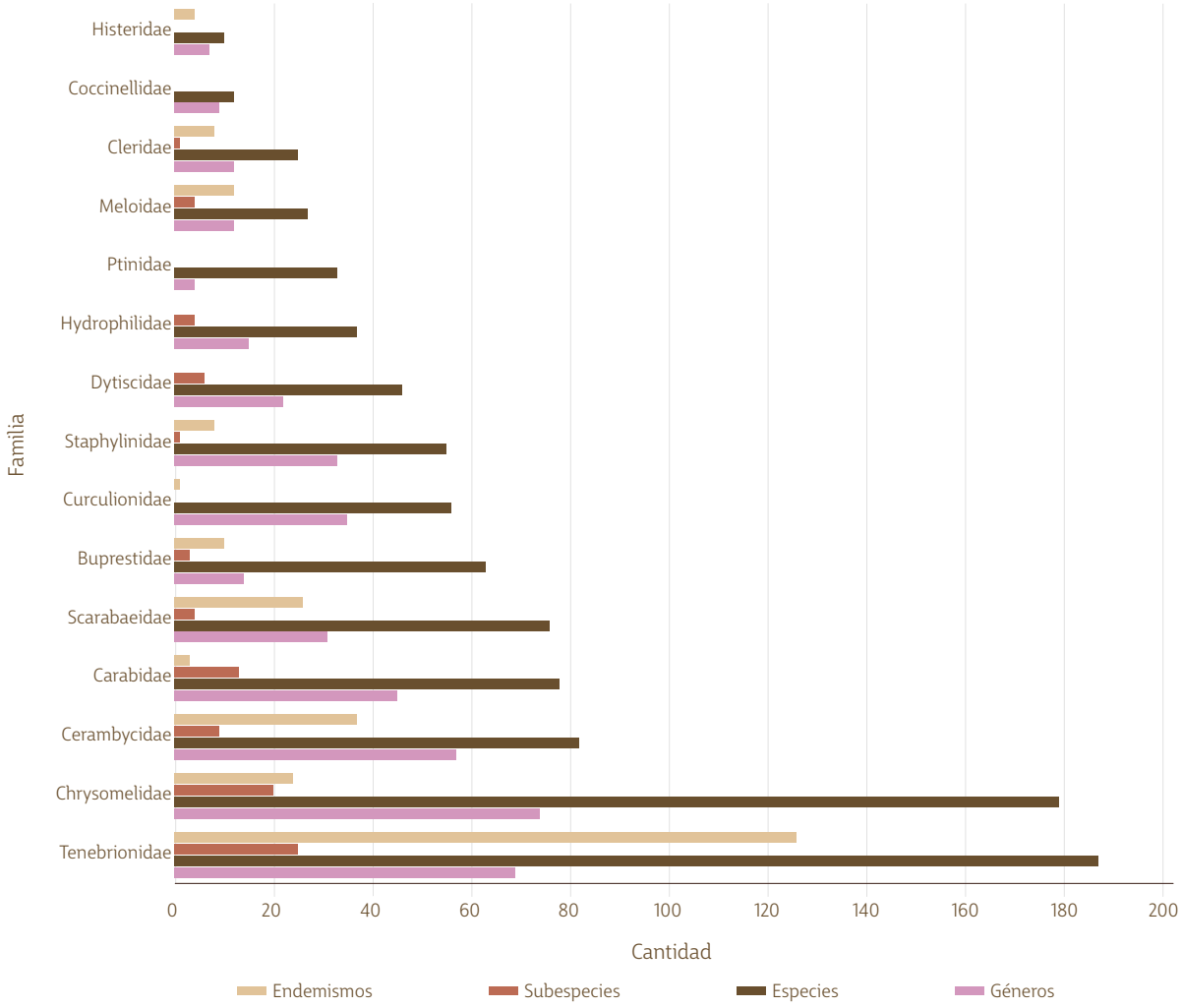


Figura 2. Familias de Coleoptera en el estado, con más de 10 especies. Fuente: elaboración propia.

(*Euoniticellus intermedius*, Scarabaeidae) son especies exóticas invasoras presentes también en el estado, y que están en constante expansión en el territorio mexicano desde que fueron introducidas a California, Estados Unidos de América en 1978 (Montes de Oca y Halffter 2010).

Hasta el momento, no hay registros del impacto que los coleópteros (u otros insectos) han tenido en la cultura de comunidades humanas de Baja California Sur, aunque esto no necesariamente indica la ausencia de tal, sino que se requieren estudios etnoentomológicos que permitan generar información sobre el tema.

Situación y estado de conservación

De acuerdo con la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN 2021) y la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES 2019) no existen especies de Coleoptera con distribución estatal consideradas en riesgo; solo *Megasoma lecontei* se encuentra como amenazada dentro de la NOM-059 (SEMARNAT 2010). Es indudable que los coleópteros, así como otros insectos, se encuentran bajo presión debido a que las distintas actividades humanas constantemente diezman sus poblaciones, las desplazan o las impactan de forma negativa. Por ello, es indis-

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Cuadro 2. Riqueza de familias, géneros y especies de coleópteros registrada por municipio.

Municipio	Familias	Géneros	Especies
Comondú	27	84	114
La Paz	32	172	301
Loreto	26	53	59
Los Cabos	32	145	253
Mulegé	29	93	140

Fuente: elaboración propia.

pensable realizar los estudios correspondientes para determinar el grado de vulnerabilidad en el que se encuentran los coleópteros, para asignarles un estatus de protección cuando así lo amerite.

Factores de presión

Este grupo es muy exitoso, debido a que puede habitar en una gran diversidad de ambientes, así como ser altamente vulnerables a distintos factores. Por ejemplo, muchas especies dependen de sus plantas huéspedes para completar su ciclo de vida y si éstas son removidas de sus áreas naturales, los coleópteros asociados no sobrevivirían. Al igual que con otros insectos, las principales amenazas para los coleópteros son la fragmentación y la pérdida de su hábitat, el cambio climático y la presencia de especies invasoras, así como el uso indiscriminado de insecticidas y pesticidas, agentes de control biológico generalistas, insectos sociales introducidos, patógenos y el ganado (Gullan y Cranston 2014).

Acciones de conservación

Es destacable que una cantidad importante de especies se encuentre protegida a través de las áreas naturales protegidas (ANP) presentes en el estado. Por ejemplo, en este estudio se registraron por lo menos 140 especies de coleópteros en la región El Vizcaíno, 19 en bahía de Loreto, 42 en Sierra La Laguna, 5 en islas del archipiélago Espíritu Santo y 94 en Cabo San Lucas. Sin embargo, al considerar que las ANP ocupan más de 40% del territorio estatal (Olmos Martínez *et al.* 2015), la cantidad de especies registradas hasta el momento en esas áreas resulta muy pobre (cerca de 23.5% o 252 especies del total documentado), además

Cuadro 3. Especies de coleópteros de importancia económica y/o ecológica registradas en Baja California Sur.

Especie	Importancia	Referencias
Anthonomus (*Anthonomus*) *eugenii*	Plaga de chile (*Capsicum annuum*) e importancia mundial	Servín y Aguilar 2000, Servín *et al.* 2008
Cactophagus spinolae	Plaga de los cactus	Ueda 2021, López-Martínez *et al.* 2016
Caryedon serratus	Plaga y barrenador de la semilla	Romero y Johnson 2004, Orozco-Santos *et al.* 2012
Digitonthophagus gazella	Exótica-invasora	Morón-Ríos 1998, Montes de Oca y Halffter 2010, Lugo-García *et al.* 2012
Dinapate wrightii	Invasora, plaga y barrenador gigante de las palmas	Falcón-Brindis *et al.* 2016
Euoniticellus intermedius	Exótica-invasora	Delgado y Márquez 2006, Montes de Oca y Halffter 2010, Morales *et al.* 2004
Helocassis clavata (syn. *Plagiometriona clavata*)	Plaga potencial de chile (*Capsicum annuum*)	Tejas *et al.* 2011, López-Pérez y Zaragoza-Caballero 2018
Hybosorus illigeri	Introducida	Morón-Ríos 1998, Morón-Ríos y Márquez 2012
Scyphophorus acupunctatus	Dendrófagos y plaga peligrosa de Agavaceae y *Yucca* spp.	Servín *et al.* 2006, Cervantes Mayagoitia y Huacuja Zamudio 2017, Maya *et al.* 2011
Sitophilus oryzae	Plaga de semillas almacenadas	O'Brien y Wibmer 1982, Pérez-Rodríguez *et al.* 2018
Sphenophorus venatus vestitus	Plaga de pastos	Ordaz-González *et al.* 2014

Fuente: elaboración propia.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Figura 3. Especies de coleópteros con importancia económica y ecológica reportados en el territorio sudcaliforniano: a) picudo del agave (*Scyphophorus acupunctatus*); b) escarabajo plaga de los cactus o picudo del nopal (*Cactophagus spinolae*). Fotos: Laura de L. Cárdenas Flores/Banco de imágenes CONABIO.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

de que falta trabajo de campo en algunas de ellas. Lejos de indicar que Baja California Sur tiene una baja riqueza de coleópteros, las cifras sugieren que se requiere un esfuerzo significativo para ampliar el inventario de la fauna de coleópteros en la región y para evaluar el estado actual de sus poblaciones. Por último, es importante resaltar la relevancia de continuar con la protección de dichas ANP y de sumar nuevas, para beneficiar a la biota que habita en ellas.

Conclusiones y recomendaciones

La riqueza de especies registrada en este capítulo indica que Baja California Sur alberga una fauna de coleópteros mucho mayor que la registrada en 2008 por Llorente-Bousquets y Ocegueda. Las 1 093 especies registradas ocupan numerosos hábitats y ecosistemas, y realizan diversas contribuciones a la naturaleza (servicios ecosistémicos). Sin embargo, todavía no se puede considerar que la lista de especies esté completa, debido a que una parte importante de los estudios publicados en la última década se enfocaron en unos pocos grupos como Tenebrionidae, Chrysomelidae y Cerambycidae; lo anterior, como resultado de esfuerzos realizados casi siempre por especialistas extranjeros. Muchos registros de coleópteros pertenecen a localidades particulares del estado (p.e. Cabo San Lucas, San José del Cabo y La Paz), quizá por la infraestructura que los especialistas encuentran en esas regiones.

Por lo tanto, es recomendable ampliar las investigaciones y aumentar los esfuerzos de muestreo hacia otras familias de coleópteros en distintas regiones y ecosistemas del estado, con la intención de disminuir vacíos de información sobre este grupo de insectos. Asimismo, es necesario incrementar el número de especialistas en la región, y documentar la biología, ecología e historia natural de los coleópteros, para generar un cuerpo de información más completo que permita evaluar con certeza las contribuciones de éstos a la naturaleza, el grado de conservación de sus poblaciones (sobre todo en localidades no incluidas en ANP) y de ese modo, proponer estrategias de protección adecuadas para ese grupo de insectos.

Agradecimientos

Un agradecimiento especial para el Dr. Zenón Cano Santana, por su amable invitación a participar en esta obra y por el apoyo brindado durante la creación de este capítulo. Agradezco de forma particular al M. en C. Enrique Ramírez-García por permitirme incorporar algunas de sus fotografías de cerambícidos. Gracias a la Colección Nacional de Insectos de la Universidad Nacional Autónoma de México y a la plataforma *Biodiversity Heritage Library*, por permitirme el acceso a la información sobre los coleópteros en Baja California Sur.

Referencias

Arnett, R.H.Jr. y M.C. Thomas. 2001. Introduction. En: *American beetles: Archostemata, Myxophaga, Adephaga, Polyphaga: Staphyliniformia*. Vol. I. R.H.Jr. Arnett y M.C. Thomas (eds.). CRC Press, Boca Ratón, pp. 1-17.

Bouchard, P., Y. Bousquet, A.E. Davies *et al.* 2011. Family-group names in Coleoptera (Insecta). *ZooKeys* 88:1-972.

Bouchard, P., A.B.T. Smith, H. Douglas *et al.* 2017. Biodiversity of Coleoptera. En: *Insect biodiversity: science and society*. Vol. I. R.G. Foottit y P.H. Adler (eds.). John Wiley and Sons, Nueva Jersey, pp. 337-417.

Cervantes Mayagoitia, J.F. y A.H. Huacuja Zamudio. 2017. *Herbívoros de México: ácaros e insectos dendrófagos de importancia agrícola y forestal*. UAM, México.

CITES. Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. 2019. *Apéndices I, II y III*. En: <https://cites.org/sites/default/files/esp/app/2019/S-Appendices-2019-11-26.pdf>, última consulta: 26 de enero de 2021.

Costa, C. y S. Ide. 2006. Coleoptera. En: *Insectos inmaduros: metamorfosis e identificación*. C. Costa, S. Ide y C.E. Simonka (eds.). Sociedad Entomológica Aragonesa, España, pp. 99-134.

Crowson, R.A. 1960. The phylogeny of Coleoptera. *Annual Review of Entomology* 5:111-134.

Delgado, L. y J. Márquez. 2006. Estado del conocimiento y conservación de los coleópteros Scarabaeoidea (Insecta) del

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

estado de Hidalgo, México. *Acta Zoológica Mexicana* nueva serie 22(2):57-108.

Falcón-Brindis, A., C. Palacios-Cardiel y M.L. Jiménez. 2016. Ampliación de la distribución de *Dinapate wrightii* Horn (Coleoptera: Bostrichidae) en Baja California Sur, México. *Acta Zoológica Mexicana* nueva serie 32(3):407-409.

Grimaldi, D. y M.S. Engel. 2005. *Evolution of the insects*. Cambridge University Press, Nueva York.

Gullan, P.J. y P.S. Cranston. 2014. The importance, diversity and conservation of insects. En: *The insects: an outline of Entomology*. P.J. Gullan y P.S. Cranston (eds.). Wiley Blackwell, Nueva Jersey, pp. 1-25.

Hunt, T., J. Bergsten, Z. Levkanicova *et al.* 2007. A comprehensive phylogeny of beetles reveals the evolutionary origins of a superradiation. *Science* 318(5858):1913-1916.

Llorente-Bousquets, J. y S. Ocegueda. 2008. Estado del conocimiento de la biota. En: *Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad.* J. Soberón, G. Halffter y J. Llorente-Bousquets (comps.). CONABIO, México, pp. 283-322.

López-Martínez, V., N.B. Pérez-De La O, I.I. Ramírez-Bustos *et al.* 2016. Current and potential distribution of the cactus Weevil, *Cactophagus spinolae* (Gyllenhal) (Coleoptera: Curculionidae), in Mexico. *The Coleopterists Bulletin* 70(2):327-334.

López-Pérez, S. y S. Zaragoza-Caballero. 2018. Cassidini *sensu lato* (Coleoptera: Chrysomelidae: Cassidinae) de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 89:672-704.

Lugo-García, G.A., L.D. Ortega-Arenas, A. Aragón-García *et al.* 2012. Especies de gallina ciega (Coleoptera: Scarabaeoidea) asociadas al cultivo de maíz en Ahome, Sinaloa, México. *Agrociencia* 46:307-320.

Maya, Y., C. Palacios-Cardiel y M.L. Jiménez. 2011. El cardón *Pachycereus pringlei*, nuevo hospedero para *Scyphophorus acupunctatus* (Coleoptera: Curculionidae) en Baja California Sur, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82:1041-1045.

Montes de Oca, E. y G. Halffter. 2010. Invasion of Mexico by two dung beetles previously introduced into the United States. *Studies on Neotropical Fauna and Environment* 33(1):37-45.

Morales, C.J., R. Ruiz Nájera y L. Delgado. 2004. Primer registro de *Euoniticellus intermedius* (Reiche, 1849) 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-Ríos, M.A. 1998. *Atlas de coleópteros Scarabaeoidea de México*. Bases de datos SNIB-CONABIO proyecto No. P134. Instituto de Ecología A.C., Xalapa.

Morón-Ríos, M.A. y J. Márquez. 2012. Nuevos registros estatales y nacionales de escarabajos (Coleoptera: Scarabaeoidea) y comentarios sobre su distribución. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 83:698-711.

Morrone, J.J. y J. Márquez. 2008. Biodiversity of Mexican terrestrial arthropods (Arachnida and Hexapoda): a biogeographical puzzle. *Acta Zoológica Mexicana* nueva serie 24(1):15-41.

Navarrete-Heredia, J.L. y H.E. Fierros-López. 2001. Coleoptera de México: Situación actual y perspectivas de estudio. En: *Tópicos sobre Coleoptera de México*. J.L. Navarrete-Heredia, H.E. Fierros-López y A. Burgos-Solorio (eds.). Centro de Zoología-Universidad de Guadalajara, Jalisco, pp. 1-13.

O'Brien, C.W. y G.J. Wibmer. 1982. Annotated checklist of the weevils (Curculionidae *sensu lato*) of North America, Central America, and the West Indies (Coleoptera: Curculionoidea). *Memoirs of the American Entomological Institute* 34:1-382.

Olmos Martínez, E., M.E. González Ávila y M.R. Contreras Loera. 2015. *Percepción de la población frente al cambio climático en áreas naturales protegidas de Baja California Sur, México*. En: <http://journals.openedition.org/polis/9158>, última consulta: septiembre de 2020.

Ordaz-González, E.L., A. Equihua-Martínez, I. León-García *et al.* 2014. Species of *Sphenophorus* (Coleoptera: Dryophthoridae) associated with golf courses in Mexico. *Florida Entomologist* 97(2):857-860.

Orozco-Santos, M., K. García-Mariscal, M. Robles-González *et al.* 2012. El barrenador de la semilla *Caryedon serratus* Oliver (Coleoptera: Bruchidae) en tamarindo en el trópico seco de México: una revisión. *Southwestern Entomologist* 37(3):403-410.

Pérez-Rodríguez, Y., R. Valdés Herrera, L. Castellanos González y R. Jiménez Carbonell. 2018. *Sitophilus oryzae* l. (Coleoptera: Curculionidae) características, daños, reproducción y alternativas para su control. *Revista Científica Agroecosistemas* 6(3):129-135.

Romero, J. y C.D. Johnson. 2004. Checklist of the Bruchidae (Insecta: Coleoptera) of Mexico. *The Coleopterists Bulletin* 58(4):613-635.

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.

Servín, R. y R. Aguilar. 2000. Bioensayos toxicológicos en picudo del chile *Anthonomus eugenii* Cano (Coleoptera: Curculionidae) por exposición residual, en Baja California Sur, México. *Folia Entomológica Mexicana* 109:117-118.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Servín, R., J.L. García-Hernández, A. Tejas-Romero *et al.* 2008. Susceptibility of pepper weevil (*Anthonomus eugenii* Cano) (Coleoptera: Curculionidae) to seven insecticides in rural areas of Baja California Sur, Mexico. *Acta Zoológica Mexicana* 24(3):45-54.

Servín, R., A. Tejas, M. Arce-Montoya *et al.* 2006. *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenha (Coleoptera: Curculionidae) como potencial insecto-plaga de *Yucca valida* Brandegee en Baja California Sur, México. *Folia Entomológica Mexicana* 45(1):1-7.

Tejas, A., R. Servín, A. Nieto-Garibay *et al.* 2011. Registro de *Plagiometriona clavata* (Fabricius 1798) (Coleoptera: Chrysomelidae) en chile silvestre *Capsicum annuum*, de Baja California Sur, México. *Acta Zoológica Mexicana* 27(1):201-205.

Ueda, K. 2021. *iNaturalist Research-grade observations. Occurrence dataset*. En: <https://doi.org/10.15468/ab3s5x>, última consulta: 26 de enero de 2021.

UICN. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. 2021. *The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2020-3*. En: <https://www.iucnredlist.org>, última consulta: 26 de enero de 2021.

Zaragoza-Caballero, S., G.M. Rodríguez-Mirón, V. Vega-Badillo *et al.* 2019. A checklist of the Coleoptera (Insecta) from Morelos, Mexico. *Zootaxa* 4580(1):1-122.

Zhang, Z. 2013. Animal biodiversity: an outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness. *Zootaxa* 3703(1):1-82.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Mariposas diurnas y palomillas o polillas (Lepidoptera)

Zenón Cano Santana, Iván Castellanos Vargas, Ariana Romero Mata, Moisés Armando Luis Martínez, Juan Pablo Camacho Ruedas e Isabel Vargas Fernández

Las polillas atentan contra la propiedad. Son enemigas de lo establecido.
Son planetas errantes en redor de un sol hipnótico de incandescencias mortales.
José Emilio Pacheco, *Antipostal de Río de Janeiro*

Introducción

Los lepidópteros son insectos que se caracterizan por tener dos pares de alas cubiertas por escamas de variados colores (figura 1), un aparato bucal alargado y enrollado en forma de lengua (la espiritrompa), así como una metamorfosis completa (holometábola), de modo que durante su ciclo de vida pasan por cuatro etapas de desarrollo: huevo, larva, pupa y adulto (figura 2; McGavin 2002). Tradicionalmente, se les divide en dos grupos: Rhopalocera (mariposas diurnas, que incluye a las mariposas verdaderas) y Heterocera (mariposas nocturnas, palomillas, polillas, palomas, palometas o ratones viejos; cuadro 1), pero dichos epítetos ya no se utilizan en las clasificaciones actuales (Heppner 2008a, b, Romero-Mata *et al*. 2020). Las mariposas diurnas constituyen el grupo mejor conocido y se agrupan en una sola superfamilia (Papilionoidea) y dos grupos: las mariposas verdaderas (con cinco familias) y los hespéridos (con una sola familia: Hesperiidae; Heppner 2008a).

Sus larvas, conocidas como orugas o gusanos,[1] generalmente tienen un cuerpo alargado, cilíndrico y blando, con una cabeza prominente y dura con mandíbulas masticadoras, tres pares de patas endurecidas que terminan en una uña, las cuales están insertadas al tórax, así como hasta cinco pares (raramente seis pares) de patas abdominales blandas (las propatas o falsas patas) provistas de hileras de pequeños ganchos (Triplehorn y Johnson 2005, Heppner 2008b). Su cuerpo puede ser liso o cubierto por espinas o pelos.

Entre los nombres comunes para referirse a sus orugas destacan: azotadores (los que poseen pelos urticantes), cogolleros, gusanos alfileres, medidores (Geometridae), saltarines, trozadores, soldado o eloteros, entre otros (SAGARPA 2015, Romero-Mata *et al*. 2020). Son capaces de producir seda que usan como un hilo de seguridad para no caer al suelo, para construir refugios, pegar su pupa a las superficies y tejer un capullo[2] que protegerá a la pupa (Triplehorn y Johnson 2005, Heppner 2008b), así como para construir un tapete para evadir las espinas de las plantas (Rathcke y Poole 1975) y para descender de las estructuras vegetales cuando quieren abandonarlas (Cano-Santana observación personal).

1 El término gusano también se ocupa para nombrar a algunas larvas de moscas (orden Diptera).
2 Cubierta protectora, generalmente ovalada, que fabrican las larvas de muchos insectos de metamorfosis completa con la seda que segregan, y dentro de la cual se encierran para pasar allí el estado de pupa (Capinera 2008).

Cano-Santana, Z., I. Castellanos-Vargas, A. Romero-Mata, M.A. Luis-Martínez, J.P. Camacho-Ruedas e I. Vargas-Fernández. 2025. Mariposas diurnas y palomillas o polillas (Lepidoptera). En: *La biodiversidad en Baja California Sur. Estudio de Estado*. Vol. II. CONABIO/FFB, México, pp. 259-270.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Figura 1. Detalle de las escamas de un lepidóptero de la familia Papilionidae. Foto: Iván Castellanos-Vargas.



Figura 2. Ciclo de vida de *Manduca sexta*, una especie que habita desde la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno hasta San José del Cabo. Fuente: elaboración propia.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Cuadro 1. Rasgos comparativos generales entre mariposas diurnas (Rhopalocera) y palomillas (Heterocera). Se debe tener en consideración que puede haber excepciones.

Rasgo	Mariposas diurnas	Palomillas
Actividad de los adultos	Diurna	Nocturna
Abultamiento terminal en las antenas (maza antenal)	Presente	Ausente
Capacidad para doblar sus alas hacia atrás	Sí	No, tienen sus alas extendidas en reposo
Pupas protegidas en un capullo o bajo el suelo	No	Sí
Pupas	Rugosas	Lisas
Número de familias taxonómicas	6	128

Fuente: elaboración propia con datos de Heppner 2008b, Pozo *et al.* 2011, Prado *et al.* 2011, Llorente-Bousquets *et al.* 2014, Romero-Mata y Cano-Santana 2016, Romero-Mata *et al.* 2020.

En su inmensa mayoría, las orugas se alimentan de tejidos de plantas (hojas, tallos, frutos, semillas y raíces), pero unas pocas especies se alimentan de otros insectos, hongos, materia orgánica, líquenes, heces, piel, textiles, carroña, cera o plumas (McGavin 2002). Gran parte de las orugas viven sobre las hojas, pero algunas viven dentro de ellas (son minadoras), o bien, son barrenadoras (taladran los troncos), forman agallas (estructuras de crecimiento anormal de tejidos vegetales) o construyen refugios con seda o en hojas enrolladas (McGavin 2002).

Suelen tener una vida solitaria, pero también pueden agruparse en colonias de 50 a 2 mil individuos (Luna-Reyes 2020). Las pupas pueden vivir en su mayoría envueltas en un capullo, aunque a veces se quedan desnudas pegadas a los tejidos de las plantas hospederas u otras superficies (como construcciones humanas), dentro de las hojas (las especies minadoras), en la hojarasca o enterradas en el suelo (Heppner 2008b).

Los adultos pueden medir de 0.25 a 32 cm de envergadura alar (3 cm en promedio) y su cuerpo está dividido en cabeza, tórax y abdomen; de su tórax salen tres pares de patas y dos de alas (Heppner 2008a, b). En esta etapa se alimentan de líquidos, como néctar, agua, lágrimas de vertebrados y jugos de las frutas, pero los individuos de algunas especies pueden no alimentarse y unas pocas pueden alimentarse de sangre (las polillas vampiro de la subfamilia Catocalinae; Wigglesworth 1974, McGavin 2002, De la Rosa 2014).

Diversidad y distribución

Los lepidópteros constituyen un grupo muy diverso de insectos con 159 008 especies conocidas, de las cuales 138 608 son palomillas (Nieukerken *et al.* 2011) y 20 400 son mariposas diurnas (Heppner 2008a). En México se reportan 14 611 especies y subespecies: 12 682 de palomillas y 1 929 de mariposas diurnas (Llorente-Bousquets *et al.* 2014); mientras que en Baja California Sur se conocen 238 especies y subespecies (de las cuales 235 son especies identificadas): 148 de mariposas diurnas (113 mariposas verdaderas y 35 hespéridos) y 90 de palomillas (cuadro 2, apéndice 19). Esta riqueza representa 1.6% de los lepidópteros, 7.7% de las mariposas diurnas y 0.7% de las palomillas que se reportan a nivel nacional. Esas especies y subespecies de lepidópteros se agrupan en 21 familias (apéndice 19, cuadro 2): 6 de mariposas diurnas y 15 de palomillas. Las familias más ricas entre las mariposas diurnas fueron Nymphalidae (44 especies y subespecies), Hesperiidae (35) y Pieridae (29); mientras que entre las palomillas destacan Sphingidae (29), Geometridae (17) y Noctuidae (10; cuadro 2).

Por su riqueza de mariposas verdaderas (113), la entidad ocupa el lugar número 27 a nivel nacional, muy por detrás de Chiapas (833), Oaxaca (794) y Veracruz (738; Llorente-Bousquets *et al.* 2014). Asimismo, la diversidad conocida de hespéridos (35) se encuentra también muy por debajo de la que se reporta para Oaxaca (516), Veracruz (437) y Michoacán (262;

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Cuadro 2. Especies y subespecies de lepidópteros de cada familia en la entidad, y sus respectivos endemismos (con distribución restringida a México).

Familia	Especies y subespecies	Especies y subespecies endémicas
Mariposas diurnas		
Hesperiidae	35	5
Lycaenidae	19	
Nymphalidae	44	5
Papilionidae	8	1
Pieridae	29	4
Riodinidae	13	4
Subtotal	**148**	**19**
Palomillas		
Bucculatricidae	2	
Crambidae	2	
Depressariidae	1	
Erebidae	3	
Gelechiidae	2	
Geometridae	17	
Heliodinidae	8	
Noctuidae	10	
Prodoxidae	2	1
Pyralidae	1	
Saturniidae	3	
Sesiidae	7	1
Sphingidae	29	2
Tortricidae	2	1
Zygaenidae	1	
Subtotal	**90**	**5**
Total	**238**	**24**

Fuente: elaboración propia.

Luna-Reyes 2020). En cuanto a la variedad de palomillas, Baja California Sur se encuentra en el lugar número 14, por detrás de Veracruz (732), Ciudad de México (667) y Oaxaca (571; Romero-Mata *et al.* 2020, 2025), pero es notorio que las mariposas nocturnas están pobremente representadas en el listado de lepidópteros de la entidad.

Se reportan 24 especies y subespecies endémicas al territorio mexicano, pertenecientes a 9 familias (5 de mariposas diurnas y 4 de palomillas), entre las que destacan Nymphalidae y Hesperiidae (5 especies y subespecies cada una; cuadro 2). De éstas, restringen su distribución a la Península de Baja California: el ninfálido *Myscelia cyananthe streckeri*, los piéridos *Ascia monuste raza*, *Calephelis bajaensis* y *Phoebis agarithe fisheri*, así como el riodínido *Apodemia* (*Plesioarida*) *murphyi*. Adicionalmente, tres lepidópteros son endémicos al territorio sudcaliforniano: el riodínido *Apodemia* (*Plesioarida*) *hepburni remota*, y las palomillas *Carmenta andrewsi* (Sesiidae) y *Parategeticula ecdysiastica* (Prodoxidae, apéndice 19). Las dos últimas encuentran refugio en la Sierra La Laguna, aunque *C. andrewsi* también se ha colectado en El Cien (municipio de La Paz), Todos Santos y Cabo San Lucas (Eichlin 1992, Pellmyr *et al.* 2008).

Los lepidópteros se distribuyen por todo el territorio estatal, incluyendo sus islas. No obstante, las localidades mejor representadas en los registros son las de más fácil acceso, como Cabo San Lucas, La Paz, San José del Cabo, Todos Santos, Sierra La Laguna, bahía Concepción, el valle de Santo Domingo y San Bartolo. Entre las islas mejor estudiadas está San José. Se han colectado con mayor frecuencia en los matorrales xerófilos, las dunas y los manglares de las planicies costeras, las selvas secas de la región Los Cabos y los mezquitales de la entidad. Por su parte, la mariposa monarca (*Danaus plexippus plexippus*, figura 3) se reporta en La Paz, Todos Santos y San Miguel Comondú (Luis-Martínez *et al.* 2003); en tanto que la polilla obsidiana o cuatro espejos (*Rothschildia cincta cincta*, Saturniidae), se registra desde La Paz hasta Guerrero Negro (Márquez-Salazar *et al.* 2016).

Importancia

Los lepidópteros tienen importancia estética, ecológica, económica, médica y cultural. Desde el punto de vista estético, las mariposas se consideran insectos de sobresaliente belleza, pues su esplendoroso colorido lo despliegan sobre todo al volar, lo cual ocurre incluso con ciertas palomillas. El poeta estadounidense Robert Frost las describe como "flores

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

que vuelan y todo hacen excepto cantar";[3] en tanto Víctor Hugo dice, en un estilo trágico, que "las mariposas son cartas de amor rotas que, por los cielos, aletean y flotan".[4]

Por otra parte, los lepidópteros ofrecen diversos servicios ecosistémicos.[5] Sus adultos son importantes polinizadores de plantas silvestres, y se calcula que 3.6% de las plantas cultivadas en el mundo son polinizadas por estos insectos (Nabhan y Buchmann 1997). Asimismo, son un componente importante de las redes tróficas, por lo que se les considera un grupo prioritario para su conservación (Pyle 1995).

En los ambientes naturales, sus larvas controlan a las poblaciones dominantes de plantas, con lo cual promueven que se mantenga una composición de especies vegetales que facilitan una alta estabilidad a los ecosistemas (Schowalter 2011). También constituyen el alimento de arañas, avispas, chinches, mantis, moscas, libélulas, escarabajos, anfibios, lagartijas, aves, roedores y murciélagos (Stamp y Casey 1993, Luna-Reyes 2020). Adicionalmente, las telas de seda tejidas por las orugas de la polilla blanca (*Thyrinteina arnobia*, Geometridae) en los árboles frutales, constituyen trampas mortales donde se adhieren moscas de la fruta (*Anastrepha ludens*) que dañan cultivos dentro del estado (Gius 2012).

Otros lepidópteros en el país son comestibles o se cultivan para la producción de seda (Romero-Mata *et al.* 2020), pero en Baja California Sur no se encontraron registros de su consumo (Puga y Escoto 2015) o de la producción de seda. No obstante, el misionero jesuita Juan Jacobo Baegert (1772) registró el consumo de



Figura 3. Mariposa monarca (*Danaus plexippus plexippus*, Nymphalidae), especie sujeta a protección especial de acuerdo con la NOM-059 (SEMARNAT 2010). Foto: Arturo Arellano Covarrubias.

3 Poema *Blue-butterfly day* de Robert Frost (1874-1963).
4 Poema *La génesis de las mariposas* de Víctor Hugo (1802-1885).
5 Los servicios ecosistémicos son bienes y satisfactores que ofrecen sostén, seguridad y supervivencia a la especie humana y al resto de organismos vivientes (Cano-Santana y Valverde 2015).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

cierta clase de orugas verdes y pelonas del tamaño de un dedo, así como de un gusano blanco de relativo aspecto repulsivo, con largo y grueso similares al de un dedo pulgar, presente única y ocasionalmente en la madera podrida, y del que dicen que *es de puro tocino*.

Por otro lado, ciertas especies de palomillas tienen importancia económica en etapa larvaria, pues atacan cultivos, frutales y especies de importancia forestal. En el estado se registran al menos 17 especies de palomillas que en su fase larvaria atacan a 23 cultivos de importancia económica. Estos son los casos del gusano soldado (*Spodoptera exigua*, Noctuidae) que afecta a los cultivos de calabacita, cártamo, chile, espárrago, garbanzo, melón, pepino, sandía, tomate y tomatillo; y el gusano saltarín (*Elasmopalpus lignosellus*, Pyralidae) que infesta calabacita, frijol, garbanzo forrajero, maíz, pepino, sandía, sorgo y trigo (SAGARPA 2015, INIFAP 2017).

Adicionalmente, los lepidópteros tienen importancia médica. Dada la biocompatibilitidad, biodegradabilidad y resistencia mecánica de la seda que producen sus orugas, entre otras cualidades, ésta se ha utilizado para la reconstrucción de tejidos, así como para fabricar materiales para múltiples usos biomédicos, entre los que destacan: 1) aplicar microvacunas sin que haya una respuesta inmune; 2) liberar medicamentos en las dosis adecuadas sin efectos colaterales; 3) fabricar hilos antimicrobianos para suturar heridas; y 4) combatir los estafilococos causantes de la sinusitis (Hardy y Scheibel 2010, DeMuth *et al*. 2014, Jia *et al*. 2017, DeBari *et al*. 2018).

Asimismo, los lepidópteros tienen gran importancia cultural. Estos insectos moldean la cultura de los pueblos de una manera profunda (Cano-Santana *et al*. 2020), pero no hay estudios especializados sobre este tema a nivel regional y estatal, a pesar de que seguramente el contacto entre humanos e insectos en el territorio sudcaliforniano ha existido desde épocas prehispánicas. Un ejemplo de ello es el uso que durante siglos, los pueblos originarios americanos del noreste del país y sur de los Estados Unidos de América, han dado a los capullos de la polilla de seda norteamericana (*Eupackardia calleta*, Saturniidae) y la polilla cuatro espejos (figura 4a), para hacer sonajas de pantorrilla, llamadas tenábaris o ténabaris (figura 4b), que se usan durante danzas ceremoniales, como la de pascola y del venado (figura 4c, Peigler y Maldonado 2005, INAH 2018). Durante la celebración de la Cuaresma y Semana Santa, en Santa Rosalía (municipio de Mulegé) se interpreta el son pascola, que se utiliza para acompañar la danza homónima, que se lleva a cabo por indígenas yoremes, descendientes de mayos y yaquis, que migraron a la región a finales del siglo XIX (Elizarrarás 2013). El ritmo de estos sones va acompañado por dos instrumentos de percusión: una sonaja de mano ricamente labrada en madera de mezquite que consiste en un mango con la forma de una oruga de la polilla de obsidiana y el cuerpo con la forma de su capullo; así como el tenábaris, que está conformado por 160-180 capullos secos de las dos especies mencionadas (Peigler y Maldonado 2005), los cuales se recolectan en campo, son secados al sol y rellenados con piedritas de hormiguero, que se atan en serie con fibras de ixtle, algodón o cuero y se sujetan a las pantorrillas (figura 4; Castellanos-Vargas observación personal).

Situación y estado de conservación

De las especies registradas en la entidad, solamente la mariposa monarca (*D. plexippus plexippus*, figura 3) y la polilla cuatro espejos (*R. cincta cincta*, figura 4) se encuentran en la NOM-059; la primera como especie sujeta a protección especial, y la segunda como amenazada (SEMARNAT 2010, Salomón-Montijo y Márquez-Salazar 2015, Márquez-Salazar *et al*. 2016). Por su parte, ninguna especie de Lepidoptera se encuentra en el catálogo de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES 2016). Sin embargo, esto no significa que las demás especies no estén en peligro, pues falta completar el inventario de palomillas y conocer el estado de sus poblaciones.

Factores de presión

A nivel mundial, el cambio de uso del suelo se considera como la principal causa de pérdida de la diversidad de los insectos. En 10 años se perdió cerca de 30% de la cobertura vegetal de los bosques secos tropicales que circundan la región Los Cabos, y 25% de los matorrales xerófilos circundantes de Comondú

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Figura 4. a) Polilla de obsidiana o cuatro espejos (*Rothschildia cincta cincta*; Saturniidae); b) detalle de construcción del tenábaris, donde los capullos de la polilla se rellenan con piedritas de hormiguero; c) danza pascola, donde el danzante ocupa tenábaris y una sonaja que tiene un mango con la forma de una oruga de la polilla de obsidiana, en tanto que el cuerpo de ésta tiene la forma de su capullo. Fotos: Iván Castellanos-Vargas.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

y Mulegé; en ambos casos, el área destruida se destinó a la apertura de cultivos de riego y a infraestructura hotelera (González-Abraham *et al.* 2010). Este proceso conlleva a la desaparición de las plantas que conforman refugio y alimento de los lepidópteros. Asimismo, la infraestructura urbana reduce la conectividad[6] entre hábitats, lo que afecta la probabilidad de encuentro entre los especímenes adultos y las plantas de las que se alimentan sus larvas, lo que malogra el depósito de sus huevos y la continuidad a su especie (Summerville y Crist 2001). Otro proceso que acompaña al cambio de uso del suelo es la modificación de la vegetación nativa por áreas dominadas por plantas exóticas, lo cual reduce la abundancia y riqueza de mariposas y palomillas, debido a que aquéllas funcionan como trampas ecológicas, pues representan hospederos de baja calidad en donde las orugas pueden no sobrevivir (Yoon y Read 2016). Esto, por ejemplo, puede ocurrir en Baja California Sur por la presencia de la planta conocida como cola de león sudafricana (*Leonotis nepetifolia*), que es muy exitosa en suelos de condición calcárea-xerofítica, lo cual puede modificar las interacciones con los lepidópteros (Brown 1987, Brown *et al.* 1992).

El uso de insecticidas es otra amenaza. En el valle de Santo Domingo (municipio de Comondú), la zona agrícola más extensa del estado, se controlan las plagas mediante la aplicación de carbamatos (deltametrina y carbofurán; INIFAP 2017). Estos compuestos aplicados de manera indiscriminada se mueven a través de las corrientes de agua o de viento, así como a través de las redes alimentarias, de modo que pueden afectar negativamente a mariposas, palomillas y otros animales (Ansari *et al.* 2014).

Por otra parte, la iluminación que generan las ciudades afecta negativamente a las palomillas, quienes sufren aturdimiento, muerte por depredadores o deshidratación, daño traumático y reducción del tiempo que destinan a comer, aparearse o depositar sus huevos (Frank 2006, Chepesiuk 2009, Romero-Mata y Cano-Santana 2016). Adicionalmente, a pesar de que muchos seres humanos aprecian la gran belleza de las mariposas diurnas, muchos otros le tienen repulsión y miedo a las palomillas (conducta conocida como motefobia), lo que tiene como consecuencia que estos insectos sean ahuyentados, heridos o sacrificados, sobre todo en la cultura mexicana, que las asocia sin fundamento a malos augurios e infortunios inminentes (Rafailov 2003, Prado *et al.* 2011, Romero-Mata y Cano-Santana 2016). A finales de 2012, se registró un brote masivo de adultos voladores de la polilla blanca (*Thyrinteina arnobia*, Geometridae) en el municipio de Los Cabos y en el sur del municipio de La Paz, principalmente en Todos Santos y Pescadero, lo que causó preocupación y temor en sus habitantes (Gius 2012), a pesar de ser un insecto totalmente inofensivo.

Finalmente, la sobrecolecta de las especies de interés cultural constituye otra amenaza. Las poblaciones de las polillas de seda norteamericana y cuatro espejos ubicadas alrededor de la frontera con Estados Unidos de América, han sido sobreexplotadas y la disponibilidad de sus capullos se redujo a tal grado que se empezaron a usar otros materiales para la elaboración de los tenábaris, como plástico, aluminio y cartón (Peigler 1994, Espinoza 2012). Afortunadamente, en Baja California Sur se mantienen poblaciones de ambas especies (Peigler y Maldonado 2005); sin embargo, su comercialización las puede poner en serio riesgo, dado que cada tenábaris elaborado con capullos alcanza precios de hasta 5 mil pesos (Espinoza 2012).

Acciones de conservación

El estado alberga un sistema de áreas naturales protegidas (ANP) muy sólido (CONANP 2015). No obstante, sería adecuado apoyar las intenciones de declarar a la región de las sierras La Giganta y Guadalupe como reserva de la biosfera (CONANP 2014), pues con esta acción se protegería una gran diversidad de ecosistemas, especies de lepidópteros y otros seres vivos, lo cual sería muy beneficioso para los sudcalifornianos. Adicionalmente, se sugiere restringir, en la medida de lo posible, las actividades agrícolas, ganaderas, forestales y mineras en los ecosistemas naturales, estén o no dentro de ANP (Chávez López 2012, Santiago-León *et al.* 2012).

6 Grado al cual un paisaje facilita el movimiento de los organismos entre hábitats separados (Taylor *et al.* 1993).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Asimismo, es deseable un plan de desarrollo de las ciudades que privilegie el dominio de parques y reservas ecológicas urbanas, así como de áreas verdes en patios, banquetas y azoteas, de modo que se incremente la conectividad de los ecosistemas naturales y se asegure la existencia de hábitats a la vegetación, de preferencia nativa, lo cual beneficiaría a las poblaciones de mariposas y palomillas. Estas acciones asegurarían el aprovisionamiento de servicios ecosistémicos adicionales para los habitantes de las zonas urbanas como la captación de agua, áreas de recreación, contacto con la naturaleza, regulación del clima y ruido, así como la prevención de inundaciones, entre muchos otros.

Del mismo modo, se requieren estudios para detectar especies exóticas invasoras, como es el caso de la cola de león sudafricana, debido a que pueden transformar la vegetación natural que alberga a los lepidópteros; además, es necesaria la implementación de programas para el control y erradicación de dichas especies. Se recomienda que la Ley de Equilibrio Ecológico y Protección del Ambiente del Estado de Baja California Sur (Gobierno del Estado 1991) reconozca el gran peligro que representan las especies exóticas, pues su mención se encuentra ausente en ésta.

Por otra parte, es necesario el diseño y la aplicación de tecnologías agrícolas amigables con el ambiente, que permitan reducir el uso de insecticidas (p.e. mediante el uso de agentes de control biológico y el uso de insecticidas orgánicos naturales). Mientras que, para enfrentar el problema de la iluminación artificial, se propone: 1) limitar el uso a luminarias en zonas donde son necesarias; 2) usar dispositivos que concentren y no dispersen la luz; y 3) instalar sensores de movimiento (Frank 2006, Romero-Mata y Cano-Santana 2016). Asimismo, a fin de mitigar la presión por la comercialización excesiva de los capullos de las polillas cuatro espejos y de seda norteamericana, Peigler y Maldonado (2005) proponen la crianza de estas especies en mariposarios debidamente regulados e instalados en las regiones vecinas de su hábitat natural.

Es loable que la Ley de Equilibrio Ecológico y Protección del Ambiente del Estado de Baja California Sur reconozca las virtudes de incorporar la educación ecológica en los planes de estudio desde el nivel básico (Gobierno del Estado 1991). En estos planes y programas de estudio se sugiere enseñar el papel de las palomillas y las mariposas en el funcionamiento de la naturaleza, lo cual puede implementarse mediante la cría de orugas hasta que emerge la palomilla adulta, así como a través de la instalación de mariposarios en las escuelas. Romero-Mata y Cano-Santana (2016) discutieron que la civilidad de una sociedad se mide por el respeto que ésta muestra hacia las pequeñas criaturas, como es el caso de las palomillas y las mariposas, cuyas actividades permiten que los ecosistemas funcionen adecuadamente y brinden con plenitud sus servicios.

Conclusiones

Hay una gran diversidad de mariposas y palomillas en el territorio estatal, pero el inventario aún es incompleto. Se distribuyen por todos los ecosistemas terrestres de la entidad y tienen gran importancia estética, ecológica, económica, médica y cultural. Baja California Sur alberga especies emblemáticas, como la mariposa monarca y las polillas cuatro espejos y de seda norteamericana, pues de sus capullos se elaboran los tenábaris, implementos importantes para la danza pascola que se ejecuta en las festividades de Cuaresma en Santa Rosalía.

Los factores de presión que sufren estos insectos son: 1) la destrucción de sus hábitats por cambio de uso del suelo; 2) la pérdida de conectividad de los hábitats; 3) la presencia de plantas exóticas invasoras; 4) el uso de insecticidas; 5) la iluminación artificial; 6) la motefobia; y 7) la sobrecolecta para su comercialización. Por ello, se recomienda: 1) la declaración de las sierras La Giganta y Guadalupe como reserva de la biosfera; 2) restringir las actividades agrícolas, ganaderas, forestales y mineras en zonas de vegetación natural; 3) incrementar las áreas verdes con vegetación natural y nativa en zonas urbanas para mejorar la conectividad; 4) implementar programas de detección y control de plantas exóticas invasoras; 5) buscar alternativas tecnológicas al uso de insecticidas; 6) usar tecnologías que reduzcan la iluminación en tiempos y lugares donde ésta no es necesaria; 7) la crianza de polillas de interés comercial; y 8) una educación ecológica que garantice la valoración de los roles de los lepidópteros en la naturaleza como elementos importantes para el aprovisionamiento de importantes servicios ecosistémicos.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Agradecimientos

Agradecemos a Adid Eloradana Alonso Ortiz, Marco A. Romero Romero, Ana Rebeca Martínez Martínez y Paulina Corona Tejeda por el apoyo técnico brindado. La Dra. Araceli Noguez Ortiz y Miguel Ángel Araujo Ramírez amablemente enviaron artículos muy útiles. Arturo Arellano Covarrubias facilitó la foto de la mariposa monarca.

Referencias

Ansari, M.S., M.A. Moraiet y S. Ahmad. 2014. Insecticides: impact on the environment and human health. En: *Environmental deterioration and human health*. A. Malik, E. Grohmann y R. Akhtar (eds.). Springer, Dordrecht, pp. 99-123.

Baegert, J.J. 1772. *Noticias de la península americana de California*. Instituto Sudbajacaliforniano de Cultura (2013), La Paz.

Brown, J. 1987. The peninsular effect in Baja California: an entomological assessment. *Journal of Biogeography* 14:359-365.

Brown, J., H.G. Real y D.K. Faulkner. 1992. *Butterflies of Baja California. Faunal survey, natural history, conservation biology*. The Lepidoptera Research Foundation, California.

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

Cano-Santana, Z., A. Romero-Mata, L.E. Juárez-Sotelo *et al.* 2020. El papel de los animales invertebrados en la cultura morelense. En: *La biodiversidad en Morelos. Estudio de Estado 2*. Vol. II. CONABIO, México, pp. 258-269.

Capinera, J.L. (ed.). 2008. *Encyclopedia of entomology*. Springer, Dordrecht.

Chepesiuk, R. 2009. Missing the dark: health effects of light pollution. *Environmental Health Perspectives* 117(2):20-27.

Chávez López, S. 2012. Recursos minerales, recursos pétreos. En: *Evaluación de la Reserva de la Biosfera Sierra La Laguna, Baja California Sur: avances y retos*. A. Ortega-Rubio, M. Lagunas-Vázques y L.F. Beltrán-Morales (eds.). CIBNOR, La Paz, pp. 303-327.

CITES. Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. 2016. *Apéndices I, II y III. Secretaría de la CITES*. En: <http://www.marn.gob.sv/descargas/apendices-cites-cites-2013/?wpdmdl=19317>, última consulta: 28 de julio de 2021.

CONANP. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 2014. *Reserva de la Biosfera sierras la Giganta y Guadalupe. Estudio previo justificativo para la declaratoria como área natural protegida*. CONANP, México.

—. 2015. *Áreas naturales protegidas de Baja California Sur*. En: <https://simec.conanp.gob.mx/temas/08%20Mapas_por_estado%20100/ANP%20BCS%202015.pdf>, última consulta: 11 de julio de 2021.

De la Rosa, C.L. 2014. Additional observations of lachryphagous butterflies and bees. *Frontiers in Ecology and the Environment* 12:210-210.

DeBari, M.K., M.N. Keyser, M.A. Bai y R.D. Abbott. 2018. 3D Printing with silk: considerations and applications. *Connective Tissue Research* 61:163-173.

DeMuth, P.C., Y. Min, D.J. Irvine y P.T. Hammond. 2014. Implantable silk composite microneedles for programmable vaccine release kinetics and enhanced immunogenicity in transcutaneous immunization. *Advanced Healthcare Materials* 3:47-58.

Eichlin, T.D. 1992. Clearwing moths of Baja California, Mexico (Lepidoptera: Sesiidae). *Tropical Lepidoptera Research* 3:135-150.

Elizarrarás, S.L. 2013. *Iniciativa de acuerdo económico*. En: <https://www.cbcs.gob.mx/SESIONES/PORDINARIO31XIII/08-MAYO-2013/IIIPUNTO.pdf>, última consulta: 20 de diciembre de 2020.

Espinoza, L.P.S. 2012. *La conservación de la mariposa cuatro espejos (Rothschildia cincta). Hacia una propuesta de turismo indígena en localidades yoreme/mayo de Sonora*. Tesis de maestría. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C., Hermosillo.

Frank, K.D. 2006. Effects of artificial night lighting on moths. En: *Ecological consequences of artificial night lighting*. C. Rich y T. Longcore (eds.). Island Press, Washington D.C., pp. 305-344.

Gius. 2012. *Las mariposas blancas llegaron para quedarse*. En: <https://noticabos.wordpress.com/2012/12/27/las-mariposas-blancas-llegaron-para-quedarse/>, última consulta: 2 de agosto de 2021.

Gobierno del Estado. 1991. *Ley de Equilibrio Ecológico y Protección del Ambiente del Estado de Baja California Sur*. Publicada el 30 de noviembre de 1991 en el Boletín Oficial del Gobierno del Estado de Baja California Sur. Última reforma publicada el 12 de diciembre de 2018.

González-Abraham, C.E., P.P. Garcilán y E. Ezcurra. 2010. Ecorregiones de la Península de Baja California: una síntesis. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 87:69-82.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Hardy, J.G. y T.R. Scheibel. 2010. Composite materials based on silk proteins. *Progress in Polymer Science* 35:1093-1115.

Heppner, J.B. 2008a. Butterflies (Lepidoptera: Rhopalocera). En: *Encyclopedia of entomology*. J.L. Capinera (ed.). Springer, Dordrecht, pp. 623-626.

—. 2008b. Butterflies and moths (Lepidoptera). En: *Encyclopedia of entomology*. J.L. Capinera (ed.). Springer, Dordrecht, pp. 626-672.

INAH. Instituto Nacional de Antropología e Historia. 2018. *Los capullos de mariposa, elemento primordial para la danza de pascola y venado, disminuyen en Sonora*. En: <https://www.inah.gob.mx/attachments/article/7294/20180622_boletin_203.pdf>, última consulta: 18 de diciembre de 2020.

INIFAP. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. 2017. *Agenda Técnica Agrícola de Baja California Sur*. SAGARPA/COFUPRO/INIFAP, México.

Jia, M., Z. Chen, Y. Guo *et al*. 2017. Efficacy of silk fibroin-nano silver against *Staphylococcus aureus* biofilms in a rabbit model of sinusitis. *International Journal of Nanomedicine* 12:2933-2939.

Llorente-Bousquets, J., I. Vargas-Fernández, A. Luis-Martínez *et al*. 2014. Biodiversidad de Lepidoptera en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85:353-371.

Luis-Martínez, A., J. Llorente-Bousquets e I. Vargas-Fernández. 2003. *Nymphalidae de México I (Danainae, Apaturinae, Biblidinae y Heliconiinae): distribución geográfica e ilustración*. Facultad de Ciencias-UNAM/CONABIO, México.

Luna-Reyes, M.M. 2020. Mariposas diurnas (Lepidoptera). En: *La biodiversidad en Morelos. Estudio de Estado 2*. Vol. II. CONABIO, México, pp. 203-209.

Márquez-Salazar, G., B. Salomón-Montijo y M.C. Compeán. 2016. Propuesta para incluir a la palomilla cuatro espejos (*Rothschildia cincta cincta*) en la NOM-059-SEMARNAT-2010 mediante la MER. Unidad Académica Escuela de Biología-Universidad Autónoma de Sinaloa/Jardín Botánico Benjamín Francis Johnston, Culiacán.

McGavin, G.C. 2002. *Entomología esencial*. Ariel, Barcelona.

Nabhan, G.P. y S.L. Buchmann. 1997. Services provided by pollinators. En: *Nature's services: societal dependence on natural ecosystems*. G.C. Daily (ed.). Island Press, Washington, pp. 133-150.

Nieukerken, E.J., L. Kaila, I.J. Kitching *et al*. 2011. Order Lepidoptera Linnaeus, 1758. En: Animal biodiversity: an outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness. Z.-Q. Zhang (ed.). *Zootaxa* 3148:212-221.

Peigler, R.S. 1994. Non-sericultural uses of moth coccoons in the diverse cultures. *Proceeding of Denver Museum of Natural History* 5:1-20.

Peigler, R.S. y M. Maldonado. 2005. Uses of cocoons of *Eupackardia calleta* and *Rothschildia cincta* (Lepidoptera: Saturniidae) by Yaqui Indians in Arizona and México. *Nachrichten des Entomologischen Vereins Apollo* 26:111-119.

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.

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.

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/Programa de Pequeñas Donaciones, México, pp. 192-196.

Puga, L. y J. Escoto. 2015. Insectos potencialmente comestibles del estado de Aguascalientes, México. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes* 64:19-25.

Pyle, R.M. 1995. A history of Lepidoptera conservation, with special reference to its Remingtonian debt. *Journal of the Lepidopterists' Society* 49:397-411.

Rafailov, I. 2003. *Dicionário Igor de fobias*. Livro Rápido, Brasil.

Rathcke, B.J. y R.W. Poole. 1975. Coevolutionary race continues: butterfly larval adaptation to plant trichomes. *Science* 187:175-176.

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.

Romero-Mata, A., Z. Cano-Santana, S.G. Ortiz-Cruz y P. Corona-Tejeda. 2025. Palomillas y sus orugas (Lepidoptera). En: *La biodiversidad en Guerrero. Estudio de Estado*. CONABIO, (inédito).

Romero-Mata, A., Z. Cano-Santana, J.P. Ruedas y P. Corona-Tejeda. 2020. Mariposas nocturnas (Lepidoptera). En: *La biodiversidad en Morelos. Estudio de Estado 2*. Vol. II. CONABIO, México, pp. 211-220.

SAGARPA. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 2015. *Agenda Técnica Agrícola de Baja California Sur*. SAGARPA/INIFAP/CIMMYT/UACH, México.

Salomón-Montijo, B. y G. Márquez-Salazar. 2015. Método de evaluación del riesgo de la palomilla cuatro espejos (*Rothschildia cincta cincta*) (Tepper, 1883) (Lepidoptera: Saturniidae) en México. *Juyyaania* 3:25-39.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Santiago-León, F., M. Lagunas-Vázques y A. Ortega-Rubio. 2012. Diagnosis de la deforestación y restauración de la cobertura de la vegetación de la reserva de la biosfera posterior a su decreto. En: *Evaluación de la Reserva de la Biosfera Sierra La Laguna, Baja California Sur: avances y retos*. A. Ortega-Rubio, M. Lagunas-Vázques y L.F. Beltrán-Morales (eds.). CIBNOR, La Paz, pp. 331-352.

Schowalter, T.D. 2011. *Insect ecology: An ecosystem approach*. Academic Press, Ámsterdam.

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.

Stamp, N. y T.M. Casey. 1993. *Caterpillars: ecological and evolutionary constraints on foraging*. Chapman and Hall, Londres.

Summerville, K.S. y T.O. Crist. 2001. Effects of experimental habitat fragmentation on patch use by butterflies and skippers (Lepidoptera). *Ecology* 82:1360-1370.

Taylor, P.D., L. Fahrig, K. Henein y G. Merriam. 1993. Connectivity is a vital element of landscape structure. *Oikos* 68:571-573.

Triplehorn, C. y N. Johnson. 2005. *Borror and DeLong's introduction to the study of insects*. Thomson Learning, San Francisco.

Wigglesworth, V.B. 1974. *Insect physiology*. Springer, Ámsterdam.

Yoon, S.A. y Q. Read. 2016. Consequences of exotic host use: impacts on Lepidoptera and a test of the ecological trap hypothesis. *Oecologia* 181:985-996.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Abejas, avispas y hormigas (Hymenoptera)

Zenón Cano Santana, Yury Glebskiy, Ariana Romero Mata, Ana Celeste Martínez Cervantes, Gabriela Castaño Meneses e Ismael Alejandro Hinojosa Díaz

Las hormigas... deben continuar su camino contra el veneno y contra el pisoteo, para que este planeta no se vuelva otro lugar desierto y sin hormigas.
José Emilio Pacheco, *Hormigas*

Descripción

Las abejas, avispas y hormigas son insectos agrupados en el orden Hymenoptera. Tienen una metamorfosis completa (pasan por las etapas de huevo, larva, pupa y adulto), una cintura generalmente estrecha y un aparato bucal masticador; las hembras poseen un órgano ovipositor muy alargado que a veces está modificado en forma de aguijón; algunas especies viven en colonias sociales, y las especies y formas aladas tienen dos pares de alas membranosas con pocas venas (McGavin 2002, Cano-Santana y Romero-Mata 2016). Los himenópteros se alimentan de néctar, polen, insectos, arañas, hojas, semillas, secreciones de pulgones, carroña y hongos; además, pueden ser polinizadores, herbívoros, formadores de agallas, parasitoides (cuyas larvas se desarrollan a expensas de un artrópodo hospedero hasta ocasionarle la muerte) o depredadores (McGavin 2002, Wolff 2006).

Las hormigas (familia Formicidae) viven todas en colonias, tienen cabezas muy grandes, así como antenas en forma de L, debido a que el primer segmento es muy largo y, por otro lado, el primero o los dos primeros segmentos de su abdomen tienen forma de joroba. Las abejas (10 familias) poseen un cuerpo relativamente ancho cubierto de mucho pelo, los pelos del tórax están ramificados o tienen forma de pluma, su aparato bucal también es capaz de lamer y en sus patas traseras tienen pelos adaptados para recoger y acarrear polen. Por su parte, las avispas (80 familias) tienen un cuerpo generalmente delgado, alargado y liso o con poco pelo (figura 1; Metcalf y Flint 1965, McGavin 2002, Wolff 2006, Cano-Santana y Romero-Mata 2016).

Diversidad

Hymenoptera es uno de los órdenes más diversos de insectos. En el mundo se registran 153 088 especies (Aguiar *et al.* 2013), de los cuales 6 845[1] se encuentran en México (CONABIO 2008, Ríos-Casanova 2014, Falcón *et al.* 2019): 1 860 son abejas (Falcón *et al.* 2019), 973 son hormigas (Ríos-Casanova 2014) y 4 012 son avispas (CONABIO 2008).

1 Calculado de las 6 313 especies de Hymenoptera que reporta CONABIO (2008) más las 472 especies adicionales de hormigas que registra Ríos-Casanova (2014), así como las 60 especies adicionales de abejas que reportan Falcón y colaboradores (2019).

Cano-Santana, Z., Y. Glebskiy, A. Romero-Mata, A.C. Martínez, G. Castaño-Meneses e I.A. Hinojosa-Díaz. 2025. Abejas, avispas y hormigas (Hymenoptera). En: *La biodiversidad en Baja California Sur. Estudio de Estado*. Vol. II. CONABIO/FFB, México, pp. 271-279.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

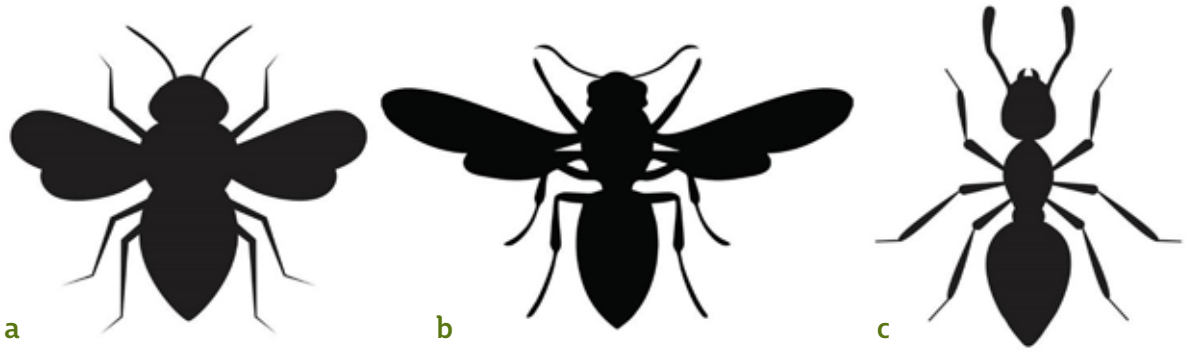


Figura 1. Forma general de: a) abejas; b) avispas; c) hormigas. Ilustraciones: Aimée Parra Campos.

En Baja California Sur se encuentran 793 especies y subespecies de himenópteros (de las cuales 655 son especies identificadas), lo que conforma 11.6% de la riqueza a nivel nacional, un porcentaje importante si se considera que esta entidad representa menos de 4% del territorio nacional (INEGI 2018). De estas especies y subespecies, 363 son de abejas (19.5% de la diversidad del país), 353 avispas (8.8%) y 77 hormigas (7.9%, apéndice 20). Se considera que esta riqueza está claramente subestimada, pues el inventario del estado no está completo. Por ejemplo, entre 2015 y 2016 se publicaron trabajos que registran siete especies de avispas del género *Coccobius* colectadas en Las Barracas (municipio de Los Cabos) que son nuevas para la ciencia (Myartseva 2015, Myartseva *et al*. 2016a, b).

Los himenópteros reportados en el territorio sudcaliforniano se encuentran agrupados en 37 familias (6 de abejas, 30 de avispas y una de hormigas) y 323 géneros (67 de abejas, 225 de avispas y 31 de hormigas). Las familias más diversas son: Apidae (abejas, 118 especies y subespecies), Megachilidae (abejas, 98), Crabronidae (avispas, 84), Andrenidae (abejas, 80) y Formicidae (hormigas, 77; cuadro 1). Entre los registros hay 58 especies y subespecies (24 abejas, 28 avispas y seis hormigas) que no se han encontrado en ninguna otra entidad, por lo que son o muy probablemente son endémicas al estado (apéndice 20), lo cual representa 7.3% de la riqueza en la entidad.

Distribución

La mayoría de registros de himenópteros se encuentran en Los Cabos (137), seguidos de La Paz (123), Comondú (73), Mulegé (43) y Loreto (21; apéndice 20). Entre las localidades en las que se han encontrado e identificado himenópteros destacan Las Barracas y Cabo San Lucas (municipio de Los Cabos); La Paz, Todos Santos y Sierra La Laguna (La Paz); Constitución y bahía Magdalena (Comondú); San Ignacio y bahía Concepción (Mulegé); y Loreto y bahía Agua Verde (Loreto, apéndice 20).

Importancia

Los himenópteros son los insectos más benéficos para la humanidad, pues ofrecen tres importantes servicios ecosistémicos de regulación: la polinización, el control de plagas y la dispersión de semillas. Todas las abejas, algunas avispas y raramente las hormigas favorecen la fecundación y la reproducción de plantas cultivadas y silvestres, en tanto que las avispas parasitoides y depredadoras ejercen un control férreo de las poblaciones de insectos dominantes en la naturaleza y de serias plagas agrícolas, mientras que las hormigas dispersan semillas; adicionalmente, estos insectos brindan diversos servicios de provisión de bienes, como miel, cera, polen y propóleo (Metcalf y Flint 1965, Coronado y Márquez 1982, Handel y Beattie 1990, McGavin 2002, Delnevo y van Etten 2019).

Los himenópteros ayudan a polinizar una gran variedad de plantas de las que se obtienen alimentos y medicinas alrededor del mundo (las abejas polinizan 95.6% de esas plantas y las avispas 4.8%; Nabhan y Buchmann 1997). De hecho, la acción de las abejas permite que haya mejores cosechas para la agricultura (Goulson *et al*. 2015).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Cuadro 1. Riqueza de especies y subespecies de himenópteros presentes en el estado.

Familia	Especies y subespecies
Abejas	
Andrenidae	80
Apidae	118
Colletidae	17
Halictidae	40
Megachilidae	98
Melittidae	10
Subtotal	**363**
Avispas	
Agaonidae	1
Aphelinidae	33
Braconidae	50
Bradynobaenidae	1
Chalcididae	2
Chrysididae	8
Crabronidae	84
Diapriidae	1
Encyrtidae	11
Eulophidae	15
Eupelmidae	1
Eurytomidae	1
Evaniidae	3
Ichneumonidae	19
Leucospidae	1
Mutillidae	16
Mymaridae	13
Perilampidae	2
Platygastridae	9
Pompilidae	7
Pteromalidae	10
Scelionidae	4
Signiphoridae	5
Sphecidae	3
Stephanidae	1
Tanaostigmatidae	2
Tiphiidae	7
Torymidae	2
Trichogrammatidae	1
Vespidae	40
Subtotal	**353**
Hormigas	
Formicidae	77
Total	**793**

Fuente: elaboración propia.

En el estado se registra que las abejas son polinizadores importantes de la alfalfa (*Medicago sativa*), el girasol (*Helianthus annuus*) y la hierbabuena (*Mentha viridis*; Soriano-Ortega 2003, Cota-Hernández 2014); en tanto que las flores de los cirios (*Fouquieria columnaris*) son visitadas tanto por abejas como por avispas (Nabhan *et al.* 2000). Por su parte, en la entidad se reportan 4 680 colmenas que producen 202 t de miel al año (figura 2; SADER 2018). Adicionalmente, los himenópteros son organismos intermediarios de las redes alimentarias de los ecosistemas en el estado, pues son alimento de lagartijas (*Sceloporus hunsakeri* y *S. licki*; Galina-Tessaro *et al.* 2015), zorras del desierto (*Vulpes macrotis*; Frieven-Flores 2003), mapaches (*Procyon lotor*; García-Paz 2009) y arañas (Jiménez-Jiménez 1988, Jiménez-Jiménez y Tejas 1994).

Por otro lado, se ha reportado que las avispas loderas (*Sceliphron jamaicense lucae*, figura 3) y la avispa *Chalybion californicum* de los oasis del municipio de Comondú, son parasitoides de arañas (Gadar-Aguayo 2009). Particularmente para beneficio del sector productivo, en el estado se han introducido las avispas *Tamarixia radiata* y *Anagyrus kamali* para controlar al psílido *Diaphorina citri* y a la cochinilla rosada del hibisco (*Maconellicoccus hirsutus*), respectivamente, que constituyen serias plagas de varios cultivos, entre los que se encuentran los cítricos (SENASICA 2016, 2020).

Por su parte, las hormigas tienen importancia ecológica, pues cumplen varios roles como consumidoras de insectos, semillas, hojas y polen (figura 4; León de la Luz y Domínguez 1991, Medel-Narváez 2003, Castaño-Meneses 2012). Por ejemplo, en Baja California Sur la hormiga *Solenopsis geminata* ataca a los insectos que se alimentan de los cítricos (Castaño-Meneses 2012). En general, las hormigas aceleran el ciclaje de nutrientes y muchas especies cavan profundas galerías moviendo grandes cantidades de suelo, lo que permite su aireación (McGavin 2002). Por sus hábitos herbívoros, algunas hormigas pueden ser de importancia económica cuando son plaga, como las hormigas arrieras (*Atta* spp.), que suelen atacar al palo de arco (*Tecoma stans*) en el municipio de Los Cabos (INIFAP 2017).

Cabe señalar que los himenópteros están presentes en la cultura del estado. Existe un pueblo en el municipio de Comondú llamado Las avispas, y estos

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Figura 2. Abeja mielera (*Apis mellifera*). La entidad es productora de miel gracias a esta especie. Foto: Víctor Hugo Luja/Banco de imágenes CONABIO.



Figura 3. Avispa lodera (*Sceliphron jamaicense lucae*) de San Juan, Todos Santos. Foto: Bill Levine.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

insectos están presentes en la obra literaria de Estela Davis, una escritora sudcaliforniana, quien recuerda que en su infancia veía jugar a sus hermanos "entre nubes de bitachis y avispas" (Davis 2017:207). Al parecer, bitachi es el nombre que se le da en el noroeste del país (incluido Baja California Sur) a una avispa que hace sus panales en los árboles, es muy veloz y produce una picadura muy dolorosa (Vélez 2008).

Situación y estado de conservación

Seis especies con distribución en la entidad se encuentran en la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN 2025): una en la categoría de casi amenazada (la abeja *Colletes peninsularis*), dos como especies vulnerables (la hormiga *Dorymyrmex insanus* y el abejorro *Bombus* (*Thoracobombus*) *pensylvanicus*), y tres como especies en peligro (las abejas *Ancyloscelis melanostoma* y *Centris* (*Paracentris*) *vanduzeei*, y el abejorro *Bombus* (*Cullumanobombus*) *crotchii*).

Amenazas para su conservación

Los himenópteros, como la mayoría de la biodiversidad, se encuentran amenazados sobre todo por la destrucción de sus hábitats. En el caso de la entidad, esta destrucción es producto de dos procesos: 1) la destrucción del matorral xerófilo para dedicar la superficie que ocupa para actividades agropecuarias y para extender las áreas urbanas; y 2) la transformación de áreas agropecuarias a zonas urbanas. En el periodo 1978-2000, ambos procesos afectaron a nivel peninsular una superficie de 2 646.9 km^2 y 318.3 km^2, respectivamente (Rosete-Vergés *et al.* 2008).



Figura 4. Hormiga del género *Acromyrmex*. Foto: Miguel Ángel Sicilia Manzo/Banco de imágenes CONABIO.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Otras actividades que también destruyen hábitats son la construcción de infraestructura minera y turística. Benet (2018) discute lo preocupante que sería la explotación minera en la Reserva de la Biosfera Sierra La Laguna, en tanto que Zambrano (2019) analiza cómo el turismo puede deteriorar y destruir los ecosistemas naturales, debido a que una fracción de los turistas exigen instalaciones que les ofrezcan multitud de comodidades. El uso de pesticidas en las actividades agrícolas, en particular los insecticidas neonicotenoides[2] y piretroides[3] (Goulson *et al.* 2015, Falcón *et al.* 2019), es otra gran amenaza para este grupo. Asimismo, el cambio climático es un factor preocupante, debido a que muchas abejas son muy sensibles a los cambios de temperatura (Goulson *et al.* 2015, Falcón *et al.* 2019). Adicionalmente, los parásitos son un problema para los himenópteros en el estado (Falcón *et al.* 2019), en particular para las abejas mieleras que son afectadas desde 1997 por la varroasis, una enfermedad causada por el ácaro *Varroa destructor* (Aguirre *et al.* 2007), que es capaz de trasmitir patógenos (Goulson *et al.* 2015).

En adición a lo anterior, el rechazo de los humanos a los insectos en general, afecta negativamente el tamaño y crecimiento de sus poblaciones. En este sentido, se sabe que las avispas loderas que habitan cerca de la Reserva de la Biosfera Sierra La Laguna son rechazadas porque construyen sus nidos dentro de las casas (Jiménez-Jiménez y Palacios-Cardiel 2012).

Una gran amenaza a este grupo es la introducción de especies exóticas, las cuales ocasionan cambios en la estructura original del componente biótico y modifican o truncan procesos evolutivos de especies nativas que han venido desarrollándose por muchos años (Ruiz-Campos *et al.* 2014). Un ejemplo de especie exótica es la abeja mielera, que acapara los recursos que antiguamente usaban las especies originarias del lugar, reduce la diversidad de abejas nativas y disminuye la eficacia de la polinización para las plantas (Valido *et al.* 2014, Goulson *et al.* 2015).

Los himenópteros son los mejores polinizadores y su pérdida es la causa principal de lo que se conoce como la crisis de polinizadores, lo que podría considerarse una de las más peligrosas que puede enfrentar la humanidad (Rhodes 2018). Es deseable mantener una alta diversidad de abejas nativas, pues se ha demostrado que esta condición mejora la polinización y se registra mayor productividad en los cultivos (Brittain *et al.* 2013).

Acciones para la conservación

Algunas acciones centrales para garantizar la preservación de los servicios ambientales que prestan los himenópteros son (Carabias *et al.* 2009, Cano-Santana y Valverde 2015):

- La protección efectiva de los ecosistemas que les sirven de hábitat (que incluye las áreas naturales protegidas; ANP).
- La restauración ecológica de los hábitats que han sido modificados o destruidos para la agricultura o para incrementar la superficie urbana.
- El incremento en tamaño y número de las ANP.
- La puesta en marcha de un programa estatal para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero para combatir el cambio climático.

Asimismo, se sugiere incluir la reducción de los factores que ejercen presión sobre los himenópteros como el freno a la destrucción de sus hábitats y el uso de pesticidas. Algunas medidas alternativas a los pesticidas incluyen el uso de plantas que sirven como insecticidas orgánicos naturales (p.e. la menta *Mentha piperita*), o bien, el empleo de parasitoides para combatir las plagas, lo cual ha sido probado con buenos resultados. Por ejemplo, se han liberado avispas del género *Trichogramma* para combatir al gusano elotero en los municipios de La Paz y Los Cabos (INIFAP 2017).

En las zonas urbanas es deseable conservar porciones de terreno con vegetación nativa (p.e. árboles aunque estén aislados), para que las abejas y avispas puedan alimentarse y anidar (Goulson *et al.* 2015). Adicionalmente, es necesario regular la introduc-

2 Los neonicotenoides son compuestos derivados de la nicotina que reducen la capacidad de aprendizaje olfatorio de abejas y hormigas (Ortega-Varela 2018).
3 Los piretroides son compuestos derivados del petróleo que dañan el sistema nervioso de los insectos (Bisset 2002).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

ción de colmenas de abejas mieleras por sus efectos negativos en la diversidad estatal de abejas nativas. Por último, es necesario contar con un programa de gobierno que se encargue de concientizar sobre la trascendencia de mantener poblaciones abundantes y diversas de abejas para la producción de alimentos (Goulson *et al.* 2015). Una evaluación sintética de las herramientas que operan en la entidad sugieren que:

1) El sistema de ANP es muy sólido en el estado: existen 12 ANP, entre las que se incluyen varias islas, así como la zona de El Vizcaíno al norte y la Sierra La Laguna al centro-sur (CONANP 2015); no obstante, los ecosistemas del centro del estado están sin protección, así como una gran extensión de los ecosistemas costeros del centro y sur.
2) El Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias hace esfuerzos para diseñar técnicas que buscan reducir el uso de insecticidas, como es el caso de las implementadas con parasitoides para el control del gusano elotero (INIFAP 2017).
3) La Ley de Equilibrio Ecológico y Protección del Ambiente del Estado de Baja California Sur (Gobierno del Estado 1991) incorpora los conceptos de restauración del equilibrio ecológico, cambio climático y contaminación de aire, agua y suelo, así como de educación ambiental, todo lo cual, en general, es sumamente favorable. En ella se reconoce la bondad de incorporar la educación ecológica en los planes de estudio desde el nivel básico. Sin embargo, es importante que: a) se consoliden las estrategias y herramientas de trabajo en las áreas mencionadas a nivel estatal y municipal; b) se reconozca como restauración ecológica a todas las acciones encaminadas a recuperar la función integral del ecosistema natural, y no solo como una herramienta de rehabilitación estética y de combate a la contaminación; c) se cree una institución que se encargue del diseño, financiamiento e implementación de las acciones de restauración ecológica a nivel estatal con la cooperación de científicos especialistas en el área; y d) se reconozca el gran peligro que representan las especies exóticas invasoras y su potencial dañino para los ecosistemas naturales, las cuales no están consideradas en dicha ley.

Conclusiones y recomendaciones

El estado es rico en especies de abejas, avispas y hormigas, las cuales cumplen funciones vitales importantes de polinización, regulación de poblaciones y mantenimiento del suelo, entre otras. Los principales factores de riesgo que pueden reducir esta valiosa diversidad estatal de himenópteros son: a) la destrucción de sus hábitats por cambio de uso del suelo (actividades agropecuarias, urbanización, minería y turismo); b) el uso de pesticidas; c) el cambio climático; d) el rechazo de los humanos; y e) la introducción de especies exóticas invasoras.

La Ley de Equilibrio Ecológico y Protección del Ambiente del Estado de Baja California Sur (Gobierno del Estado 1991) y su sistema de ANP tiene muchas virtudes, pero dicha ley requiere consolidar los objetivos de protección de los ecosistemas y de la naturaleza con instituciones, procedimientos y acciones concretas, además de que debería considerar el riesgo que corre su diversidad de abejas ante las especies invasoras, en tanto que se recomienda la protección de más ANP en el territorio estatal. Todo lo anterior traería consigo una alta calidad de vida de los sudcalifornianos y el mantenimiento sustentable del valioso potencial ecoturístico de los ecosistemas naturales del estado.

Agradecimientos

Agradecemos al M. en C. Iván Castellanos-Vargas, a Adid Eloradana Alonso Ortiz y a Paulina Corona Tejeda el apoyo técnico. A Aimée Parra Campos la elaboración de la figura 1. A Laura Cárdenas y al Banco de imágenes CONABIO, así como a Bill Levine por facilitarnos sus fotos.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Referencias

Aguiar, A.P., A.R. Deans, M.S. Engel *et al.* 2013. Order Hymenoptera. *Zootaxa* 3703(1):51-62.

Aguirre, J.L., J. Demedio y E. Roque. 2007. Eficacia de las tiras de Apistan nuevas y reutilizadas por una vez, en Baja California Sur, México. *Revista de Salud Animal* 29(2):123-127.

Benet, R. 2018. *Intensa contaminación de los acuíferos, provocada por las minas de Baja California Sur*. En: <https://aristeguinoticias.com/1005/mexico/intensa-contaminacion-de-los-acuiferos-provocada-por-las-minas-de-baja-california-sur-articulo/>, última consulta: 4 de mayo de 2019.

Bisset, J. A., 2002. Uso correcto de insecticidas: control de la resistencia. *Revista Cubana de Medicina Tropical* 54(3):202-219.

Brittain, C., N. Williams, C. Kremen y A.M. Klein. 2013. Synergistic effects of non-*Apis* bees and honey bees for pollination services. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 280:20122767.

Cano-Santana, Z. y A. Romero-Mata. 2016. Abejas y avispas (Hymenoptera). En: *La biodiversidad en la Ciudad de México*. Vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp. 357-362.

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

Carabias, J., T. Valverde, J. Meave y Z. Cano-Santana. 2009. *Ecología y medio ambiente en el siglo XXI*. Pearson-Prentice Hall, México.

Castaño-Meneses, G. 2012. Hormigas (Hymenoptera: Formicidae) asociadas a cultivos de cítricos en Baja California Sur. *Entomología Mexicana* 11:341-346.

CONABIO. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2008. *Capital natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio*. CONABIO, México.

CONANP. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 2015. *Áreas naturales protegidas de Baja California Sur*. En: <https://simec.conanp.gob.mx/temas/08%20Mapas_por_estado%20100/ANP%20BCS%202015.pdf>, última consulta: 11 de julio de 2021.

Coronado, R. y A. Márquez. 1982. *Introducción a la entomología. Morfología y taxonomía de insectos*. Limusa, México.

Cota-Hernández, J.E. 2014. *Los extractos de plantas en el control de plagas en los cultivos agrícolas*. Tesis de licenciatura. UABCS, Baja California Sur.

Davis, E. 2017. *Conversaciones y memorias*. Instituto Sudcaliforniano de Cultura/Secretaría de Cultura/Gobierno del Estado de Baja California Sur, La Paz.

Delnevo, N. y E.J. van Etten. 2019. Tales of the unexpected-ant pollination mutualism. *Frontiers in Ecology and the Environment* 17(10):558-558.

Falcón, A., R. Rodríguez-Estrella y M.L. Jiménez. 2019. *La paradoja de la conservación de abejas en México: Apis mellifera vs. la megadiversidad de abejas silvestres*. En: <https://www.elsoldemexico.com.mx/analisis/la-paradoja-de-la-conservacion-de-abejas-en-mexico-apis-mellifera-vs.-la-megadiversidad-de-abejas-silvestres-3634917.html>, última consulta: 27 de enero de 2020.

Frieven-Flores, C.A. 2003. *Selección temporal y espacial de hábitat pro la zorra del desierto (Vulpes macrotis devia), en las planicies de Magdalena B.C.S., México*. Tesis de maestría. CIBNOR, La Paz.

Gadar-Aguayo, Y.A. 2009. *Inquilinismo en nidos de Sceliphron jamaicense lucae en oasis de Baja California Sur*. Tesis de maestría. CIBNOR, La Paz.

Galina-Tessaro, P., D. López Acosta, S. Álvarez Cárdenas *et al.* 2015. *Contribución a la distribución, ecología y estado de conservación de dos especies del género Sceloporus, endémicas de la región del Cabo, Baja California Sur*. Informe final SNIB-CONABIO, proyecto No. HK012. CIBNOR, La Paz.

García-Paz, R. 2009. *Determinación de la dieta del mapache (Procyon lotor) durante las temporadas seca y húmeda en la Sierra El Mechudo, Baja California Sur, México*. Informe final de servicio social. UAM-Xochimilco, México.

Gobierno del Estado. 1991. *Ley de Equilibrio Ecológico y Protección del Ambiente del Estado de Baja California Sur*. Publicada el 30 de noviembre de 1991 en el Boletín Oficial del Gobierno del Estado de Baja California Sur. Última reforma publicada el 12 de diciembre de 2018.

Goulson, D., E. Nicholls, C. Botías y E.L. Rotheray. 2015. Bee declines driven by combined stress from parasites, pesticides, and lack of flowers. *Science* 347(6229):1255957.

Handel, S.N. y A.J. Beattie. 1990. Seed dispersal by ants. *Scientific American* 263(2):76-83.

INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2018. *Referencias geográficas y extensión territorial de México* En: <http://www.inegi.org.mx/inegi/spc/doc/internet/1-geografiademexico/man_refgeog_extterr_vs_enero_30_2088.pdf>, última consulta: 22 de mayo de 2019.

INIFAP. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. 2017. *Agenda Técnica Agrícola de Baja California Sur*. SAGARPA/COFUPRO/INIFAP, México.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Jiménez-Jiménez, M.L. 1988. Aspectos ecológicos de las arañas. En: *La Sierra de la Laguna de Baja California Sur.* L. Arriaga y A. Ortega (eds.). CIBNOR, La Paz, pp. 149-164.

Jiménez-Jiménez, M.L. y C. Palacios-Cardiel. 2012. Artrópodos no insectos de la Sierra de La Laguna. En: *Evaluación biológica y ecológica de la Reserva de la Biosfera Sierra de La Laguna, Baja California Sur: avances y retos.* A. Ortega-Rubio, M. Lagunas-Vázques y L.F. Beltrán-Morales (eds.). CIBNOR, La Paz, pp. 73-88.

Jiménez-Jiménez, M.L. y A. Tejas. 1994. Las arañas de la avispa lodera *Trypoxylon* (*Trypargilum*) *tridentatum tridentatum* en Baja California Sur, México. *Southwestern Entomologist* 19(2):173-180.

León de la Luz, J.L. y R. Domínguez. 1991. Evaluación de la reproducción por semilla de la pitaya agria (*Stenocereus gommosus*) en Baja California Sur, México. *Acta Botanica Mexicana* 14:75-87.

McGavin, G.C. 2002. *Entomología esencial.* Ariel, Barcelona.

Medel-Narváez, A. 2003. *Biología floral y estructura poblacional de cardón [Pachycereus pringlei (S. Wats.) Britton & Rose (Cactaceae)] en el Comitán, Baja California Sur.* Tesis de maestría. CIBNOR, La Paz.

Metcalf, C.L. y W.P. Flint. 1965. *Insectos destructivos e insectos útiles.* Continental, México.

Myartseva, S.N. 2015. Three new species of the genus *Coccobius* Ratzeburg, 1852 (Hymenoptera: Aphelinidae) from Mexico. *Russian Entomological Journal* 24(3):243-246.

Myartseva, S.N., E. Ruiz-Cancino y J.M. Coronado-Blanco. 2016a. Coccophaginae (Hymenoptera: Chalcidoidea: Aphelinidae) de México con clave de géneros y descripción de una nueva especie. *Acta Zoológica Mexicana* 32(1):6-11.

—. 2016b. Two new species of the genus *Coccobius* Ratzeburg, 1852 (Hymenoptera: Chalcidoidea: Aphelinidae) from Mexico. *Zoosystematica Rossica* 25(1):165-172.

Nabhan, G.P. y S.L. Buchmann. 1997. Services provided by pollinators. En: *Nature's services: societal dependence on natural ecosystems.* G.C. Daily (ed.). Island Press, Washington D.C., pp. 133-150.

Nabhan, G.P., J. Donovan, S. Buchmann y A. Búrquez. 2000. Riqueza y estabilidad de los polinizadores de los cirios (*Fouquieria columnaris*) del desierto sonorense: un análisis comparativo. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 65:39-50.

Ortega-Varela, L.F. 2018. Los neonicotinoides ¿Los pesticidas más seguros? En: *¿Ya te enteraste? Investigación científica 2.* M.E. Rivera, M.A. Medina y J.A. Verduzco (eds.). Academia Michoacana de Ciencias A.C., Morelia, pp. 55-66.

Rhodes, C.J. 2018. Pollinator decline. An ecological calamity in the making? *Science Progress* 101(2):121-160.

Ríos-Casanova, L. 2014. Biodiversidad de hormigas en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85:392-398.

Rosete-Vergés, F.A., J.L. Pérez Damián y G. Bocco. 2008. Cambio de uso del suelo y vegetación en la Península de Baja California, México. *Boletín del Instituto de Geografía-UNAM* 67:39-58.

Ruiz-Campos, G., A. Andreu, M.R. Vidal-Abarca Gutiérrez *et al.* 2014. *Catálogo de humedales dulceacuícolas de Baja California Sur, México.* SEMARNAT/INECC, México.

SADER. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. 2018. *Producción de miel 2017.* En: <https://datos.gob.mx/busca/dataset/produccion-de-miel-2017>, última consulta: 21 de mayo de 2019.

SENASICA. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad. 2016. *Laboratorio Regional de Reproducción de Agentes de Control Biológico.* En: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/210320/INFO_WEB_LRRACB_CRH_DIC_2016.pdf>, última consulta: 25 de abril de 2019.

—. 2020. *Laboratorio de Reproducción Masiva de Tamarixia radiata del CNRCB.* En: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/172342/Resumen_de_Producci_n_y_Liberaci_n_de_Tamarixia_radiata.pdf>, última consulta: 21 de enero de 2020.

Soriano-Ortega, S. 2003. *Importancia de alfalfa (Medicago sativa L.) en el estado de Baja California Sur.* Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo.

UICN. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. 2025. *The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2025-1.* En: <http://www.iucnredlist.org>, última consulta: 9 de mayo de 2025.

Valido, A., M.C. Rodríguez-Rodríguez y P. Jordano. 2014. Impacto de la introducción de la abeja doméstica (*Apis mellifera*, Apidae) en el Parque Nacional del Teide (Tenerife, Islas Canarias). *Ecosistemas* 23(3):58-66.

Vélez, M. 2008. *De bitachis y matones.* En: <https://elpregondeldesierto.blogspot.com/2008/05/martin-velez-de-bitachis-y-matones.html>, última consulta: 21 de enero de 2020.

Wolff, M. 2006. *Insectos de Colombia.* Universidad de Antioquía, Antioquía.

Zambrano, L. 2019. *Planeta (in)sostenible.* Turner, México.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Moscas, crisopas, frigáneas, pulgas y otros insectos holometábolos

Zenón Cano Santana, Ariana Romero Mata, Omar Ávalos Hernández, Yury Glebskiy, Brenda Hernández Hernández, Roxana Acosta Gutiérrez, Alejandro Issac Camargo Pérez, Claudia Irais Muñoz García y Emilio Rendón Franco

¿Veis a la mosca horrenda? Alabadla. Antes de ser mosca fue el gusano que alimentó un cadáver. Sin ella, sin su labor que roe todas las vanidades, la tierra sería un inmenso pudridero, agobiado por la carroña de quienes nos han precedido.
Padre Antonio Olvera [sermón del 2 de noviembre de 1691; en: José Emilio Pacheco, *Nuevo álbum de zoología*]

Descripción

Los insectos son los organismos más diversos sobre la Tierra. Se caracterizan por tener los siguientes rasgos: 1) un cuerpo dividido en tres regiones (cabeza, tórax y abdomen), 2) tres pares de patas, 3) dos pares de alas (aunque unas especies y grupos las han perdido de manera secundaria), 4) un par de antenas, 5) ojos compuestos, 6) un esqueleto externo compuesto de quitina que les brinda soporte y protección, y 7) metamorfosis[1] (Daly *et al.* 1978, Coronado y Márquez 1982, Bellmann 2011).

En los insectos se presentan dos tipos de metamorfosis (Gullan y Cranston 2014): 1) metamorfosis completa (u holometábola), si la forma del cuerpo de la etapa juvenil (llamada larva) y la adulta son completamente diferentes, y hay una fase intermedia de estado de pupa; y 2) una metamorfosis incompleta, cuando la apariencia física de la etapa juvenil (llamada ninfa) y la del adulto es similar (excepto por el grado de desarrollo de las alas y de los órganos sexuales, que son completamente funcionales hasta el estado adulto), de modo que no existe una fase de pupa.

En este trabajo se revisará la biología y la ecología de los insectos con metamorfosis holometábola de Baja California Sur, excepto Coleoptera (escarabajos), Lepidoptera (mariposas y palomillas) e Hymenoptera (abejas, avispas y hormigas), que son revisados en otros capítulos de esta misma obra (véanse *Escarabajos* (*Coleoptera*), *Mariposas diurnas y palomillas o polillas* (*Lepidoptera*), y *Abejas, avispas y hormigas* (*Hymenoptera*), en esta obra). En este capítulo se revisan los órdenes Megaloptera (moscas de Dobson), Raphidioptera (moscas serpiente), Neuroptera (crisopas y hormigas león), Strepsiptera (estrepsípteros), Mecoptera (moscas escorpión), Siphonaptera (pulgas), Diptera (moscas y mosquitos) y Trichoptera (frigáneas).

Diversidad

La diversidad de los grupos estudiados en este capítulo incluye 304 especies y subespecies (de las cuales

1 Serie de cambios más o menos drásticos que experimenta el aspecto físico de un animal durante su crecimiento.

Cano-Santana, Z., A. Romero-Mata, O. Ávalos-Hernández, Y. Glebskiy, B. Hernández-Hernández, R. Acosta, I. Camargo, C.I. Muñoz-García y E. Rendón-Franco. 2025. Moscas, crisopas, frigáneas, pulgas y otros insectos holometábolos. En: *La biodiversidad en Baja California Sur. Estudio de Estado*. Vol. II. CONABIO/FFB, México, pp. 281-293.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

300 son especies identificadas), que representan 4.2% de los 7 231 *taxa* que registran estos ocho órdenes en México (cuadro 1).

Neuroptéridos

Son insectos de metamorfosis completa que tienen largas antenas con muchos segmentos y presentan partes bucales masticadoras. El primer segmento del tórax es más largo que los otros dos; sus alas son similares en forma y venación, y se pliegan sobre el cuerpo; su abdomen no tiene apéndices terminales (unas colitas llamadas cercos) y su vuelo es más bien torpe (Triplehorn y Johnson 2005, Gullan y Cranston 2014). Este grupo se encuentra constituido por los órdenes Megaloptera, Raphidioptera y Neuroptera, los cuales están emparentados evolutivamente.

Los megalópteros (moscas de Dobson) son insectos de gran tamaño (*megalo*= grande), pueden medir de 1 a 15 cm de longitud, aunque sus alas pueden alcanzar 17 cm (McGavin 2002). Se distinguen porque su cabeza es aplanada, sus alas posteriores son anchas en su base, sus larvas son acuáticas y depredadoras de artrópodos, gusanos y peces. Los adultos se encuentran cerca de hábitats acuáticos y tienen hábitos nocturnos; a pesar de que tienen mandíbulas muy grandes son inofensivos, y generalmente no se alimentan (McGavin 2002, Contreras-Ramos y Rosas 2014a). En el mundo se registran 380 especies de megalópteros (Ardila-Camacho y Contreras-Ramos 2018), de las cuales 13 tienen presencia en México (Contreras-Ramos y Rosas 2014a) y una sola en Baja California Sur (*Corydalus texanus*), que representa 7.7% de las especies del país. Por esta riqueza la entidad ocupa el lugar 24° a nivel nacional, por debajo de Chiapas (8), Veracruz (7) y Oaxaca (6; Contreras-Ramos y Rosas 2014a)

Por otro lado, las moscas serpiente (orden Raphidioptera) son insectos con tamaños de 6 a 28 mm, que se caracterizan por presentar un cuello (que en realidad es el primer segmento del tórax) muy largo y tener una cabeza que es más ancha a la altura de los ojos, además las hembras presentan un largo ovipositor; tienen hábitos depredadores y sus larvas viven en ambientes terrestres, en madera muerta y en la hojarasca en zonas frías (McGavin 2002, Contreras-Ramos y Rosas 2014a).

Se describen 240 especies de este orden en el mundo; en territorio nacional se encuentran 14 (Contreras-Ramos y Rosas 2014a), y en la entidad tres: *Alena* (*Aztekoraphidia*) *australis*, *A.* (*Aztekoraphidia*) *tenochtitlana* y *Negha meridionalis* (apéndice 21), lo cual representa 21.4% de las especies del país. Por esta variedad de rafidiópteros, el estado ocupa el primer lugar a nivel nacional junto con Baja California, y por encima de Oaxaca (2); de hecho, estos insectos solo se han registrado en nueve estados más con una sola especie (Contreras-Ramos y Rosas 2014a).

Por su parte, los neurópteros son insectos alargados con dimensiones de entre 2 y 90 mm, con alas de igual talla con muchas nervaduras en forma de red y

Cuadro 1. Comparativo de la riqueza de especies a nivel mundial, nacional y estatal.

Orden	Mundo	México	Baja California Sur	Lugar en el país
Megaloptera	380[i]	13[d]	1	24
Raphidioptera	240[d]	14[d]	3	1
Neuroptera	5 750[e]	349[e]	79	1
Strepsiptera	613[b]	14[a]		
Mecoptera	600[f]	47[f]	1	14
Siphonaptera	2 575[c]	172[c]	12	17
Diptera	156 774[b]	6 157[h]	189	ND
Trichoptera	14 548[b]	465[g]	19	ND
Total	**181 480**	**7 231**	**304**	

ND: no hay datos. Fuente: elaboración propia con datos de [a]Kathirithamby y Hughes 2006, [b]Zhang 2013 (sin incluir especies fósiles), [c]Acosta-Gutiérrez 2014, [d]Contreras-Ramos y Rosas 2014a, [e]b, [f]Contreras-Ramos *et al.* 2014, [g]Cano-Santana *et al.* 2016, [h]Ibáñez-Bernal 2017, [i]Ardila-Camacho y Contreras-Ramos 2018.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

con los segmentos del tórax de tamaño similar (figura 1). La mayoría de los adultos son depredadores (unos pocos se alimentan de fluidos de plantas, néctar o polen); mientras que sus larvas, en su mayoría terrestres, pueden ser depredadoras o parásitas. El orden incluye a las crisopas (familia Chrysopidae), las hormigas león (larvas de Myrmeleontidae) y a las moscas mantis (familia Mantispidae; McGavin 2002, Contreras-Ramos y Rosas 2014b). Se alimentan de insectos (p.e. pulgones, cochinillas, termitas, abejas, avispas y hormigas), ácaros, arañas y esponjas (McGavin 2002, Contreras-Ramos y Rosas 2014b).

A nivel mundial se cuenta con 5 750 especies de neurópteros; en territorio nacional hay 349 (Contreras-Ramos y Rosas 2014b), y en el estado 79 (78 de ellas identificadas hasta nivel de especie), agrupadas en 8 familias; en conjunto representan 22.6% de la riqueza nacional (apéndice 21). Por esta riqueza, Baja California Sur ocupa el primer lugar en el país, por encima de Veracruz (76) y Sonora (72; Oswald *et al*. 2002). De este orden de insectos destacan por su riqueza las familias Myrmeleontidae (33 especies), Chrysopidae (14) y Coniopterygidae (12; cuadro 2).

Los neuroptéridos acuáticos son indicadores de la buena calidad del agua, y todos ellos, por sus hábitos depredadores, se consideran controladores de plagas de insectos fitófagos. En la entidad, las crisopas *Chrysoperla carnea* y *Chrysoperla* sp. se ocupan para regular las poblaciones de plagas que están presentes en los huertos de aguacate, cítricos, cultivos de traspatio y jardines de áreas urbanas (Ortega-Arenas *et al*. 2013, Contreras-Ramos y Rosas 2014b, INIFAP 2017).

Estrepsípteros

Los estrepsípteros (orden Strepsiptera) son insectos pequeños (0.4 a 35 mm de longitud) que viven como parásitos dentro del cuerpo de pescaditos de plata (Zygentoma) y otros insectos. Los machos tienen dos pares de alas, el par posterior tiene forma de abanico y las alas anteriores están reducidas; en tanto que las hembras tienen forma de gusano y generalmente



Figura 1. Apariencia de un neuróptero. Foto: Eli Coronel García/Banco de imágenes CONABIO.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Cuadro 2. Riqueza de especies de neurópteros por familia en la entidad.

Familia	Especies
Ascalaphidae	5
Berothidae	1
Chrysopidae	14
Coniopterygidae	12
Hemerobiidae	7
Ithonidae	1
Mantispidae	6
Myrmeleontidae	33
Total	**79**

Fuente: elaboración propia.

carecen de ojos, antenas, patas y alas, pues la mayoría nunca abandonan al huésped (Kathirithamby *et al.* 2015). Estos insectos tienen importancia ecológica, debido a que regulan a las poblaciones de algunos insectos plaga (Kathirithamby *et al.* 2015). La riqueza que tienen los estrepsípteros a nivel mundial es de 613 especies (Kathirithamby *et al.* 2015); en el país se registran 14 (Kathirithamby y Hughes 2006) y en el estado no se registra ninguna especie (Kathirithamby y Hughes 2006).

Moscas escorpión

Las moscas escorpión (Mecoptera) son insectos con dimensiones de entre 0.9 y 2.5 cm, que se caracterizan por tener un rostro alargado en forma de pico (al final del cual se insertan las mandíbulas masticadoras), unas patas y antenas largas; las estructuras reproductivas del macho en las especies de la familia Panorpidae se parecen al aguijón de un escorpión, pero son inofensivos (Borror y White 1970, Contreras-Ramos *et al.* 2014). Su cuerpo es alargado y cilíndrico; sus dos pares de alas (aunque algunas especies no las poseen) tienen el mismo tamaño y son membranosas, transparentes o con manchas oscuras (McGavin 2002, Contreras-Ramos *et al.* 2014). Algunas especies se alimentan de cadáveres de otros artrópodos de cuerpo suave, otras comen néctar, polen, jugos de frutos, pétalos, musgos y plantas, y otras más son depredadoras y capturan a sus presas con las patas traseras (Contreras-Ramos *et al.* 2014).

En el mundo se registran 600 especies de moscas escorpión, de las cuales 47 se distribuyen en México (Contreras Ramos *et al.* 2014) y solo una en territorio sudcaliforniano: la mosca colgante *Bittacus peninsularis*, que representa 2.1% de la diversidad nacional. Por ello, la entidad ocupa el 14° lugar en el país, por debajo de Puebla (8), Oaxaca (7), Jalisco (6) y Veracruz (6; Contreras Ramos *et al.* 2014). Este orden tiene importancia ecológica por ser depredadores de pequeños insectos voladores (Contreras-Ramos *et al.* 2014).

Sifonápteros

Las pulgas (orden Siphonaptera) son pequeños insectos parásitos de 1 a 8 mm, carecen de alas, pero presentan patas modificadas para el salto, y sus piezas bucales están diseñadas para picar y chupar la sangre de mamíferos (principalmente de roedores) y aves (McGavin 2002, Acosta-Gutiérrez 2014, 2016). Su cuerpo es duro, de color rojizo, comprimido lateralmente y tienen una cabeza triangular, usualmente con ojos evidentes y antenas cortas (figura 2; Marshall 1981, Traub 1985, Gullan y Cranston 2014). El cuerpo y las patas tienen pequeñas espinas y algunas especies presentan peines (Gullan y Cranston 2014). Cuando se encuentran en etapa de larva son ciegas, pálidas, sin patas (se desplazan serpenteando) y se alimentan de sangre seca y excremento de las pulgas adultas (McGavin 2002).

Se registran 2 575 especies de pulgas en el mundo, de las cuales hay 172 en México (Acosta-Gutiérrez 2014). En el estado se tienen 12 especies (11 de ellas identificadas) distribuidas en cinco familias, lo que representa 7.0% de la diversidad nacional (apéndice 22). Las familias con el mayor número de especies son Pulicidae (6) y Ceratophyllidae (3, apéndice 22). Por esta riqueza, el estado se ubica en el lugar 17, por debajo de Guerrero (61), Ciudad de México (52) y Estado de México (50; Acosta-Gutiérrez 2014).

Los animales registrados como hospederos de pulgas en la entidad pertenecen al menos a 10 especies: pelícano pardo y alcita oscura (aves); conejo del desierto, zorrillo moteado, zorra gris, perro, tres roedores silvestres y murciélago orejón californiano (mamíferos, cuadro 3). Aunque las pulgas se deben distribuir en toda la entidad, al momento la mayor cantidad de registros se localiza en Los Cabos (24), seguido por

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Figura 2. Pulga macho de la especie *Orchopeas leucopus*. Una pulga de este género se encontró infestando a un ratón silvestre del género *Peromyscus*, en Guerrero Negro. Foto: Roxana Acosta Gutiérrez.

Mulegé (21), La Paz (6) y Loreto (2); cabe señalar que en Comondú no hay registros. Las localidades donde se han colectado estos insectos son: Guerrero Negro, San José del Cabo, Cabo San Lucas, La Paz, isla Coronado, San Bernabé, La Laguna, Puerto Chileno y Sierra La Giganta, entre otras.

Las pulgas tienen importancia médica y veterinaria, debido a que infestan a los humanos y a los animales domésticos (Acosta-Gutiérrez 2016), lo cual facilita la transmisión de patógenos y parásitos, entre los que se encuentran la bacteria *Yersinia pestis* causante de la peste bubónica, y la rickettsia, que ocasiona el tifo murino (Allred 1952). En 2016 se reportaron cuatro casos de rickettsia en el estado, probablemente transmitidas por pulgas (BCS Noticias 2016a). Por otra parte, las pulgas *Echidnophaga gallinacea*, *Ctenocephalides canis* y *C. felis felis* pueden actuar como huéspedes intermediarios del cestodo *Dipylidium caninum*, que parasita perros, gatos y humanos (Ford *et al.* 2004, Salceda-Sánchez 2004). Esas tres especies de pulgas se han registrado en los municipios de Los Cabos, Mulegé y La Paz.

Dípteros

En este grupo se encuentran moscas, mosquitos (zancudos), tábanos, jejenes, chaquistes y típulas, o bien, colmoyotes y gusaneras cuando están en estado larvario. Los adultos se caracterizan por el desarrollo únicamente del primer par de alas, que son membranosas, pues el par posterior está reducido a unos pequeños órganos que les permiten mantener el equilibrio (los halterios o balancines); presentan una cabeza móvil con un par de ojos compuestos

Cuadro 3. Hospederos de las pulgas (Siphonaptera) en Baja California Sur.

Hospedero (especie)	Especies de pulgas
Aves	
Alcita oscura (*Ptychoramphus aleuticus*; nido)	*Actenopsylla suavis*
Pelícano pardo (*Pelecanus occidentalis*)	*Ceratophyllus pelecani*
Mamíferos	
Conejo del desierto (*Sylvilagus audubonii*)	*Euhoplopsyllus glacialis foxi*
Murciélago orejón californiano (*Macrotus californicus*)	*Polygenis martinezbaezi*
Perro (*Canis familiaris*)	*Pulex simulans*
Rata canguro de Merriam (*Dipodomys merriami*)	*Meringis dipodomys*
Ratón de abazones (*Chaetodipus arenarius*)	*M. dipodomys*
Ratón de Baja California (*Peromyscus fraterculus*)	*Hystrichopsylla occidentalis*
Ratón silvestre (*Peromyscus* sp.)	*Orchopeas* sp.
Zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*)	*Echidnophaga gallinacea* y *Pulex simulans*
Zorrillo moteado (*Spilogale gracilis*)	*E. gallinacea* y *Meringis* sp.

Fuente: elaboración propia.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

muy grandes y tienen dos piezas bucales modificadas que les permiten picar, chupar, cortar o lamer, para alimentarse de sangre, néctar o productos en descomposición de plantas y animales (figura 3; McGavin 2002, Palacios-Vargas *et al.* 2014).

Los dípteros son el orden más diverso entre los insectos tratados en este capítulo. A nivel mundial se cuenta con 156 774 especies (Zhang 2013) y en México se registran 6 157 (cuadro 1; Ibáñez-Bernal 2017). En el territorio sudcaliforniano se registran 189 especies (3.1% del país) distribuidas en 31 familias, y las más ricas son Bombyliidae (51), Sarcophagidae (25), Culicidae (19) y Syrphidae (13, apéndice 23, cuadro 4). Esta riqueza está por debajo de la que se registra en la Ciudad de México (350 especies; Ávalos-Hernández *et al.* 2016) y Quintana Roo (309; Ibáñez-Bernal 2011). De esas especies, 40 son endémicas al país, y 18 lo son para la entidad, es decir, son dípteros cuya distribución se restringe al país y a Baja California Sur, respectivamente (apéndice 23).



Figura 3. Aspecto de una mosca ladrona o asesina (Asilidae), depredadora de otros insectos. Foto: Víctor Hugo Luja/Banco de imágenes CONABIO.

Seguramente, esta riqueza de especies constituye una subestimación de la diversidad real en el estado, pues falta esfuerzo de colecta en la mayor parte de la entidad. En este sentido, se tienen muy pocos registros de Tachinidae (moscas parasitoides), Tephritidae (moscas de la fruta) y Agromyzidae (moscas minadoras de las hojas), y ninguno de Drosophilidae (moscas del vinagre), que son familias con alta riqueza de especies y amplia distribución mundial. Los dípteros presentes en la entidad se han colectado con mayor frecuencia en el municipio de Los Cabos (44 registros), seguido de La Paz (38), Mulegé (14), Loreto (13) y Comondú (11). Dípteros de las familias Tabanidae, Chironomidae, Ceratopogonidae, Simuliidae y Culicidae se registraron en zonas de humedales dulceacuícolas que se utilizan como abrevaderos de ganado en la cuenca San Hilario, en el balneario de arroyo San Dionisio y en el arroyo Santiago (Ruiz-Campos *et al.* 2014).

Los dípteros tienen importancia ecológica. Aunque la mayoría son saprofíticos (se alimentan de vegetación muerta), hay entre ellos una gran variedad de hábitos: depredadores, parásitos, parasitoides y polinizadores; cabe señalar que en estado adulto no dañan la vegetación, pero hay especies con larvas fitófagas que se alimentan de hojas, tallos, raíces, frutos y semillas (Daly *et al.* 1978, Ávalos-Hernández *et al.* 2016). En general, las larvas pueden ser depredadoras, parásitas, coprófagas y saprófagas (McGavin 2002).

Los dípteros también son alimento para otros animales como libélulas, mantis, avispas, arácnidos, peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos. Por ejemplo, las larvas acuáticas de los dípteros son alimento de la sardinilla peninsular (*Fundulus lima*), un pez endémico que habita en los oasis sudcalifornianos desde el río San Ignacio hasta el río Las Pocitas (Ruiz-Campos 2012). Adicionalmente, las moscas de la familia Drosophilidae son polinizadores de la pitaya agria (*Stenocereus gummosus*) en el municipio de La Paz (León de la Luz y Domínguez 1991) y son visitadores de las flores de los cirios (*Fouquieria columnaris*) en la Sierra de San Francisco, el volcán de las Tres Vírgenes y el cerro El Azufre (Martínez-Noguez 2017); mientras que las moscas de la familia Tachinidae son parasitoides efectivos que controlan las poblaciones de otros

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Cuadro 4. Riqueza de especies por familia de dípteros presentes en el estado.

Familia	Especies
Acroceridae	1
Agromyzidae	1
Apioceridae	3
Asilidae	9
Bibionidae	1
Bombyliidae	51
Calliphoridae	2
Canacidae	1
Cecidomyiidae	1
Ceratopogonidae	6
Chironomidae	1
Chloropidae	1
Culicidae	19
Dolichopodidae	4
Ephydridae	2
Hippoboscidae	2
Micropezidae	1
Mydidae	5
Mythicomyiidae	10
Phoridae	1
Psychodidae	1
Sarcophagidae	25
Simuliidae	1
Sphaeroceridae	6
Stratiomyidae	3
Syrphidae	13
Tabanidae	5
Tachinidae	4
Tephritidae	6
Tipulidae	1
Ulidiidae	2
Total	**189**

Fuente: elaboración propia.

insectos como la avispa lodera (*Sceliphron jamaicense lucae*) en los oasis del estado, mediante la infestación de sus nidos (Gadar-Aguayo 2009).

Los dípteros también tienen importancia económica. Las moscas minadoras (*Liriomyza* spp., sobre todo *L. sativae*) afectan el follaje de calabacita, chile, garbanzo, melón, sandía, tomate y tomatillo en los municipios de Comondú y La Paz (Pimentel y Delgadillo 2015, INIFAP 2017). Por su parte, se registraron infestaciones por la mosca de la fruta (*Anastrepha ludens*) en cultivos de mango, ciruela y guayaba en Los Cabos en la década de los noventa (Gutiérrez *et al.* 2013), pero intensos programas de control lograron erradicarla con éxito (SEGOB 2018).

Cabe señalar que varias especies de mosquitos son vectores de enfermedades, como la leishmaniasis, la elefantiasis, la malaria (o paludismo), el dengue y el chikungunya, entre otras (figura 4; McGavin 2002); estas dos últimas enfermedades detectadas en la entidad (SS 2017, 2018, El informante Baja California Sur 2018). Las moscas también pueden ser vectores de enfermedades, como diarrea, disentería, fiebre tifoidea y cólera. Dichas enfermedades han sido reportadas como un problema serio en las zonas urbanas de los municipios de La Paz y Los Cabos, asociado al manejo inadecuado de la basura y a problemas en el funcionamiento del drenaje (Colectivo Pericú 2012, BCS Noticias 2014).

Frigáneas

Los tricópteros o frigáneas (Trichoptera) son insectos parecidos a pequeñas palomillas de entre 2 y 38 mm, con largas antenas y patas, grandes ojos compuestos, un aparato bucal masticador muy reducido, y dos pares de alas membranosas cubiertas de pelos (algunas veces con escamas), que en reposo se mantienen dobladas en forma de techo encima del cuerpo. Sus larvas son acuáticas y construyen refugios de arena, piedritas, conchas, hojas y palitos pegados con seda, y tienen hábitos herbívoros o depredadores, en tanto que los adultos son activos en la noche (Borror y White 1970, McGavin 2002, Springer 2010, Gullan y Cranston 2014).

En el mundo se reportan 14 548 especies de tricópteros (Zhang 2013); en el país se han registrado 465 (Cano-Santana *et al.* 2016) y en la entidad 19

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Figura 4. Mosquito *Aedes albopictus*, vector de la enfermedad del dengue, y que se ha colectado en San José del Cabo y en el municipio de la Paz. Foto: David Arturo González Villarreal/Banco de imágenes CONABIO.

(17 identificadas), que representan 4.1% de la diversidad nacional, las cuales pertenecen a 10 familias, siendo Philopotamidae la que cuenta con más especies (5, apéndice 24). Esta riqueza está por encima de las 17 que se registran en la Ciudad de México (Cano-Santana *et al*. 2016).

Las frigáneas muy probablemente se distribuyen por todos los lugares del estado que mantienen cuerpos de agua. De hecho, hay reportes de colectas en todo el territorio estatal: La Paz (9 registros), Comondú (7), Los Cabos (4), Mulegé (2) y Loreto (1). Las localidades particulares en donde se han colectado estos insectos son: río Santo Domingo, Todos Santos, Sierra La Laguna, Miraflores, San Bartolo, San Ignacio y Misión San Javier.

Las frigáneas tienen gran importancia ecológica, debido a que son presas para una amplia diversidad de organismos dulceacuícolas y terrestres (p.e. arañas, libélulas, peces, anfibios, aves y murciélagos); además, regulan el crecimiento de las algas y el ciclaje de nutrientes, mientras que la presencia de sus larvas indica buena calidad del agua (McGavin 2002, Springer 2010). En Baja California Sur las larvas de tricópteros son alimento de la sardinilla peninsular (Acosta *et al*. 2011, Ruiz-Campos 2012).

Situación y estado de conservación

Ninguno de los insectos descritos se encuentra en la NOM-059 (SEMARNAT 2010), ni en el catálogo de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES 2016). Sin embargo, lo anterior no significa que estos insectos no estén en riesgo. Por ello, se recomienda estudiar el estado de poblaciones de las 18 especies de dípteros endémicos al territorio sudcaliforniano, como la mosca sarcofágida *Tapacura mexicana* de la isla San José o la mosca de la playa *Canaceoides spinosus* de Cabo San Lucas.

El bajo número de habitantes en la entidad (798 mil, el segundo estado más despoblado del país; INEGI 2025), la vasta extensión y las difíciles condiciones de aridez de la mayor parte de su territorio conlleva a una reducida huella ecológica humana, que permite diagnos-

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

ticar un relativamente alto estado de conservación de la biodiversidad de los insectos holometábolos. No obstante, esto debe ser valorado objetivamente mediante un monitoreo continuo del mantenimiento de la diversidad de insectos y un mayor esfuerzo de colecta, dado el escaso conocimiento de ciertos grupos ricos en especies, pero raramente reportados en la entidad como los dípteros de las familias Tachinidae, Tephritidae, Agromyzidae y Drosophilidae, así como de frigáneas. Por otra parte, es necesario realizar colectas para corroborar la ausencia de estrepsípteros en el estado.

Amenazas para su conservación

Estos grupos de insectos están bajo amenaza a causa de la destrucción y el deterioro de sus hábitats. En la entidad se registra la destrucción creciente de ecosistemas terrestres y de agua dulce. Los matorrales xerófilos y las selvas secas son destruidos con la finalidad de utilizar el área para actividades agropecuarias y el crecimiento de las zonas urbanas (Rosete-Vergés *et al.* 2008), como es el caso de La Paz, San José del Cabo y Cabo San Lucas. Por otro lado, megalópteros, dípteros, mecópteros y tricópteros son afectados por el deterioro de los cuerpos de agua dulce; en particular, los oasis son amenazados por las actividades turísticas e inmobiliarias, la sobreexplotación de agua dulce, la tala de especies forestales y la introducción de plantas y peces invasores (Gámez *et al.* 2014). También afectan a estos insectos el uso de oasis como abrevaderos, así como la extracción de agua para riego o uso doméstico (Ruiz-Campos *et al.* 2014).

La contaminación por actividades mineras y uso de pesticidas constituyen otra amenaza. La minería contamina con metales pesados campos, arroyos y acuíferos, lo cual se facilita debido a que de manera poco amigable con el entorno se conceden títulos de explotación dentro de áreas protegidas, como es el caso de la Reserva de la Biosfera Sierra La Laguna (Benet 2018). Asimismo, en la entidad se usan dosis de insecticidas por arriba de lo que se recomienda (García 2001), con el potencial de contaminar el suelo y el aire y, a su vez, afectar a insectos no blanco.

También se ha sugerido la importancia que tiene el cambio climático para afectar los patrones de distribución geográfica de los insectos, tal como se ha sugerido para los dípteros (Ávalos-Hernández *et al.* 2016). La entomofobia es un problema adicional que provoca que haya una aversión cultural a la presencia de estos seres vivos en casas, áreas verdes y centros de recreo, lo cual provoca que las personas las hagan huir de ciertos hábitats, las maltraten físicamente o apliquen insecticidas (Jiménez-Jiménez y Palacios-Cardiel 2012, Romero-Mata y Cano-Santana 2016). El asunto es mucho más preocupante cuando se trata de especies parásitas, como las pulgas; esto a pesar de que los parásitos son un componente importante de la biodiversidad de una región y una parte de la fauna más susceptible a desaparecer (Nichols y Gómez 2011), así como un elemento esencial de un ecosistema natural sano (Pérez *et al.* 2013). Esta aversión también se da en insectos que se alimentan de sangre, como los mosquitos, y las que se alimentan de cadáveres y excremento, como varias especies de moscas silvestres.

Acciones de conservación

La conservación de la diversidad de los insectos del territorio sudcaliforniano puede ser posible a través de la protección de los ecosistemas acuáticos y terrestres, la restauración ecológica de los hábitats que han sido modificados o destruidos, e incrementando las áreas naturales protegidas, así como mediante un compromiso estatal encaminado a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero para combatir el cambio climático (Valverde *et al.* 2005, Carabias *et al.* 2009).

Otra acción importante es reducir o utilizar alternativas al uso de insecticidas para el control de mosquitos transmisores de enfermedades, así como para controlar las plagas agrícolas. La frecuente exposición a dichos químicos ocasiona que los zancudos presenten resistencia a los piretroides; además, pobladores, fauna doméstica y silvestre se exponen a estos tóxicos y se ocasionan problemas de contaminación ambiental que provocan el encarecimiento de los programas de control (Sánchez-Arriaga *et al.* 2006, 2007). Por lo anterior, se ha sugerido el uso de plantas que contienen sustancias bioactivas contra los mosquitos de los géneros *Aedes* y *Culex*, como *Hippocratea excelsa*, *Lansium domesticum* y *Annona muricata* (Sánchez-Arriaga *et al.* 2006, 2007). En este sentido, una alternativa al uso de insecticidas en los campos agrícolas

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

es utilizar cultivos orgánicos amigables con el ambiente, que se basan en el manejo integral de plagas, así como en el uso de sustancias naturales de origen vegetal (Gobierno de la República y CONACYT 2014).

La explotación de los recursos hídricos que ofrecen los oasis supone un conflicto entre las necesidades humanas de agua y la permanencia de un hábitat para las larvas acuáticas de los insectos revisados en este capítulo. Para disminuir este conflicto, se propone llevar a cabo actividades agrícolas a pequeña escala y un turismo rural que se limite a ser de bajo impacto; además, desarrollar un esquema de educación que evite el desperdicio del agua, acompañado de la implementación de obras de captación y retención de ésta (Gámez *et al.* 2014). Esto es particularmente importante en Comondú, cuyos oasis representan un importante bastión cultural (Sauvage y Gámez 2013, Gámez *et al.* 2014).

Asimismo, es deseable reforzar la vigilancia de las áreas naturales protegidas con las que cuenta el estado para evitar su contaminación y explotación ilegal. En particular, debe evitarse que dentro de la Reserva de la Biosfera Sierra La Laguna se lleven a cabo actividades de minería a cielo abierto (BCS Noticias 2016b, Benet 2018). Una acción novedosa a nivel educativo estatal es enseñar a la juventud sudcaliforniana a conservar a sus insectos (incluidos sus representantes parásitos, como las pulgas), debido a que éstos son muy diversos, juegan importantes roles en la naturaleza y deben tener las mismas consideraciones estéticas y de utilidad que los mamíferos y las aves (Nichols y Gómez 2011).

Conclusiones y recomendaciones

Baja California Sur alberga una rica fauna de los grupos de insectos holometábolos revisados en este capítulo, lo cual se prueba con que la entidad ocupa el primer lugar en número de especies de rafidiópteros y neurópteros. Las principales amenazas de los insectos revisados aquí son: la pérdida de hábitats, el deterioro de los cuerpos de agua dulce (por actividades turísticas e inmobiliarias, sobreexplotación del agua, tala de árboles e invasión de especies exóticas), la contaminación, el cambio climático y la aversión cultural a los insectos.

Se recomienda la protección de los ecosistemas acuáticos y terrestres de la entidad, la restauración ecológica de los hábitats que han sido dañados o destruidos, el incremento en superficie de las áreas naturales protegidas, el diseño de políticas públicas estatales y municipales encaminadas a combatir el cambio climático, la reducción del uso de insecticidas, el ahorro del agua, la implementación de obras de captación del vital líquido y la ejecución de programas sobre educación ciudadana para conocer, valorar y conservar la rica fauna de insectos de la entidad.

Agradecimientos

Agradecemos al M. en C. Iván Castellanos-Vargas el apoyo técnico, y a Mirely Guzmán su apoyo en la búsqueda información. A Laura Cárdenas y al Banco de imágenes CONABIO, por las fotos que ilustran este trabajo.

Referencias

Acosta-Gutiérrez, R. 2014. Biodiversidad de Siphonaptera en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85:345-352.

—. 2016. Pulgas ectoparásitas de aves y mamíferos (Siphonaptera). En: *La biodiversidad en la Ciudad de México*. Vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp. 331-334.

Acosta, D., G. Ruíz, A. Andreu y C.A. Reyes. 2011. Seasonal diet composition of *Fundulus lima* (Cyprinodontiformes: Fundulidae) in two oasis systems of Baja California Sur, México. *Revista de Biología Tropical* 59(4):1669-1678.

Allred, D.M. 1952. Plague important fleas and mammals in Utah and the western United States. *Great Basin Naturalist* 12:67-75.

Ardila-Camacho, A. y A. Contreras-Ramos. 2018. Order Megaloptera. En: *Thorp and Covich's freshwater invertebrates. Vol. 3: Keys to Neotropical Hexapoda*. N. Hamada, J.H. Thorp y D.C. Rogers (eds.). Academic Press, Cambridge, pp. 217-227.

Ávalos-Hernández, O., V. Hernández-Ortiz y M. Trujano-Ortega. 2016. Moscas y mosquitos (Diptera). En: *La biodiversidad en la Ciudad de México*. Vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp. 363-369.

BCS Noticias. 2014. *La proliferación de moscas de La Paz se debe a los ciudadanos cochinos: Coepris*. En: <https://www.bcsnoticias.mx/la-proliferacion-de-moscas-en-la-paz-se-debe-

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

los-ciudadanos-cochinos-coepris/>, última consulta: 27 de abril de 2019.

—. 2016a. *En 2016, solo se presentaron 4 casos de Rickettsia en BCS, fueron casos aislados: SSA*. En: <https://www.bcsnoticias.mx/2016-solo-se-presentaron-4-casos-rickettsia-bcs-fueron-casos-aislados-ssa/>, última consulta: 30 de enero de 2020.

—. 2016b. *Investigadores registran más de 900 especies en zonas donde se quieren instalar los cardones*. En:<https://www.bcsnoticias.mx/investigadores-registran-mas-de-900-especies-en-zona-donde-quiere-instalarse-los-cardones/>, última consulta: 14 de mayo de 2019.

Bellmann, H. 2011. *Nueva guía de campo de insectos con más de 1,400 fotografías*. Omega, Barcelona.

Benet, R. 2018. *Intensa contaminación de los acuíferos, provocada por las minas de Baja California Sur*. En: <https://aristeguinoticias.com/1005/mexico/intensa-contaminacion-de-los-acuiferos-provocada-por-las-minas-de-baja-california-sur-articulo/>, última consulta: 4 de mayo de 2019.

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

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

Carabias, J., T. Valverde, J. Meave y Z. Cano-Santana. 2009. *Ecología y medio ambiente en el siglo XXI*. Pearson-Prentice Hall, México.

CITES. Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. 2016. *Apéndices I, II y III. Secretaría de la CITES*. En: <https://www.cites.org/esp/app/appendices.php>, última consulta: 4 de mayo de 2019.

Colectivo Pericú. 2012. *Se agudiza problema de zancudos*. En: <https://colectivopericu.net/tag/plaga-de-moscas-y-zancudos-los-cabos/>, última consulta: 2 de febrero de 2020.

Contreras-Ramos, A. y M.V. Rosas. 2014a. Biodiversidad de Megaloptera y Raphidioptera en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85:S257-S263.

—. 2014b. Biodiversidad de Neuroptera en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85:S264-S270.

Contreras-Ramos, A., M.A. Sarmiento-Cordero y N.D. Penny. 2014. Biodiversidad de Mecoptera en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85:S339-S344.

Coronado, R. y A. Márquez. 1982. *Introducción a la entomología: morfología y taxonomía de insectos*. Limusa, México.

Daly, H.V., J.T. Doyen y P.R. Ehrlich. 1978. *Introduction to insect biology and diversity*. McGraw-Hill, Tokio.

El Informante Baja California Sur. 2018. *Desarrolla la Secretaría de Salud de BCS acciones continuas para combatir al dengue*. En: <https://elinformantebcs.mx/desarrolla-secretaria-salud-bcs-acciones-continuas-combatir-al-dengue/>, última consulta: 31 de enero de 2020.

Ford, P.L., R.A. Fagerlund, D.W. Duszynski y P.J. Polechla. 2004. *Fleas and lice of mammals in New Mexico*. Reporte técnico RMRS-GTR-123. Rocky Mountain Research Station-Department of Agriculture, Colorado.

Gadar-Aguayo, Y.A. 2009. *Inquilinismo en nidos de Sceliphron jamaicense lucae en oasis de Baja California Sur*. Tesis de maestría. CIBNOR, La Paz.

Gámez, A.E., H. Wurl y J.C. Graciano. 2014. Disponibilidad y uso del agua en el oasis de los Comondú, Baja California Sur: retos y oportunidades para el desarrollo rural. *Región y Sociedad* 26(60):166-190.

García, J.L. 2001. *Evaluación de la fitotoxicidad ocasionada por insecticidas en chile (Capsicum annum L) cv. ancho San Luis y tomate (Lycopersicon esculentum) cv. río Grande en La Paz, BCS (México)*. CIBNOR, La Paz.

Gobierno de la República y CONACYT. 2014. *Agenda de innovación de Baja California Sur*. En: <http://www.agendasinnovacion.org/wp-content/uploads/2015/05/4.2-Agenda-del-%C3%A1rea-Agricultura.pdf>, última consulta: 2 de febrero de 2020.

Gullan, P.J. y P.S. Cranston. 2014. *The insects an outline of entomology*. John Wiley and Sons, Chichester.

Gutiérrez, J.M., G.S. Martínez, A. Villaseñor *et al*. 2013. *Los programas de moscas de la fruta en México: su historia reciente*. IICA, México.

Ibáñez-Bernal, S. 2011. Moscas, mosquitos y jejenes. 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.

—. 2017. *Actualización del catálogo de autoridades taxonómicas de los dípteros (Diptera: Insecta) de México*. Red Ambiente y Sustentabilidad-Instituto de Ecología A.C., Informe final SNIB-CONABIO proyecto JE006, México.

INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2025. *Baja California Sur (03)*. En: <https://www.inegi.org.mx/app/areasgeograficas/?ag=03#collapse-Resumen>, última consulta: 30 de abril de 2025.

INIFAP. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. 2017. *Agenda Técnica Agrícola de Baja California Sur*. SAGARPA/COFUPRO/INIFAP, México.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Jiménez-Jiménez, M.L. y C. Palacios-Cardiel. 2012. Artrópodos no insectos de la Sierra de La Laguna. En: *Evaluación biológica y ecológica de la Reserva de la Biosfera Sierra de La Laguna, Baja California Sur: avances y retos*. A. Ortega-Rubio, M. Lagunas-Vázques y L.F. Beltrán-Morales (eds.). CIBNOR, La Paz, pp. 73-88.

Kathirithamby, J. y D.P. Hughes. 2006. Description and biological notes of the first species of *Xenos* (Strepsiptera: Stylopidae) parasitic in *Polistes carnifex* F. (Hymenoptera: Vespidae) in Mexico. *Zootaxa* 1104:35-45.

Kathirithamby, J., J.A. Delgado y F. Collantes. 2015. Orden Strepsiptera. *Revista Ibero Diversidad Entomológica* 62A:1-11.

León de la Luz, J.L. y R. Domínguez. 1991. Evaluación de la reproducción por semilla de la pitaya agria (*Stenocereus gummosus*) en Baja California Sur, México. *Acta Botanica Mexicana* 14:75-87.

Marshall, A. 1981. *The ecology of ectoparasitic insects*. Academic Press, Londres.

Martínez-Noguez, J.J. 2017. *Filogeografía y variación en la estructura genética del cirio (Fouquieria columnaris) Kellogg ex Curran*. Tesis de maestría. CIBNOR, La Paz.

McGavin, G.C. 2002. *Entomología esencial*. Ariel, Barcelona.

Nichols, E. y A. Gómez. 2011. Conservation education needs more parasites. *Biological Conservation* 144:937-941.

Ortega-Arenas, L.D., A. Villegas-Monter, A.J. Ramírez-Reyes y E. Mendoza-García. 2013. Abundancia estacional de *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) en plantaciones de cítricos en Cazones, Veracruz, México. *Acta Zoológica Mexicana* nueva serie 29(2):317-333.

Oswald, J.D., A. Contreras-Ramos y N.D. Penny. 2002. Neuroptera (Neuropterida). En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento*. Vol. III. J. Llorente-Bousquets y J. Morrone (eds.). Facultad de Ciencias-UNAM, México, pp. 559-581.

Palacios-Vargas, J.G., B.E. Mejía-Recamier y A. de Oyarzábal. 2014. *Guía ilustrada para los artrópodos edáficos*. Las Prensas de Ciencias-UNAM, México.

Pérez, J.M., I. Sánchez y R.L. Palma. 2013. The dilemma of conserving parasites: the case of *Felicola* (*Lorisicola*) *isidoroi* (Phthiraptera: Trichodectidae) and its host, the endangered Iberian lynx (*Lynx pardinus*). *Insect Conservation and Diversity* 6:680-686.

Pimentel, O. y S. Delgadillo (coords.). 2015. *Agenda Técnica Agrícola Baja California Sur*. En: <https://issuu.com/senasica/docs/03_bajacaliforniasur_2015_sin>, última consulta: 9 de junio de 2021.

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.

Rosete-Vergés, F.A., J.L. Pérez Damián y G. Bocco. 2008. Cambio de uso del suelo y vegetación en la Península de Baja California, México. *Boletín del Instituto de Geografía-UNAM* 67:39-58.

Ruiz-Campos, G. 2012. *Catálogo de peces dulceacuícolas de Baja California Sur*. SEMARNAT/INE, México.

Ruiz-Campos, G., A. Andreu, M.R. Vidal-Abarca Gutiérrez *et al.* 2014. *Catálogo de humedales dulceacuícolas de Baja California Sur, México*. SEMARNAT/INECC, México.

Salceda-Sánchez, B. 2004. Clave para la identificación de adultos de las especies de pulgas (Insecta: Siphonaptera) comunes y de mayor importancia médica en México. *Folia Entomológica Mexicana* 43:27-41.

Sánchez-Arriaga, J., C. Catalán-Heverástico, V.M. Domínguez-Márquez *et al.* 2006. Actividad insecticida de *Hippocratea excelsa* (Hippocrateaceae) sobre *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *Entomología Mexicana* 5(2):983-988.

Sánchez-Arriaga, J.C., H. Lanz-Mendoza, C. Catalán-Heverástico *et al.* 2007. Actividad larvicida de *Huppocratea excelsa* (Hippocrateaceae) sobre *Anopheles albimanus* (Diptera: Culicidae). *Entomología Mexicana* 6(2):801-806.

Sauvage, A. y A.E. Gámez. 2013. Desarrollo, identidad cultural y turismo en los oasis de Baja California Sur, México. *Pasos* 11:159-172.

SEGOB. Secretaría de Gobernación. 2018. *Acuerdo por el que se declaran zonas libres de moscas de la fruta del género Anastrepha de importancia cuarentenaria a las entidades federativas, municipios y regiones del territorio nacional que se mencionen*. Publicado el 5 de octubre de 2018 en el Diario Oficial de la Federación.

SEMARNAT. 2010. 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.

Springer, M. 2010. Trichoptera. *Revista de Biología Tropical* 58:151-198.

SS. Secretaría de Salud. 2017. *Notificación semanal. Casos nuevos de enfermedades 2017*. En: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/215342/3_Reporte_de_marzo_de_2017.pdf.>, última consulta: 27 de abril de 2019.

—. 2018. *Panorama epidemiológico de dengue, 2018. Semana Epidemiológica 52*. En: <https://www.gob.mx/cms/uploads/

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

attachment/file/425416/Pano_dengue_52_2018.pdf>, última consulta: 28 de abril de 2019.

Traub, R. 1985. Coevolution of fleas and mammals. En: *Coevolution of parasitic arthropods and mammals*. K.C. Kim (ed.). Wiley Inter Science, Nueva York, pp. 295-437.

Triplehorn, C.A. y N.F. Johnson. 2005. *Borror and Delong's introduction to the study of insects*. Thompson Brooks/Cole, Belmont.

Valverde, T., Z. Cano-Santana, J. Meave y J. Carabias. 2005. *Ecología y medio ambiente*. Pearson-Prentice Hall, México.

Zhang, Z.Q. 2013. *Phylum* Arthropoda. En: Animal biodiversity: an outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness (addenda 2013). *Zootaxa* 3703:17-26.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Colémbolos, libélulas, ciempiés, milpiés y otros artrópodos unirramios (Myriapoda y Hexapoda, excepto Hemiptera y holometábolos)

Zenón Cano Santana, Ariana Romero Mata, José Guadalupe Palacios Vargas, Yury Glebskiy, Juan Pablo Camacho Ruedas y Mirely Guzmán Torres

En la noche del insecto hay un minuto en que se pregunta a qué sabrá sentirse humano.
El tema no le interesa demasiado: se considera superior a nosotros.
José Emilio Pacheco, *Noche de insecto*

Introducción

Los artrópodos son los animales más exitosos, pues representan 82.4% de las especies vivas en la Tierra (Zhang 2013a), e incluyen pulgas de agua, artemias, camarones, jaibas, cacerolitas de mar, garrapatas, alacranes, milpiés, pececitos de plata y escarabajos. Entre éstos, destacan por su diversidad los unirramios, que son aquéllos que tienen patas con una sola rama y un solo par de antenas, así como un estilo de vida terrestre, al menos en alguna etapa de su vida (McGavin 2002); contienen a dos *subphyla*: los miriápodos (Myriapoda) y los hexápodos (Hexapoda).

Los miriápodos se distinguen por tener dos regiones del cuerpo bien definidas: la cabeza y un tronco conformado por múltiples segmentos; carecen de ojos compuestos y poseen ocho o más pares de patas (Scheller 2002a, Fernández y Rivas 2007). En este *subphylum* están los ciempiés (clase Chilopoda), los milpiés (clase Diplopoda), los ciempiés de jardín (clase Symphyla) y los paurópodos (clase Pauropoda; Cupul-Magaña 2014).

Por otro lado, los hexápodos son artrópodos unirramios que tienen su cuerpo dividido en tres regiones (cabeza, tórax y abdomen), y poseen tres pares de patas que emergen de su tórax (Padilla y Cuesta 2003). Los hexápodos se dividen, a su vez, en cuatro clases: Protura (proturos), Collembola (colémbolos), Diplura (dipluros) e Insecta (insectos). Las primeras tres incluyen a hexápodos sin metamorfosis (ametábolos) que tienen sus partes bucales embebidas en la cabeza (entognatos) y son ciegos o carecen de ojos compuestos; mientras que los insectos se distinguen del resto de los unirramios porque tienen sus piezas bucales expuestas (ectognatos), ojos compuestos y la mayoría de ellos posee dos pares de alas y un sistema nervioso muy complejo, lo cual les ha permitido tener el mayor éxito adaptativo dentro de los artrópodos (McGavin 2002), pues representan 69.0% de las especies de animales y 83.8% de los artrópodos (Zhang 2013b).

Entre los insectos, se presentan dos órdenes sin metamorfosis (Archaeognatha y Zygentoma); otros tienen una metamorfosis incompleta o gradual, sin un estado de pupa entre la etapa juvenil y la del adulto (p.e. libélulas, chapulines y piojos verdaderos); y el resto tiene una metamorfosis completa u holometábola, en donde se presenta una etapa intermedia de pupa entre la juvenil (una larva) y la adulta (p.e. moscas, escarabajos, abejas y mariposas; McGavin 2002).

Cano-Santana, Z., A. Romero-Mata, J.G. Palacios-Vargas, Y. Glebskiy, J.P. Camacho-Ruedas y M. Guzmán-Torres. 2025. Colémbolos, libélulas, ciempiés, milpiés y otros artrópodos unirramios (Myriapoda y Hexapoda, excepto Hemiptera y holometábolos). En: *La biodiversidad en Baja California Sur. Estudio de Estado*. Vol. II. CONABIO/FFB, México, pp. 295-315.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

En esta contribución se revisa la diversidad de 23 grupos de artrópodos unirramios presentes en Baja California Sur:[1] 4 clases de miriápodos, 5 grupos de hexápodos ametábolos y 14 órdenes de insectos con metamorfosis incompleta. Los órdenes de insectos son: Odonata (libélulas y caballitos del diablo), Ephemeroptera (efímeras), Plecoptera (moscas de las piedras), Blattodea (cucarachas), Isoptera (termitas), Mantodea (mantis), Dermaptera (tijerillas), Orthoptera (chapulines, grillos y esperanzas), Phasmatodea o Phasmida (insectos palo), Embioptera (tejedores), Zoraptera (insectos ángel), Psocoptera (piojos de los libros), Phthiraptera (piojos verdaderos) y Thysanoptera (trips).

Patrones globales de diversidad y distribución

Baja California Sur cuenta con especies para 18 de los 23 grupos. No se tienen registros de paurópodos (Scheller 2002a), sínfilos (Scheller 2002b), proturos (Palacios-Vargas 2000a) y zorápteros (Engel 2004). Un caso especial son los plecópteros que, aunque no ha sido identificada ninguna especie de este orden en la entidad (Baumann y Kondratieff 1996), hay indicios de su presencia en muchos oasis. Asimismo, se registraron 287 especies y subespecies (de las cuales 263 son especies identificadas) distribuidas en 83 familias, que representan 5.0% de las 5 662 especies que suman estos 18 grupos en el país (cuadro 1).

Miriápodos

Descripción

En el territorio sudcaliforniano, los miriápodos (Myriapoda) están representados únicamente los ciempiés (Chilopoda) y los milpiés (Diplopoda). Estos organismos pueden medir de varios milímetros a 30 centímetros de largo y tener una coloración blanquecina, gris, negra, amarillenta, azul o café (Cupul-Magaña *et al.* 2014, Palacios-Vargas *et al.* 2014). Se distinguen entre sí en que los ciempiés son muy activos, pican con su primer par de patas (forcípulas), tienen largas antenas y un par de patas por segmento (figura 1); en cambio, los milpiés son relativamente lentos, carecen de forcípulas, tienen antenas cortas y poseen dos pares de patas por segmento visible (figura 2; Cano-Santana *et al.* 2016b). Habitan en bosques, cultivos, hojarasca, cerca del mar, bajo las piedras, desiertos, especialmente en zonas húmedas y oscuras; algunas especies viven en desagües, fregaderos, bañeras y sótanos de casas habitación (Palacios-Vargas *et al.* 2014).

Diversidad

En el mundo hay 11 999 especies de miriápodos (Zhang 2013b) y en México 700 (cuadro 1). En el estado se distribuyen 26 especies (23 identificadas) agrupadas en 13 familias (9 milpiés de 6 familias y 17 ciempiés de 7), que representan 3.7% de los miriápodos del país (cuadro 1, apéndice 25). Foddai y colaboradores (2002) registraron en la entidad de manera errónea a los ciempiés geofilomorfos *Nesonyx flagellans*, *Pectiniunguis nesiotes* y *Gosothrix insulanus*, pues los tres son habitantes de las islas de Baja California o Sonora (Cupul-Magaña 2013, Flores-Guerrero *et al.* 2015). Entre las especies de miriápodos presentes en la entidad, 15 son endémicas al país: 9 ciempiés y 6 milpiés (apéndice 25); además, dos especies de ciempiés son introducidas (*Pachymerium ferrugineum* y *Scolopendra morsitans*).

Sin embargo, la riqueza de miriápodos en el territorio sudcaliforniano está por debajo de lo que se reporta para Veracruz (177 especies), Chiapas (70) y Nuevo León (67). En particular, la riqueza estatal de milpiés está muy por debajo de lo encontrado en Veracruz (125), Nuevo León (44) y San Luis Potosí (39; Cupul-Magaña *et al.* 2014). No obstante, por su diversidad de ciempiés, Baja California Sur ocupa el octavo lugar a nivel nacional, apenas por debajo de Chiapas (54), Veracruz (44), Nuevo León (33) y Morelos (31; Cupul-Magaña *et al.* 2014, Cano-Santana *et al.* 2020c). Las familias de miriápodos más ricas son Scolopendridae (7 especies y subespecies), Schendylidae (4) y Atopetholidae (4); las dos primeras de la clase Chilopoda y la tercera de Diplopoda (apéndice 25).

1 En este escrito no se trata a insectos del orden Hemiptera ni aquellos que presentan metamorfosis completa (holometábolos), debido a que esta obra incluye capítulos específicos sobre ellos. Tampoco se incluye a los notópteros (orden Notoptera: Grylloblattodea y Mantophasmatodea; Arillo y Engel 2006), por ser un grupo que no se distribuye en México (Triplehorn y Johnson 2005).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Cuadro 1. Comparación de la riqueza de especies reportada a nivel estatal, nacional y mundial de artrópodos miriápodos y hexápodos (excepto Hemiptera y holometábolos; se incluyen datos de Notoptera).

Grupo	Baja California Sur[a]	México[f]	Mundo[d]
Miriápodos			
Diplópodos	9 (6)	496[h]	7 837
Paurópodos		3[h]	846
Quilópodos	17 (7)	186[h]	3 112
Sínfilos		15[h]	204
Subtotal	**26 (13)**	**700[h]**	**11 999**
Hexápodos ametábolos			
Arqueognatos	1 (1)	17	506
Colémbolos	67 (14)	1 000	9 270[g]
Dipluros	5 (3)	48[e]	975
Proturos		17[e]	816
Zigentómidos	5 (2)	35	554
Subtotal	**78 (20)**	**1 117**	**12 121**
Insectos paleópteros			
Odonatos	62 (6)	360	6 012
Efemerópteros	23 (6)	150	3 124
Subtotal	**85 (12)**	**510**	**9 136**
Insectos ortopteroides			
Blatodeos	20 (4)	189	4 641
Dermápteros	2 (2)	54	1 933
Embiópteros	3 (2)	64	457
Fasmatodeos	1 (1)	62	3 046
Notópteros			49[b]
Isópteros	7 (3)	80	2 929
Mantodeos	6 (1)	77	2 425
Ortópteros	27 (9)	945	23 830
Subtotal	**66 (22)**	**1 471**	**39 310**
Insectos hemipteroides			
Socópteros	8 (6)	775	5 711
Tirápteros	13 (6)	424[i]	5 135
Tisanópteros	11 (4)	700	5 938
Subtotal	**32 (16)**	**1 899**	**16 784**
Insectos con metamorfosis incompleta[c]			
Plecópteros		51	3 713
Zorápteros		1	36
Subtotal	**0**	**52**	**3 749**
Total	**287 (83)**	**5 749**	**93 099**

[a]Entre paréntesis se señala el número de familias. [b]Grylloblattodea y Mantophasmatodea no fósiles. [c]Los plecópteros están ampliamente distribuidos en Baja California Sur, pero no hay especies identificadas. Fuente: elaboración propia con datos de [d]Zhang 2013b (sin incluir especies fósiles, salvo que se indique lo contrario), [e]Cano-Santana *et al.* 2016a (y referencias ahí señaladas), [f]2020a (y referencias allí señaladas, salvo que se indique lo contrario), [g]Janssens 2024, [h]Bueno-Villegas y Cupul-Magaña 2020, [i]Guzmán-Torres y Cano-Santana 2021.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Figura 1. Ejemplar de ciempiés (Chilopoda), municipio de La Paz. Foto: Víctor Hugo Luja/Banco de imágenes CONABIO.



Figura 2. Ejemplar de milpiés (Diplopoda: Atopetholidae) en Santa Rita, municipio de La Paz. Foto: Bill Levine.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Distribución

Se tienen registros de ciempiés y milpiés en todos los municipios de la entidad, así como en 14 de sus islas, lo que indica que ambos grupos se distribuyen ampliamente por el territorio. Las localidades con mayor número de registros son: Sierra La Laguna, La Paz, San José del Cabo, Todos Santos y las islas El Carmen, Espíritu Santo, Danzante y Monserrat (apéndice 25).

Importancia

Los ciempiés son depredadores que se alimentan de otros artrópodos y algunas veces de vertebrados (Cupul-Magaña 2013); en tanto que los milpiés se alimentan de vegetales, raíces de plantas jóvenes y materia vegetal o animal en descomposición (Shelley 1999, Palacios-Vargas *et al*. 2014). Desde el punto de vista médico, los ciempiés son importantes por su capacidad de inyectar un veneno con sus forcípulas, aunque muy raramente sus picaduras son fatales (Cupul-Magaña 2013). En particular, se ha reportado que en Los Cabos las picaduras de ciempiés (probablemente infringidas por la escolopendra tigre *Scolopendra polymorpha*, así como por la escolopendra *S. viridis*) son un evento preocupante, debido a que el calor, la ausencia de agua y la destrucción de la vegetación, los obliga a refugiarse en diversas construcciones (Esquerre 2018). Asimismo, los ciempiés sobresalen por el potencial uso farmacéutico que tienen sus toxinas, con propiedades antibacteriales, analgésicas y antitumorales; además, tienen un importante papel en la naturaleza como controladores de poblaciones de artrópodos terrestres (Cupul-Magaña 2013).

Por su parte, los milpiés tienen una función relevante en la formación del suelo y en el ciclaje de materia orgánica, lo que permite la liberación de nutrientes al suelo para hacerlos disponibles a las plantas. Estos artrópodos tienen cierta importancia médica, pues poseen glándulas repugnatorias que secretan sustancias (p.e. benzoquinonas y ácido cianhídrico) que ocasionan irritación en la piel y muscosas (Cupul-Magaña *et al*. 2014). En particular, los milpiés de la Reserva de la Biosfera Sierra La Laguna son abundantes durante la época de huracanes o cuando ocurren grandes chubascos (Jiménez-Jiménez y Palacios-Cardiel 2012). Los miriápodos forman parte de la dieta de mamíferos y aves (Shelley 1999, Cupul-Magaña 2013). En la entidad, el cerdo asilvestrado (*Sus scrofa*), el mapache (*Procyon lotor*) y la zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*) se alimentan de ciempiés y milpiés (García-Paz 2009, Montes-Sánchez 2010, Partida-Pérez 2010).

Hexápodos ametábolos

Descripción

Son artrópodos que no presentan metamorfosis, miden de 2 a 25 mm, carecen de alas y tienen más de un par de apéndices en el abdomen (Gillot 1995, Gullan y Cranston 2010). Incluyen a las tres clases de entognatos (Protura, Collembola y Diplura) y dos órdenes de insectos: los pececitos de plata (Zygentoma) y los brincapiedras (Archaeognatha). Los colémbolos (figura 3) pueden ser blancos, azules, grises, rojos, amarillos y multicolores; los dipluros y proturos son blanquecinos casi transparentes; en tanto que los zigentómidos llegan a parecer plateados por las escamas que presentan (figura 4; Palacios-Vargas 2016). Estos animales pueden habitar en el suelo húmedo, cuevas, materia orgánica y debajo de piedras y troncos (Gillot 1995). Los entognatos se alimentan de hongos, bacterias y líquidos de materia en descomposición; los arqueognatos de líquenes, algas, tejido vegetal y artrópodos muertos; mientras que los zigentómidos son omnívoros (Cano-Santana *et al*. 2016a, Palacios-Vargas 2016).

Diversidad

A nivel mundial, los cinco grupos de hexápodos ametábolos concentran 12 121 especies, de las cuales, 1 117 se presentan en el territorio nacional (cuadro 1). Para el caso de Baja California Sur se registran 78 especies (65 identificadas) distribuidas en 20 familias, donde el primer lugar lo ocupan los colémbolos (67 especies y 14 familias), seguido por los dipluros (5 y 3), zigentómidos (5 y 2), un arqueognato (*Mesomachilis* (*Mesomachilis*) *nearctica*, Machilidae) y ningún proturo (apéndices 26 y 27), lo que representa 7.0% de diversidad nacional de esos grupos en términos de especies.

Por su riqueza específica, Baja California Sur ocupa el octavo lugar nacional en colémbolos, por debajo del Estado de México (164), Veracruz (145) y Ciudad de México (114); el segundo lugar en dipluros, solo por

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Figura 3. *Xenylla* sp., colémbolo de la familia Hypogastruridae. Foto: A.l. Bieler y J.A. Hernández/Banco de imágenes CONABIO.



Figura 4. Pescadito de plata (Zygentoma). Foto: Luis Enrique Juárez-Sotelo y Julián Pineda-Ríos.

debajo de Morelos (7); el segundo en zigentómidos, únicamente detrás de Guerrero (13); y el sexto lugar en arqueognatos, por debajo de Chiapas (3; Palacios-Vargas 2000a, b, 2014, 2016). Las familias más ricas de colémbolos son: Isotomidae (16 especies), Hypogastruridae (13), Neanuridae (11) y Brachystomellidae (9; cuadro 2, apéndice 26).

Distribución

La Reserva de la Biosfera Sierra La Laguna (municipio de Los Cabos) es el sitio con mayor número de registros de colémbolos (apéndice 26). Vázquez (1988) registró 41 especies en el suelo de la reserva: 27 en el bosque de pino, 17 en la selva baja caducifolia y 3 en la playa arenosa, y los encontró viviendo en hongos, musgos, cortezas, troncos en descomposición, hojarasca y suelo del bosque de pino-encino, así como en los intersticios de la arena de la playa. Otras localidades con muchos registros de colémbolos son los terrenos del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR) y la bahía de Muertos, ambos en el municipio de La Paz (apéndice 26). Por otra parte, los dipluros se encontraron en las sierras de San Lázaro y La Laguna, así como en Miraflores. En específico, el brincapiedras (*M.* (*M.*) *nearctica*) se recolectó en Sierra La Laguna, y los pececitos de plata se registraron en las islas Asunción, Navidad, Pelícano y Habana, así como en Todos Santos (apéndice 27).

Importancia

En el caso de los hexápodos ametábolos, su importancia ecológica radica en que participan en el proceso de descomposición de materia vegetal muerta,

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Cuadro 2. Especies por cada familia de colémbolos (Collembola) en Baja California Sur.

Familia	Especies
Actaletidae	1
Brachystomellidae	9
Entomobryidae	5
Hypogastruridae	13
Isotogastruridae	1
Isotomidae	16
Katiannidae	1
Neanuridae	11
Neelidae	1
Odontellidae	3
Onychiuridae	3
Paronellidae	1
Sminthuridae	1
Tullbergiidae	1
Total	**67**

Fuente: elaboración propia.

ayudan a la formación del suelo, son depredadores y a su vez son alimento de otros insectos; mientras que los zigentómidos pueden infestar archivos, libreros y despensas de casas-habitación (Cano-Santana *et al.* 2016a, Palacios-Vargas 2016).

Paleópteros

Descripción

Los insectos alados más primitivos conforman la infraclase Paleoptera e incluye los órdenes Ephemeroptera (efímeras) y Odonata (libélulas y caballitos del diablo; Gillot 1995, McGavin 2002). Estos insectos de entre 5 y 150 mm, se caracterizan por no poder plegar sus alas contra el cuerpo cuando no están en uso, tener un cuerpo alargado, antenas cortas, ojos compuestos prominentes, dos pares de alas membranosas con muchas venas dispuestas en forma de red y ninfas que viven en hábitats de agua dulce, llamadas náyades (Gillot 1995, McGavin 2002). Se diferencian del resto de grupos de insectos de metamorfosis incompleta (la infraclase Neoptera), debido a que estos últimos tienen la capacidad de plegar sus alas contra el cuerpo.

Las efímeras son insectos de cuerpo suave cuyas alas anteriores son triangulares y mucho más grandes que las posteriores; además, tienen un par de cercos (apéndices terminales del abdomen que se ven como colitas) y partes bucales reducidas (Borror y White 1970). Sus náyades viven en arroyos, estanques y lagos de curso lento; en tanto que los adultos son voladores, llegan a vivir hasta un día, no se alimentan y son activos durante la noche (McGavin 2002).

Por su parte, los odonatos son insectos de cuerpo duro con alas de tamaño similar y un aparato masticador bien desarrollado (figura 5; Borror y White 1970). Sus náyades habitan en los agujeros de los árboles llenos de agua, charcas temporales, arroyos, ríos y lagos; los adultos son activos durante el día, y en ambos estados de desarrollo son importantes depredadores de organismos acuáticos y terrestres (McGavin 2002).

Diversidad

Su riqueza a nivel mundial es de 9 136 especies (Zhang 2013b), en territorio nacional es de 510 (cuadro 1), y en el estado es de 85. De estas últimas, 62 son odonatos (6 familias) y 23 efemerópteros (6 familias), lo que corresponde a 16.7% de la diversidad nacional de paleópteros, 15.3% de la diversidad de efímeras y 17.2% de la diversidad de libélulas y caballitos del diablo (cuadro 1). Las familias con mayor riqueza son Libellulidae (Odonata, 33 especies), Baetidae (Ephemeroptera, 17) y Coenagrionidae (Odonata, 15; apéndice 28).

Distribución

En la entidad se registran paleópteros en cinco oasis que van desde San Juanico hasta Cabo Falso, y en nueve oasis que recorren las sierras La Laguna, San Lorenzo y La Victoria, en donde se encuentran efímeras de las familias Baetidae, Caenidae, Ephemerellidae y Leptophlebiidae, así como odonatos de las familias Coenagrionidae (figura 5), Gomphidae, Lestidae y Libellulidae (Ruiz-Campos *et al.* 2014). En el arroyo

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

La Junta se registra una gran abundancia de caballitos del diablo y de la libélula rayada (*Paltothemis lineatipes*; Cosío 2016). Asimismo, se tiene registro de efímeras en San Javier, Agua Caliente, Cabo San Lucas, río San Jorge y arroyo San Pedro, en tanto que los odonatos se han encontrado en las islas del Carmen, San José y Espíritu Santo, además de San Pedro de las Palmas.

Importancia

Los paleópteros tienen una gran importancia ecológica: las efímeras y los odonatos son un componente importante de las redes tróficas terrestres y dulceacuícolas, pues son alimento de animales invertebrados, peces, anfibios y aves (Cano-Santana *et al*. 2016a, González-Soriano 2016). El pez *Carassius auratus* se alimenta de ninfas de efímeras de la familia Caenidae en acuarios de La Paz, y el cerdo asilvestrado (*Sus scrofa*) se mantiene en la Reserva de la Biosfera Sierra La Laguna de libélulas de la familia Aeshidae (Montes-Sánchez 2010, Bobadilla-Romo 2013). La presencia de náyades de efímeras y odonatos son buenos indicadores de la calidad del agua y de la salud de los ecosistemas acuáticos, como es el caso de las efímeras de los géneros *Paracloeodes*, *Iron* y *Serratella* (Sandoval y Molina 2000, González-Soriano 2016). Asimismo, los odonatos son reguladores de poblaciones naturales de insectos que son plaga o transmiten enfermedades, lo cual constituye un servicio ecosistémico importante, pues pueden disminuir las poblaciones de las larvas y adultos de los mosquitos *Aedes aegypti* y *Ae. albopictus* que son vectores del dengue, chikungunya y zika (González-Soriano y Novelo-Gutiérrez 2014, San Miguel 2019).

Ortopteroides

Descripción

Son insectos neópteros de 3 a 300 mm de longitud, con aparato bucal masticador, delgadas antenas, presencia de cercos y con alas posteriores que poseen un lóbulo en su parte trasera, e incluye los órdenes



Figura 5. Apariencia del caballito del diablo *Argia* sp. (Coenagrionidae). Foto: Jorge Douglas Brandon/Banco de imágenes CONABIO.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Blattodea (cucarachas), Isoptera (termitas), Mantodea (mantis), Notoptera (notópteros), Dermaptera (tijerillas), Orthoptera (chapulines y parientes), Phasmida (insectos palo) y Embioptera (tejedores; Triplehorn y Johnson 2005). Sus alas pueden ser apergaminadas (tipo tegmina, como en cucarachas, mantis, ortópteros e insectos palo), membranosas (p.e. termitas y tejedores) o duras (tipo élitro, presentes en tijerillas), aunque carecen de ellas ciertas especies de Blattaria, Dermaptera, Orthoptera y machos de Embioptera, hembras de Phasmida, Mantodea y Embioptera, así como obreras y soldados de Isoptera (Preston-Mafham 1990, McGavin 2002, Wolff 2006). Mantis, insectos palo y algunos ortópteros (grillos y esperanzas) tienen una coloración y apariencia que les permite camuflarse con la vegetación (Preston-Mafham 1990).

Las cucarachas (Blattodea) son insectos aplanados de 3 a 10 mm con largas antenas, patas corredoras y un par de largos cercos (figura 6). Las termitas, comejenes u hormigas blancas (Isoptera) son insectos sociales, de cuerpo suave y color claro, de entre 3 y 20 mm, con antenas y cercos cortos, así como castas bien diferenciadas: reproductores, obreras y soldados, y únicamente los reproductores tienen dos pares de alas del mismo tamaño, ojos compuestos y cuerpo duro y oscuro (Borror y White 1970, McGavin 2002).

Respecto a las mantis (Mantodea), los individuos miden entre 8 y 150 mm, poseen cabeza triangular, grandes ojos compuestos, un alargado primer segmento del tórax y su primer par de patas es prensil para capturar a sus presas (figura 7); mientras que las tijerillas o tijeretas (Dermaptera) tienen de 5 a 54 mm de longitud, largas antenas y unos notorios cercos transformados en robustas pinzas que usan para el cortejo y para defenderse de sus depredadores, pues con ellas infringen pellizcos dolorosos (Borror y White 1970, McGavin 2002, Wolff 2006).

Los ortópteros (Orthoptera) son insectos que van de 5 a 155 mm, cuyo tercer par de patas es generalmente saltador, sus piezas bucales están dirigidas hacia abajo, el caparazón que cubre su primer segmento del tórax tiene forma de silla de montar y la mayoría de ellos tienen órganos para cantar (órganos estridulatores), e incluyen a grillos, grillotopos, caras de niño, chapulines (saltamontes), langostas y esperanzas (McGavin 2002). Por otro lado, los insectos palo e insectos hoja (Phasmida) son ortopteroides de 30 a 300 mm de cuerpo alargado y cilíndrico o aplanado, los cuales tienen una coloración y aspecto que asemejan tallitos y hojas, sus mandíbulas están dirigidas hacia adelante y tienen largas patas caminadoras (Wolff 2006). Finalmente, los tejedores o hilanderos (Embioptera) son artrópodos que viven en colonias y tienen un cuerpo casi cilíndrico y algo deprimido de 3 a 20 mm, sus mandíbulas están dirigidas hacia adelante y se distinguen porque uno de los segmentos de sus patas delanteras está muy engrosado, en el cual existen glándulas de seda (McGavin 2002, Triplehorn y Johnson 2005).

Los ortopteroides revisados en este apartado se distribuyen por todo el mundo y en todos los hábitats terrestres, sobre todo en regiones tropicales (en particular, las termitas no se distribuyen en latitudes frías),



Figura 6. La cucaracha arlequín (*Neostylopyga rhombifolia*) en Cabo San Lucas. Una especie exótica de origen indo-malayo. Foto: César Eduardo Reyes Javalois.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Figura 7. *Yersiniops newboldi*, una mantis religiosa distribuida en la Península de Baja California y en Estados Unidos de América. Foto: Francisco Emmanuel Grimaldi.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

excepto los ortópteros que tienen una tendencia a distribuirse en zonas templadas (McGavin 2002). Viven en la vegetación (principalmente saltamontes, mantis e insectos palo), suelo, hojarasca, cuevas (cucarachas y grillos) y asociados a hábitats urbanos (cucarachas, termitas, tijerillas, grillos y caras de niño), donde se alimentan de plantas (insectos palo, saltamontes, esperanzas y algunos tejedores y tijerillas), materia muerta (cucarachas, termitas y tejedores) o depredan insectos (mantis y algunas tijerillas) y pequeños vertebrados como ranas, lagartijas o pequeñas aves (mantis); además, entre las tijerillas hay especies parásitas (McGavin 2002). Al mismo tiempo, los ortopteroides (en especial las termitas) ofrecen alimento a muchos animales: arácnidos, otros insectos depredadores y parasitoides, anfibios, reptiles, aves y mamíferos (McGavin 2002, Cano-Santana 2016a, 2020b).

Diversidad

Los ortopteroides suman 39 310 especies en el mundo, 1 471 en México y 66 (59 identificadas) en el estado (cuadro 1). Estas últimas se agrupan en 22 familias, lo que representa 4.5% de las especies reportadas en el país. La mayoría son ortópteros (27 especies), seguido de cucarachas (20), termitas (7), mantis (6), tejedores (3), tijerillas (2, *Labidura riparia* y *Vostox excavatus*) y un insecto palo (*Diapheromera* (*Diapheromera*) *kevani*; apéndice 29). Los órdenes que agruparon más familias son Orthoptera (9), Blattodea (4) e Isoptera (3); mientras que las familias con mayor número de especies fueron Acrididae (Orthoptera, 16), Ectobiidae (Blattodea, 7), Corydiidae (Blattodea, 6) y Mantidae (Mantodea, 6; apéndice 29).

Distribución

Los ortopteroides se distribuyen por todo el estado; sin embargo, algunas especies son más comunes en entornos urbanos, como el grillo común (*Gryllus* (*Gryllus*) *assimilis*), el cara de niño (*Stenopelmatus* sp.) y las cucarachas americana (*Periplaneta americana*), australiana (*P. australasiae*), negra (*Blatta orientalis*) y rubia (*Blattella germanica*), las cuales se registran en La Paz, San José del Cabo, Cabo San Lucas y Las Veredas (apéndice 29). A pesar de los ejemplos anteriores, la mayoría de las cucarachas y de ortópteros son silvestres y viven en entornos naturales. Las termitas y las mantis se encuentran sobre todo en los municipios de Los Cabos y La Paz, pero la termita de la madera húmeda (*Zootermopsis angusticollis*) se registra en la isla Santa Margarita. Por otro lado, el insecto palo *Diapheromera* (*Diapheromera*) *kevani* se registra en varias localidades de los municipios La Paz (isla Partida, La Ventana, San Evaristo, San Juan de los Planes, San Pedro y Todos Santos) y Los Cabos (Cabo San Lucas, El Carrizalito y San José del Cabo), así como en San Juanico, municipio de Comondú.

Importancia

Los ortopteroides prestan diversos servicios ambientales: 1) descomponen la materia muerta como heces, cadáveres y tejidos vegetales, y ayudan al mantenimiento de la fertilidad de los suelos (p.e. cucarachas y termitas); 2) todos aceleran el ciclo de nutrientes a través de sus actividades de alimentación y defecación; 3) mantienen el control de poblaciones de insectos (p.e. mantis y las tijerillas depredadoras); y 4) los ortópteros constituyen un alimento potencial para los humanos (McGavin 2002, Ramos-Elorduy 2004, Cerritos y Cano-Santana 2008). En Baja California Sur los ortópteros son visitadores florales del cardón (*Pachycereus pringlei*) y éstos, junto a las cucarachas y las termitas, forman parte de la dieta de especies como la zorra del desierto (*Vulpes macrotis devia*), el mapache (*Procyon lotor*), el huico (*Aspidoscelis hyperythrus*) y solífugos (Frieven-Flores 2003, Medel-Narváez 2003, Posada-Baltazar 2004, Vázquez-Reyes 2006, García-Paz 2009, Montes-Sánchez 2010).

Las cucarachas, en particular, tienen importancia médica pues transmiten diversas enfermedades como disentería y diarrea provocadas por helmintos, protozoarios y virus (McGavin 2002). En 2015 se reportó una alta incidencia de estos insectos en las casas de la isla Margarita (Juárez 2015) y, además, es común que en La Paz haya problemas sanitarios asociados con la presencia de estos insectos (Aguilar 2017, BCS Noticias 2019).

Muchos ortopteroides tienen importancia económica (McGavin 2002). Las termitas destruyen edificaciones y muebles de madera, libros y cosechas, y emiten grandes cantidades de metano, que es un gas de efecto invernadero. Por otro lado, aunque los

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

chapulines, langostas, algunos insectos palo, termitas, cucarachas y tijerillas pueden constituir plagas agrícolas, en el estado no son un problema; solo los primeros pueden alcanzar elevados tamaños poblacionales a lo largo del territorio del estado, pero son fácilmente controlados con insecticidas cuando invaden zonas agrícolas (Webmaster 2014, SENASICA y SAGARPA 2016). Se sabe que hay cierta remoción de follaje por parte de chapulines a la vid de mesa (Navarro 2015b), por *Melanoplus* sp. a la alfalfa (Osuna 2017) y por grillos *Gryllus* sp. a ciertas plantas (Navejas 2015b). No obstante, la acción destructiva de las plagas de langostas (probablemente *Schistocerca americana* y *S. nitens*) ha sido un fenómeno que han vivido los campos agrícolas del estado desde tiempos históricos, pues tanto Rodríguez *et al*. (2002) como Del Río (2003) documentan que en la segunda mitad del siglo XVIII las plagas de langostas constituían una catástrofe alimentaria.

Hemipteroides

Descripción

Son insectos neópteros de 0.5 a 12 mm, carentes de cercos, con estiletes en su aparato bucal, alas posteriores sin lóbulo terminal y ambos pares de alas tienen pocas venas. Incluyen a los órdenes Psocoptera, Phthiraptera, Thysanoptera y Hemiptera (chinches y chicharritas; Gillot 1995, Triplehorn y Johnson 2005, Hanson y Nishida 2016).

Los socópteros son pequeños insectos corredores de vida libre que se alimentan de materia orgánica muerta y hongos, los cuales tienen un cuerpo blando y rechoncho de 1 a 10 mm, un aparato bucal masticador, largas y delgadas antenas y dos pares de alas membranosas (cuando existen), e incluye a los piojos de los libros y a los piojos de las cortezas. Los tirápteros (piojos o piojos verdaderos, donde se incluyen ladillas y liendres), son insectos parásitos sin alas que se alimentan de sangre, piel, plumas y secreciones de las aves y mamíferos que infestan, y tienen un aparato bucal masticador o picador-chupador y un cuerpo aplanado de generalmente menos de 6 mm, además de antenas y patas gruesas y cortas. Por su parte, los tisanópteros (trips), son pequeños insectos de entre 0.5 y 12 mm (la mayoría menores a 3 mm), tienen patas cortas, partes bucales picadoras-chupadoras, se alimentan principalmente de tejidos vegetales, artrópodos muertos, algas, hongos y líquenes, ocasionalmente de polen, pequeños insectos y sus huevos; sus dos pares de alas (cuando las poseen) tienen forma de pluma con flecos de pelos a ambos lados (Borror y White 1970, McGavin 2002, Baz 2008).

Los trips viven en la vegetación y los piojos sobre sus hospederos, en tanto que los socópteros se encuentran bajo la corteza de los árboles y bajo las piedras, hojarasca, cuevas, a veces sobre la vegetación o en nidos de aves y mamíferos, y algunas especies infestan bibliotecas debido a que se alimentan del almidón del pegamento, en tanto que otros atacan almacenes de granos, frutos secos y harina (Borror y White 1970, McGavin 2002, Baz 2008).

Diversidad

Estos tres órdenes de hemipteroides registran 16 784 especies en el mundo, 1 899 en el país y 32 (31 identificadas) en el estado. Las especies reportadas en el territorio sudcaliforniano representan 1.7% de la riqueza nacional y pertenecen a 16 familias (cuadro 1): 13 especies de tirápteros (6 familias), 11 de trips (4) y 8 de socópteros (6; apéndices 30 y 31). Las familias más ricas fueron Thripidae (Thysanoptera, 5 especies), Pediculidae (Phthiraptera, 3), Philopteridae (Phthiraptera, 3), Phlaeothripidae (Thysanoptera, 3) y Trogiidae (Psocoptera, 3). Por su riqueza de piojos verdaderos, la entidad ocupa el vigésimo segundo lugar, muy por debajo de Veracruz (77), San Luis Potosí (59) y Baja California (55; Guzmán-Torres y Cano-Santana 2021).

Distribución

Los hemipteroides, como prácticamente todos los grupos revisados en este capítulo, se distribuyen por todo el estado; desafortunadamente, éstos se han estudiado en pocas localidades. Los piojos verdaderos se reportan en los cinco municipios del estado (Loreto Cays 2008, Cota 2011, Webmaster 2012, Gaxiola 2013, Velasco *et al*. 2017), pero aún falta mucho para completar el inventario. En este trabajo se encontró que el piojo de la corteza endémico *Lichenomima cervantesi* se recolectó

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

al norte de San José del Cabo, mientras que *Cerobasis alpha*, otro socóptero, se registró en San Ignacio y en áreas cercanas a San José del Cabo y La Paz (apéndice 31). Por otra parte, los trips *Aeolothrips duvali* y *A. surcalifornianus* se reportan en la isla Tortuga, y *Heterothrips californiesis* en la isla San Marcos (apéndice 31).

Importancia

Entre los hemipteroides, los piojos verdaderos tienen gran relevancia médica. El piojo humano del cuerpo (*Pediculus humanus humanus*) transmite varias enfermedades graves como el tifo epidémico, la fiebre de las trincheras, la fiebre recurrente (Cano Santana y Romero-Mata 2016) y el tifo endémico (Houhamdi *et al.* 2003). Baja California Sur se distingue por la gran frecuencia de casos a nivel nacional de tifo epidémico y endémico, pues se registraron 390 casos de la primera enfermedad y 66 de la segunda entre 2010 y 2014, por lo cual ocupó el tercer lugar nacional en ambos rubros (García-Acosta *et al.* 2017), aunque hay que considerar que el principal vector del tifo endémico son las pulgas.

Por otra parte, los piojos de la cabeza (*Pediculus humanus capitis*, figura 8) parecen ser un problema serio de salud en el estado, pues se han registrado en los municipios de Los Cabos (en Cabo San Lucas; Webmaster 2012) y en las colonias marginales de La Paz (Gaxiola 2013), donde han llegado a afectar de 40 a 60% de las personas. Es tan extendido y actual el problema en la entidad que en 2018 la Secretaría de Educación Pública emitió una alerta por infestación de piojos en escuelas primarias (Hernández 2018). Afortunadamente, los piojos de la cabeza no tienen gran capacidad para transmitir las bacterias que ocasionan el tifo epidémico.

Los trips tienen importancia económica debido a que algunos se consideran plaga de cultivos como aguacate (Navarro 2017a), ajo (Navarro 2015a), maíz (el trips de la cebolla *Thrips tabaci*, y *Frankliniella* sp.; Navejas 2015a, b), naranja (el trips de los cítricos *Frankliniella rodeos*, y el trips del invernadero *Heliothrips haemorroidalis*; Navejas 2017), soya (el trips de la soya *Caliothrips phaseoli*; Navejas 2015b) y vid de mesa (el trips occidental *Heterothrips californiensis= Frankliniella occidentalis*; Navarro 2015b, 2017b). Asimismo, los trips son visitadores nocturnos de las flores del cardón (*Pachycereus pringlei*; Medel-Narváez 2003). En el caso de los socópteros, éstos se registran como inquilinos de los nidos de la avispa lodera (*Sceliphron jamaicense lucae*; Gadar-Aguayo 2009).



Figura 8. Piojo de la cabeza (*Pediculus humanus capitis*). Foto: Luis Enrique Juárez-Sotelo y Julián Pineda-Ríos.

Plecópteros

Son insectos neópteros de 3 a 48 mm que tienen ninfas acuáticas, aparato bucal masticador, alas membranosas y largas antenas y cercos, que se distinguen porque el primer segmento del tórax es cuadrado y los siguientes segmentos torácicos son del mismo tamaño. Estos artrópodos, conocidos como moscas de las piedras, son elementos importantes de las redes tróficas en hábitats de agua dulce, y excelentes indicadores de la calidad del agua (McGavin 2002).

Aunque no hay registro de alguna especie identificada en el estado (Baumann y Kondratieff 1996), estos insectos están ampliamente distribuidos en su territorio, pues se han reportado en 17 oasis de las regiones hidrológicas 2 (Vizcaíno), 3 (Magdalena) y 6 (La Paz; Ruiz-Campos *et al.* 2014). López-Coreas (2002) reportó erróneamente a 11 especies de plecópteros en

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

la entidad, las cuales realmente fueron colectadas en Baja California (Sargent *et al*. 1991, Baumann y Kondratieff 1996).

Situación y estado de conservación

Los artrópodos descritos en este trabajo no se encuentran registrados en la NOM-059 (SEMARNAT 2010) ni en los Apéndices de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES 2016). No obstante, se recomienda estudiar el estado de poblaciones de la escolopendra *Scolopendra viridis lagunensis*, que solo habita el bosque de pino-encino de la Reserva de la Biosfera Sierra La Laguna (Jiménez-Jiménez y Palacios-Cardiel 2012), así como las especies que tienen una distribución limitada a las islas, como el milpiés *Centrelus nigrescens* de isla Coronado. Entre los grupos abordados en este trabajo se reconocieron al menos 11 especies endémicas del país (9 ciempiés y 2 milpiés; apéndice 25).

El hecho de que en el territorio sudcaliforniano se registre un escaso número de habitantes (798 mil, el segundo estado más despoblado del país; INEGI 2025) sugiere la existencia de una reducida huella ecológica humana (esto es, superficie afectada por las actividades humanas directas o indirectas) a nivel estatal, así como un estado de conservación de la biodiversidad de estos grupos relativamente alto. No obstante, esto debe ser valorado objetivamente mediante un monitoreo continuo de las poblaciones y de la riqueza de especies. Asimismo, existen vacíos de información por la falta de colectas en ciertas regiones del estado, y es muy probable que la riqueza real de los grupos de artrópodos aquí presentados sea mayor. Otra consideración importante es la ausencia de estudios taxonómicos, y la escasez de investigaciones sobre los plecópteros es notoria.

Amenazas para su conservación

A pesar del relativamente bajo número de habitantes en la entidad, persiste un crecimiento poblacional de 2.8% (INEGI 2017), lo cual sugiere que el impacto negativo de sus actividades sobre la biodiversidad estatal se irá incrementando década a década. Los factores de amenaza que afectan a insectos y miriápodos en el estado son: la destrucción de hábitats (por agricultura y urbanización), la contaminación (por uso de pesticidas y otras actividades humanas), el cambio climático global (y sus consecuencias: incendios, sequías y huracanes, entre otros), el paso de vehículos, la luz nocturna artificial y una sicología de indiferencia o aversión hacia los artrópodos (Pyle *et al*. 1981, Romero-Mata y Cano-Santana 2016, Lewis *et al*. 2020, Samways *et al*. 2020).

En toda la península se ha detectado la conversión de tierras cubiertas por ecosistemas naturales (p.e. matorral xerófilo y selva baja caducifolia) a actividades agrícolas y a superficie urbana (Rosete-Vergés *et al*. 2008), lo cual inevitablemente destruye y deteriora hábitats, y provoca el desplazamiento y la extinción local de especies (Cano-Santana y Valverde 2015). Adicionalmente, el deterioro de los cuerpos de agua dulce afecta la persistencia de efímeras, libélulas, caballitos del diablo y moscas de las piedras. Por ejemplo, el turismo, la sobreexplotación de agua dulce, la tala, la introducción de especies invasoras y su uso como abrevaderos afectan a los oasis del estado (Gámez *et al*. 2014, Ruiz-Campos *et al*. 2014) y, por ende, a los insectos acuáticos que allí viven.

Asimismo, las actividades mineras y sobre todo los pesticidas, contaminan ecosistemas terrestres y dulceacuícolas. En la entidad se usan dosis de insecticidas por arriba de lo recomendable (García 2001), en tanto que la minería libera metales pesados. En este sentido, es preocupante que se concedan títulos de explotación minera en la Reserva de la Biosfera Sierra La Laguna (Benet 2018).

Otro factor es el efecto nocivo de las especies exóticas (p.e. ratas, gatos domésticos y cabras) en los hábitats naturales continentales, pero sobre todo en los insulares. De particular interés es el monitoreo y evaluación de riesgo del ciempiés *P. ferrugineum*, de origen europeo (López-Bonel *et al*. 2019), a los ecosistemas del estado (Flores-Guerrero *et al*. 2015).

Otros elementos de disturbio que se registran en las áreas naturales protegidas del estado y que afectan a los artrópodos son la contaminación de aguas por las salineras en el Área de Protección de Flora y Fauna Islas del Golfo de California, y la extracción de cactáceas en la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno, así como el establecimiento de asentamientos humanos, la construcción de caminos, la ganadería extensiva

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

y la sobreexplotación de los recursos forestales en la Reserva de la Biosfera Sierra La Laguna (Gómez-Pompa y Dirzo 1995). En particular, la pérdida de plantas por extracción y sobreexplotación de especies maderables provoca la desaparición de hábitats para organismos que viven en las plantas, como mantis, insectos palo, piojos de las cortezas, termitas, saltamontes y trips.

Una de las actividades con mayor impacto en el estado es el turismo, debido a que recibe la visita de más de 2 millones de turistas al año (INEGI 2017). Zambrano (2019) discute el impacto negativo que tiene el turismo sobre los ecosistemas naturales, pues tal actividad tiende a deteriorar y destruir los ecosistemas naturales, porque los visitantes terminan por exigir las comodidades de una ciudad, lo cual conlleva grandes costos para el ambiente y la biodiversidad local, que incluye insectos y miriápodos que habitan en esos lugares. Una actividad asociada al impacto negativo del turismo es la realización de safaris en vehículos motorizados sobre la playa y a campo traviesa, porque con dicha actividad se destruyen los hábitats de los artrópodos que se desplazan sobre y bajo el suelo y la arena, como colémbolos, miriápodos, termitas y ortópteros.

La iluminación artificial es otra amenaza para especies nocturnas de efímeras, termitas, cucarachas y grillos silvestres, entre otros muchos insectos nocturnos, como las palomillas y las luciérnagas (Romero-Mata y Cano-Santana 2016, Lewis *et al*. 2020), ya que la iluminación reduce su fecundidad e incrementa su mortalidad. Lo anterior se debe a que les ocasiona aturdimiento que les impide responder adecuadamente a la presencia de depredadores o de una hembra; asimismo, la concentración de poblaciones alrededor de luminarias facilita el ataque de los depredadores, el calor emitido por las luminarias provoca daño en los organismos y genera en ellos un gasto de energía para dirigirse a las fuentes de luz en menoscabo de sus actividades de alimentación, cortejo u oviposición.

De acuerdo con Elias (1991) y Liebhold y Bentz (2011), el cambio climático puede afectar la dinámica poblacional de los miriápodos y hexápodos mediante varios mecanismos dependiendo de la especie: 1) la frecuencia con la que ocurren sus brotes masivos puede incrementarse o reducirse; 2) las altas temperaturas pueden reducir la resistencia de las plantas hospederas, de modo que se incrementarían los tamaños poblacionales de los hexápodos herbívoros; 3) la falta de adaptación o la emigración puede provocar la extirpación local de ciertas poblaciones; y 4) los artrópodos se moverán y cambiarán su distribución hacia zonas menos cálidas.

La falta de educación en la población humana puede generar un prejuicio y una psicología negativa acerca de los artrópodos; en el mejor de los casos como seres invisibles y aburridos, y en el peor, como seres horribles, indestructibles, muy fecundos y causantes de enfermedades (Nash 2004), sin tomar en consideración su gran importancia ecológica y económica, y su alto valor estético y ético (Samways *et al*. 2020). En muchas culturas prevalece una entomofobia (aversión a insectos, arácnidos y, en general, a los artrópodos; Waldron 1962), lo cual provoca que sean ignorados, sacrificados, dañados o ahuyentados (Jiménez-Jiménez y Palacios-Cardiel 2012, Romero-Mata y Cano-Santana 2016). Este aspecto es mucho más grave cuando se trata de especies parásitas, como los piojos (Cano-Santana y Romero-Mata 2016), pues no se reconoce que este tipo de seres vivos son un componente importante de la biodiversidad de una región (p.e. son indicadores de la salud de los ecosistemas), lo que vulnera su permanencia (Nichols y Gómez 2011, Pérez *et al*. 2013).

Acciones de conservación

Para conservar a los artrópodos se recomienda incrementar el área y número de las áreas naturales protegidas del estado, así como vigilar y mantener las existentes, lo que permite proteger su rica fauna. Asimismo, se debe proteger la vegetación xerófila que rodea a los agroecosistemas de la entidad, debido a que ofrece una mayor humedad y menor variación diurna de temperatura, que favorece la formación de sitios para refugio y brinda alimento para una gran diversidad de artrópodos (Jiménez y Tejas 1996). Es importante estimular el estudio y la recolecta de artrópodos en la entidad, pues el inventario es pobre. Falta conocimiento sobre la diversidad de miriápodos y hexápodos en muchas regiones del centro y del norte del estado, así como la colecta y determinación de las moscas de las piedras y demás insectos que viven en oasis (Ruiz-Campos *et al*. 2014).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Para mitigar el efecto del incremento de la superficie agrícola sobre el funcionamiento de los ecosistemas (que incluye el mantenimiento de su diversidad de artrópodos) Santiago León y colaboradores (2012), Sarukhán y colaboradores (2012) y Samways y colaboradores (2020) recomiendan: 1) la implementación de modelos agrícolas sustentables, es decir, sistemas agroecológicos y agroforestales que aseguren la producción de alimento con poca afectación a los ecosistemas; 2) la restauración ecológica de aquellos ecosistemas dañados en el estado mediante la utilización de especies nativas; y 3) el apoyo a la investigación científica para evaluar la pérdida de poblaciones locales, los efectos directos de la contaminación química y el estado de conservación de especies de importancia ecológica y económica.

Dado el potencial nocivo de algunas actividades turísticas, se recomienda estimular un turismo basado en el contacto con la naturaleza y con un bajo impacto sobre los ecosistemas (ecoturismo), que fomente las caminatas en vez del uso de transporte sobre terrenos silvestres y de playa, y use el mínimo de servicios de alto impacto que genere desechos y desperdicie energía. Por su parte, para reducir los efectos negativos de la iluminación artificial se recomienda limitarla a áreas donde sea absolutamente necesaria o se usen sensores de movimiento (Frank 2006). Asimismo, es necesario llevar a cabo programas de educación y ciencia ciudadana que posicione a los insectos y a los artrópodos por su valor estético, económico y ecológico, y los muestre como benefactores de la humanidad. Para este fin se puede fomentar la instauración de insectarios donde se muestre la rica entomofauna del estado con ejemplares montados en seco y otros mantenidos en vivo en terrarios (p.e. ciempiés, milpiés, insectos palo, mantis y chapulines), así como de los pequeñísimos hexápodos que viven en el suelo y la vegetación vistos bajo el microscopio, como los colémbolos, los trips y los dipluros.

Adicionalmente, durante las actividades ecoturísticas se puede incluir la búsqueda y posterior liberación de artrópodos carismáticos por su belleza e imponencia (p.e. escolopendras, milpiés y libélulas). De hecho, las libélulas han sido usadas como especies carismáticas (llamadas especies bandera) para ilustrar el uso sostenible de recursos acuáticos para la educación ambiental en Sudáfrica, Tanzania y Japón (Clausnitzer *et al*. 2017).

Para mitigar el efecto negativo de los pesticidas químicos se debe considerar el uso de biopesticidas (compuestos por bacterias) o de artrópodos parasitoides o depredadores como reguladores de plagas en campos agrícolas (Escobar-Martínez 2008). En complemento, el gobierno estatal debe diseñar políticas públicas encaminadas a posicionar a Baja California Sur como una entidad comprometida a combatir el cambio climático.

Conclusiones y recomendaciones

Los ecosistemas terrestres y dulceacuícolas del territorio sudcaliforniano albergan una rica fauna de miriápodos y hexápodos. Su presencia y actividad constituyen una oportunidad para involucrar a sus habitantes y visitantes en actividades de protección y recreación. Esos artrópodos son seres valiosos que hacen funcionar los ecosistemas naturales para beneficio económico, cultural y humano. Conocerlos y protegerlos constituye una obligación de sus habitantes y visitantes, todos los cuales se benefician de su existencia. Es importante generar políticas públicas para lograr la educación ambiental de la gente, así como fomentar el manejo sustentable de los recursos naturales sin atentar contra la presencia de los seres vivos que dependen, como el ser humano, de los hermosos hábitats de Baja California Sur.

Agradecimientos

Agradecemos al M. en C. IvánCastellanos-Vargas y a Adid Eloradana Alonso Ortiz por su apoyo técnico. A Verónica Herrera y Brenda Hernández Hernández la búsqueda información. A Laura Cárdenas y al Banco de imágenes CONABIO, a Bill Levine, Luis Enrique Juárez-Sotelo, Julián Pineda-Ríos, César Eduardo Reyes Javalois y Francisco Emmanuel Grimaldi les agradecemos su apoyo para usar su material fotográfico.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Referencias

Aguilar, R. 2017. *Joven de La Paz denuncia que salió una cucaracha en una gordita de chicharrón*. En: <https://www.diarioelindependiente.mx/2017/07/joven-de-la-paz-denuncia-que-le-salio-una-cucaracha-en-una-gordita-de-chicharron>, última consulta: 18 de febrero de 2020.

Arillo, A. y M. Engel. 2006. Rock crawlers in Baltic amber (Notoptera: Mantophasmatodea). *American Museum Novitates* 3539:1-10.

Baumann, R.W. y B.C. Kondratieff. 1996. Plecoptera. En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento*. Vol. I. J. Llorente-Bousquets, A. García-Aldrete y E. González-Soriano (eds.). Instituto de Biología-UNAM, México, pp. 169-174.

Baz, A. 2008. Bark-lice, book-lice or psocids (Psocoptera). En: *Encyclopedia of entomology*. J.L. Capinera (ed.). Springer, Dordrecht, pp. 381-399.

BCS Noticias. 2019. *Exhiben de nuevo al ISSSTE de la Paz, por falta de salubridad; ahora infestado de cucarachas*. En: <https://www.bcsnoticias.mx/exhiben-de-nuevo-a-issste-de-la-paz-por-falta-de-salubridad-ahora-infestado-de-cucarachas/>, última consulta: 14 de julio de 2019.

Benet, R. 2018. *Intensa contaminación de los acuíferos, provocada por las minas de Baja California Sur*. En: <https://aristeguinoticias.com/1005/mexico/intensa-contaminacion-de-los-acuiferos-provocada-por-las-minas-de-baja-california-sur-articulo/>, última consulta: 4 de mayo de 2019.

Bobadilla-Romo, F.J. 2013. *Resistencia de peces dulceacuícolas de ornato al shock halino y térmico, como una forma de evaluar su supervivencia en esteros de la bahía de la Paz*. Tesis de licenciatura. UABCS, Baja California Sur.

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

Bueno-Villegas, J. y F.G. Cupul-Magaña. 2020. *Actualización del catálogo de autoridades taxonómicas (CAT) de Myriapoda en México*. Informe final SNIB-CONABIO, Proyecto No. KT009. Centro Universitario de la Costa-Universidad de Guadalajara, Ciudad de México.

Cano-Santana, Z. y A. Romero-Mata. 2016. Piojos (Phthiraptera). En: *La biodiversidad en la Ciudad de México*. Vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp. 297-300.

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

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

Cano-Santana, Z., A. Romero-Mata y V. López-Gómez. 2016b. Crustáceos y miriápodos (Crustacea y Myriapoda). En: *La biodiversidad en la Ciudad de México*. Vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp. 259-267.

Cano-Santana, Z., V. López-Gómez, I. Castellanos-Vargas y S. Alejandre-Grimaldo. 2020a. Resumen ejecutivo: diversidad de invertebrados. En: *La biodiversidad en Morelos. Estudio de Estado 2*. Vol. II. CONABIO, México, pp. 23-26.

Cano-Santana, Z., A. Romero-Mata, P. Corona-Tejeda y V. López-Gómez. 2020b. Cucarachas, tijerillas, piojos, mantis, pescaditos de plata y otros insectos. En: *La biodiversidad en Morelos. Estudio de Estado 2*. Vol II. CONABIO, México, pp. 241-256.

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

Cerritos, R. y Z. Cano-Santana. 2008. Harvesting grasshoppers *Sphenarium purpurascens* in Mexico for human consumption: A comparison with insecticidal control for managing pest outbreaks. *Crop Protection* 27:473-480.

CITES. Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. 2016. *Apéndices I, II y III. Secretaría de la CITES*. En: <https://www.cites.org/esp/app/appendices.php>, última consulta: 4 de mayo de 2019.

Clausnitzer, V., J.P. Simaika, M.J. Samways y B.A. Daniel. 2017. Dragonflies as flagships for sustainable use of water resources in environmental education. *Applied Environmental Education and Communication* 16(3):196-209.

Cosío, J. 2016. *Estudian biodiversidad del arroyo La Junta en BCS*. En: <http://www.cienciamx.com/index.php/ciencia/mundo-vivo/10589-estudian-biodiversidad-del-arroyo-la-junta-en-bcs>, última consulta: 18 de mayo de 2019.

Cota, G. 2011. *Denuncian una gallera que contamina en la colonia*. <http://desdepalaciodemadera.blogspot.com/2011/10/heroica-mulege-denuncian-una-gallera.html>, última consulta: 20 de febrero de 2020.

Cupul-Magaña, F.G. 2013. La diversidad de los ciempiés (Chilopoda) de México. *Dugesiana* 20(1):17-41.

—. 2014. Registro de las especies de ciempiés (Chilopoda) y milpiés (Diplopoda) de Sinaloa, México. *Actualidades Biológicas* 36(100):73-76.

Cupul-Magaña, F.G., M.R. Valencia-Vargas, J. Bueno-Villegas y R.M. Shelley. 2014. Notas sobre los miriápodos (Arthropoda:

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Myriapoda) de Jalisco, México: distribución y nuevos registros. *Dugesiana* 21(2):83-97.

Del Río, I. 2003. *El régimen jesuítico de la Antigua California*. UNAM, México.

Elias, S.A. 1991. Insects and climate change. *Bioscience* 41:552-559.

Engel, M.S. 2004. Zoraptera. En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento*. Vol. IV. J. Llorente-Bousquets, J. Morrone, O. Yáñez-Ordóñez e I. Vargas-Fernández (eds.). Facultad de Ciencias-UNAM, México, pp. 637-640.

Escobar-Martínez, P.Y. 2008. *Actividad insecticida de bacterias asociadas al cultivo del chile (Capsicum annuum L.) y aisladas del Anthonomus eugenii Cano como alternativa de control biológico en esta plaga*. Tesis de maestría. CIBNOR, La Paz.

Esquerre, G. 2018. *Cada vez más frecuente encuentros con insectos y reptiles en zonas habitadas de Los Cabos*. En: <https://www.diarioelindependiente.mx/2018/09/cada-vez-mas-frecuente-encuentros-con-insectos-y-reptiles-en-zonas-habitadas-de-los-cabos>, última consulta: 9 de febrero de 2020.

Fernández, M.A. y G. Rivas. 2007. *Niveles de organización en animales*. Facultad de Ciencias-UNAM, México.

Flores-Guerrero, U.S. y F.G. Cupul-Magaña, J. Bueno-Villegas y E. Rodríguez-López. 2015. Adenda y corrigenda de *Dugesiana* 20(1):17-41, la diversidad de los ciempiés (Chilopoda) de México. *Dugesiana* 22(2):69-80.

Foddai, D., L.A. Pereira y A. Minelli. 2002. Geophilomorpha. En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento*. Vol. III. J. Llorente-Bousquets y J. Morrone (eds.). Facultad de Ciencias-UNAM, México, pp. 417-427.

Frank, K.D. 2006. Effects of artificial night lighting on moths. En: *Ecological consequences of artificial night lighting*. C. Rich y T. Longcore (eds.). Island Press, Washington D.C., pp. 305-344.

Frieven-Flores, C.A. 2003. *Selección temporal y espacial de hábitat por la zorra del desierto (Vulpes macrotis devia), en las planicies de Magdalena BCS, México.* Tesis de maestría. CIBNOR, La Paz.

Gadar-Aguayo, Y.A. 2009. *Inquilinismo en nidos de Sceliphron jamaicense lucae en oasis de Baja California Sur.* Tesis de maestría. CIBNOR, La Paz.

Gámez, A.E., H. Wurl y J.C. Graciano. 2014. Disponibilidad y uso del agua en el oasis de los Comondú, Baja California Sur: retos y oportunidades para el desarrollo rural. *Región y Sociedad* 26(60):166-190.

García, J.L. 2001. *Evaluación de la fitotoxicidad ocasionada por insecticidas en chile (Capsicum annum L) cv. ancho San Luis y tomate (Lycopersicon esculentum) cv. Río Grande en La Paz, BCS (México)*. CIBNOR, La Paz.

García-Acosta, J., C.R. Aguilar-García e I.E. Aguilar-Arce. 2017. Tiphus. *Medicina Interna de México* 33(3):351-362.

García-Paz, R. 2009. *Determinación de la dieta del mapache (Procyon lotor) durante las temporadas seca y húmeda en la Sierra El Mechudo, Baja California Sur, México*. Informe final de servicio social de la carrera de biología. Unidad Xochimilco-UAM, México.

Gaxiola, I. 2013. *Colonias periféricas, entre piojos y garrapatas*. En: <http://peninsulardigital.com/extra/colonias-perifericas-entre-piojos-y-garrapatas/102416>, última consulta: 20 de febrero de 2020.

Gillot, C. 1995. *Entomology*. Springer, Dordrecht.

Gómez-Pompa, A. y R. Dirzo. 1995. *Reservas de la biosfera y otras áreas naturales protegidas de México*. SEMARNAT/CONABIO, México.

González-Soriano, E. 2016. Libélulas (Odonata). En: *La biodiversidad en la Ciudad de México*. Vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp. 285-289.

González-Soriano, E. y R. Novelo-Gutiérrez. 2014. Biodiversidad de Odonata en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85:243-251.

Gullan, P.J. y P.S. Cranston. 2010. *The insects an outline of entomology*. Wiley-Blackwell, Chichester.

Guzmán-Torres, M. y Z. Cano-Santana. 2021. Actualización del listado de piojos (Insecta: Phthiraptera) de México: distribución, riqueza, grado de especificidad y pediculosis humana. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 92:e923800.

Hanson, P.E. y K. Nishida. 2016. *Insects and other arthropods of tropical America*. Comstock Publishing Associates, Ithaca.

Hernández, A. 2018. *Alerta: posible plaga de piojos en escuelas de BCS*. En: <https://maestrosdemexico.com/2018/08/31/alerta-posible-plaga-de-piojos-en-escuelas-de-bcs/>, última consulta: 20 de febrero de 2020.

Houhamdi, L., P.E. Fournier, R. Fang y D. Raoult. 2003. An experimental model of human body louse infection with *Rickettsia typhi*. *Annals of the New York Academy of Sciences* 990:617-627.

INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2017. *Anuario Estadístico y Geográfico de Baja California Sur 2017*. INEGI, México.

—. 2025. *Baja California Sur (03)*. En: <https://www.inegi.org.mx/app/areasgeograficas/?ag=03#collapse-Resumen>, última consulta: 30 de abril de 2025.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Janssens, F. 2024. *Checklist of the Collembola.* En: <https://collembola.org/index.html>, última consulta: 3 de mayo de 2025.

Jiménez, M.L. y A. Tejas. 1996. Variación temporal de la araneofauna en frutales de la región del Cabo, Baja California Sur. México. *Southwestern Entomologist* 21:331-335.

Jiménez-Jiménez, M.L. y C. Palacios-Cardiel. 2012. Artrópodos no insectos de la Sierra de la Laguna. En: *Evaluación de la Reserva de la Biosfera Sierra La Laguna, Baja California Sur: avances y retos*. A. Ortega-Rubio, M. Lagunas-Vázques y L.F. Beltrán-Morales (eds.). CIBNOR, La Paz, pp. 73-87.

Juárez, P. 2015. *Plaga de cucarachas en una isla de BCS*. En: <https://www.elpumabcs.com/2015/09/plaga-de-cucarachas-en-una-isla-de-bcs/>, última consulta: 14 de julio de 2019.

Lewis, S.M., C.H. Wong, A.C.S Owens *et al*. 2020. A global perspective on firefly extinction threats. *BioScience* 70:157-167.

Liebhold, A. y B. Bentz. 2011. *Insect disturbance and climate change*. En: <www.fs.usda.gov/ccrc/topics/insect-disturbance/insect-disturbance>, última consulta: 21 de febrero de 2020.

López-Coreas, K.M. 2002. *Sinopsis del orden Plecoptera en México*. Trabajo monográfico de licenciatura en biología. Universidad de Guadalajara, Zapopan.

López-Bonel, F., C.P. Ávila-Gaxiola y F.G.C. Magaña. 2019. Ciempiés de Sinaloa, México (Myriapoda: Chilopoda): nuevos registros de especies y ampliación de su distribución estatal. *Dugesiana* 26(2):79-85.

Loreto Cays. 2008. *Manifestación particular de impacto ambiental. Puerto Escondido, Villas Marinas, BCS*. En: <http://sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/documentos/bcs/estudios/2008/03BS2008TD111.pdf>, última consulta: 21 de febrero de 2020.

McGavin, G.C. 2002. *Entomología esencial*. Ariel, Barcelona.

Medel-Narváez, A. 2003. Biología floral y estructura poblacional de cardón [*Pachycereus pringlei* (S. Wats.) Britton & Rose (Cactaceae)] en el Comitán, Baja California Sur. Tesis de maestría. CIBNOR, La Paz.

Montes-Sánchez, J.J. 2010. *Determinación de aspectos corporales, reproductivos y dieta del cerdo asilvestrado (Sus scrofa) en la Reserva de la Biosfera Sierra La Laguna, Baja California Sur, México*. CIBNOR, La Paz.

Nash, S. 2004. Desperately seeking charisma: improving the status of invertebrates. *BioScience* 54:487-494.

Navarro, J.A.C. 2015a. Ajo. En: *Agenda Técnica Agrícola de Baja California Sur*. SAGARPA, México, pp. 17-21.

—. 2015b. Vid de mesa. En: *Agenda Técnica Agrícola de Baja California Sur*. SAGARPA, México, pp. 173-179.

—. 2017a. Aguacate. En: *Agenda Técnica Agrícola de Baja California Sur*. INIFAP-SAGARPA, México, pp. 9-14.

—. 2017b. Vid de mesa. En: *Agenda Técnica Agrícola de Baja California Sur*. INIFAP-SAGARPA, México, pp. 98-104.

Navejas, J. 2015a. Maíz. En: *Agenda Técnica Agrícola de Baja California Sur*. SAGARPA, México, pp. 91-99.

—. J. 2015b. Plagas. En: *Agenda Técnica Agrícola de Baja California Sur*. SAGARPA, México, pp. 199-208.

—. 2017. Naranja. En: *Agenda Técnica Agrícola de Baja California Sur*. INIFAP-SAGARPA, México, pp. 9-14.

Nichols, E. y A. Gómez. 2011. Conservation education needs more parasites. *Biological Conservation* 144:937-941.

Osuna, J.D. 2017. Alfalfa. En: *Agenda Técnica Agrícola de Baja California Sur*. INIFAP-SAGARPA, México, pp. 15-17.

Padilla, F. y A.E. Cuesta. 2003. *Zoología aplicada*. Díaz de Santos, Madrid.

Palacios-Vargas, J.G. 2000a. Protura y diplura. 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. 275-281.

—. 2000b. Archaeognatha y Zygentoma. En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento*. Vol. II. J. Llorente-Bousquets, E. González-Soriano y N. Papavero. Facultad de Ciencias-UNAM, México, pp. 285-291.

—. 2014. Biodiversidad de Collembola (Hexapoda: Entognatha) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85:220-231.

—. 2016. Insectos cola de resorte (Collembola). En: *La biodiversidad en la Ciudad de México*. Vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp. 249-258.

Palacios-Vargas, J.G., B.E. Mejía Recamier y A. de Oyarzábal. 2014. *Guía ilustrada para los artrópodos edáficos*. Las Prensas de Ciencias-UNAM, México.

Partida-Pérez, M.A. 2010. *Determinación de la dieta estacional de la zorra gris (Urocyon cinereoargenteus), en la Sierra El Mechudo Baja California Sur, México*. Informe final de servicio social de la carrera de biología. Unidad Iztapalapa-UAM, México.

Pérez, J.M., I. Sánchez y R.L. Palma. 2013. The dilemma of conserving parasites: the case of *Felicola* (*Lorisicola*) *isidoroi* (Phthiraptera: Trichodectidae) and its host, the endangered Iberian lynx (*Lynx pardinus*). *Insect Conservation and Diversity* 6:680-686.

Posada-Baltazar, J.I. 2004. *Sistemática del orden Solifugae (Arachnida) aspectos biológicos de especies asociadas a los humedales de San Isidro-La Purísima y San José Comondú, Baja California Sur, México*. Tesis de maestría. CIBNOR, La Paz.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Preston-Mafham, K. 1990. *Grasshoppers and mantids of the world*. Facts on File, Nueva York.

Pyle, R., M. Bentzien y P. Opler. 1981. Insect conservation. *Annual Review of Entomology* 26:233-258.

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. 329-413.

Rodríguez, R.E., F. Altable, D. Trejo *et al.* 2002. *Historia general de Baja California Sur. I. Economía regional*. UABCS, Baja California Sur.

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.

Rosete-Vergés, F.A., J.L. Pérez Damián y G. Bocco. 2008. Cambio de uso del suelo y vegetación en la Península de Baja California, México. *Boletín del Instituto de Geografía* 67:39-58.

Ruiz-Campos, G., A. Andreu, M.R. Vidal-Abarca Gutiérrez *et al.* 2014. *Catálogo de humedales dulceacuícolas de Baja California Sur, México*. SEMARNAT/INECC, México.

Samways, M.J., P.S. Barton, K. Birkhofer *et al.* 2020. Solutions for humanity on how to conserve insects. *Biological Conservation* 242:108427.

San Miguel, M.M. 2019. *Libélulas depredadoras: posibles proveedoras de servicios ambientales en el control de mosquitos*. Tesis de maestría. Instituto de Ecología-UNAM, México.

Santiago-León, F., M. Lagunas-Vázques y A. Ortega-Rubio. 2012. Diagnosis de la deforestación y restauración de la cobertura de la vegetación de la reserva de la biosfera posterior a su decreto. En: *Evaluación de la Reserva de la Biosfera Sierra La Laguna, Baja California Sur: avances y retos*. A. Ortega-Rubio, M. Lagunas-Vázques y L.F. Beltrán Morales (eds.). CIBNOR, La Paz, pp. 331-352.

Sandoval, J.C. e I.F. Molina. 2000. Insectos. En: *Organismos indicadores de la calidad del agua y de la contaminación (bioindicadores)*. G. De la Lanza, S. Hernández y J.L. Carbajal (comps.). SEMARNAP/CONAGUA/Plaza y Valdés/Instituto de Biología-UNAM, México, pp. 405-550.

Sargent, B.J., R.W. Baumann y B.C. Kondratieff. 1991. Zoogeographic affinities of the Nearctic stonefly (Plecoptera) fauna of Mexico. *Southwestern Naturalist* 36:323-331.

Sarukhán, J., J. Carabias, P. Koleff y T. Urquiza-Haas. 2012. *Capital natural de México: Acciones estratégicas para su valoración, preservación y recuperación*. CONABIO, México.

Scheller, U. 2002a. Pauropoda. En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento*. Vol. III. J. Llorente-Bousquets y J. Morrone (eds.). Facultad de Ciencias-UNAM, México, pp. 429-432.

—. 2002b. Symphyla. En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento*. Vol. III. J. Llorente-Bousquets y J. Morrone (eds.). Facultad de Ciencias-UNAM, México, pp. 433-437.

Shelley, R.M. 1999. Centipedes and millipedes with emphasis on North America fauna. *The Kansas School Naturalist* 45(3):2-15.

SEMARNAT. 2010. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. *Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010*. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación. Última reforma publicada el 14 de noviembre de 2019.

SENASICA y SAGARPA. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria, y Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 2016. *Baja California Sur. Programa Sanitario 2016-2018*. En: <http://publico.senasica.gob.mx/includes/asp/download.asp?IdDocumento=29050&IdUrl=83276&objeto=Documento&IdObjetoBase=29050&down=true>, última consulta: 18 de febrero de 2020.

Triplehorn, C. y N. Johnson. 2005. *Borror and DeLong's introduction to the study of insects*. Thomson Learning, San Francisco.

Vázquez, M.M. 1988. Fauna colembológica de hojarasca y suelo. En: *La Sierra de la Laguna de Baja California Sur*. L. Arriaga y A. Ortega (eds.). CIBNOR, La Paz, pp. 133-147.

Vázquez-Reyes, C.J. 2006. *Patrones de uso de microhábitat de Aspidoscelis hyperythra en Baja California Sur. Implicaciones para su distribución y conservación*. Tesis de maestría. CIBNOR, La Paz.

Velasco, L., C. Hernández, A.C. Coutigno *et al.* 2017. *Diagnóstico de las condiciones de vida e integración social de la población indígena en el municipio de Comondú en Baja California Sur*. Colegio de la Frontera Norte/Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas, México.

Waldron, W.G. 1962. The role of the entomologist in delusory parasitosis (entomophobia). *Bulletin of the Entomological Society of America* 8(2):81-83.

Webmaster. 2012. *Los piojos no son problema de salud pública*. En: <http://peninsulardigital.com/municipios/loscabos/los-piojos-no-son-problema-de-salud-publica/97457>, última consulta: 20 de febrero de 2020.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

—. 2014. *No hay que alarmarse tanto por el chapulín*. En: <http://peninsulardigital.com/extra/hay-que-alarmarse-por-los-chapulines/157878>, última consulta: 18 de febrero de 2020.

Wolff, M. 2006. *Insectos de Colombia: Guía básica de familias*. Grupo Interdisciplinario de Estudios Moleculares-Universidad de Antioquía, Colombia.

Zambrano, L. 2019. *Planeta (in)sostenible*. Turner, México.

Zhang, Z.Q. 2013a. Animal biodiversity: An outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness (addenda 2013). *Zootaxa* 3703:1-82.

—. 2013b. *Phylum* Arthropoda. En: Animal biodiversity: an outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness (addenda 2013). *Zootaxa* 3703:17-26.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Artrópodos de importancia médica

Ariana Romero Mata y Zenón Cano Santana

San Jorge bendito amarra tus animalitos con tu cordón bendito
[para que no nos pique ninguno, ni grande ni chiquito]
Jaculatoria católica modificada por Murillo-Godínez (2020)

Introducción

Los artrópodos son animales invertebrados muy activos que se caracterizan por tener un cuerpo dividido en secciones muchas veces cubierto con una dura armadura de quitina, por poseer patas y otros apéndices (como antenas y piezas bucales) subdivididos en partes articuladas, así como por los cambios de forma que experimentan durante su desarrollo a través del proceso de metamorfosis. Ejemplos de este tipo de animales son cangrejos, camarones, pulgas de agua, arañas, milpiés, libélulas, escarabajos y mariposas.

Los artrópodos son los animales más diversos en el planeta; se conocen más de 1.25 millones de especies (Zhang 2013), de las cuales unas pocas transmiten enfermedades a los humanos, provocadas por virus, bacterias, protozoarios y nematodos, o bien, dañan o inyectan venenos al picar o morder (cuadro 1). Los artrópodos transmiten patógenos por el depósito de material fecal contaminado sobre heridas y mucosas, o por contaminar alimentos y superficies (Shek y Gaertner 2002, Velasco 2006).

En Baja California Sur se registran al menos 38 especies y subespecies de artrópodos de importancia médica, debido a que éstas transmiten o provocan al menos 24 enfermedades (cuadro 1). Entre estos artrópodos están arañas (10 especies), chinches (7), moscas (4), cucarachas (4), mosquitos (3), hormigas (3), ciempiés (2), garrapatas (1), alacranes (1), abejas (1), piojos (1) y pulgas (1).

Los artrópodos de importancia médica pueden dividirse en cuatro grupos: 1) los que su sola presencia como parásitos representa una enfermedad (p.e. piojos de la cabeza y pinolillos); 2) los que inyectan toxinas al picar o morder (p.e. abejas, hormigas y arañas); 3) los portadores mecánicos de patógenos, es decir, que solo sirven de transporte y no son indispensables para la vida del patógeno (p.e. moscas y cucarachas; Velasco 2006); y 4) los portadores biológicos, cuyos cuerpos se utilizan por los patógenos para sobrevivir en alguna etapa de su ciclo de vida (p.e. chinches besuconas, garrapatas y mosquitos; Velasco 2006).

Romero-Mata, A. y Z. Cano-Santana. 2025. Artrópodos de importancia médica. En: *La biodiversidad en Baja California Sur. Estudio de Estado*. Vol. II. CONABIO/FFB, México, pp. 316-329.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Cuadro 1. Enfermedades asociadas con artrópodos en los diferentes municipios de Baja California Sur.

Enfermedad (municipios)	Artrópodo asociado/agente de la enfermedad	Síntomas	Observaciones/número de casos en el estado
Amibiasis o amebiasis	Moscas domésticas (*Musca domestica*; Diptera: Muscidae),[40] cucarachas domésticas (Blattodea)[15] / protozoario *Entamoeba histolytica*[15]	Diarrea, dolor abdominal y de cabeza, estreñimiento, náusea, vómito y anemia[30]	Las moscas y cucarachas ingieren los quistes producidos por el protozoario de la materia fecal[30] / [a]1 442 casos en 2016,[47] 1 191 en 2019 y 677 en 2020[46]
Ascariasis	Moscas domésticas[9] / lombriz intestinal *Ascaris lumbricoides*, un nematodo parásito[45]	Desnutrición; si el nematodo infesta intestinos hay dolor abdominal de leve a intenso, fatiga y vómitos; si infesta pulmones hay tos persistente, falta de aire y silbido al respirar[20]	[a]61 casos en 2016,[47] 22 en 2019 y 26 en 2020[46]
Chikungunya (Los Cabos y La Paz)[50]	Hembras del mosquito tigre (*Aedes albopictus*) y del mosquito de la fiebre amarilla (*A. aegypti*) (Diptera: Culicidae)[33] / virus chikungunya[33]	Etapa aguda: fiebres altas (más de 39°C), dolor articular fuerte, dolor de espalda, náuseas, vómito, conjuntivitis; etapa subaguda: se exacerba el dolor de las articulaciones y se presenta inflamación en muñecas y tobillos; etapa crónica: depresión y fatiga[33]	Tres etapas, donde la etapa aguda dura 10 días, la subaguda se da de 2 a 3 meses después de la infección, y la crónica se presenta 3 meses después de la infección y puede continuar hasta después de 3 años[33] / 14 casos en 2015,[50] sin casos en 2019 y 2020[46]
Cólera	Moscas domésticas / bacteria *Vibrio cholerae*[25]	Diarrea abundante, vómito y deshidratación[25]	Se realizan estudios a aguas en Los Cabos como medida preventiva, debido a que desde 2002 México está libre de esta enfermedad[12, 25]
Conjuntivitis[b]	Cucarachas (Blattodea) rubia o alemana (*Blattella germanica*; Ectobiidae), negra u oriental (*Blatta orientalis*; Blattidae) y roja o americana (*Periplaneta americana*; Blattidae),[27] mosca ocular *Liohippelates* spp. (Diptera: Chloropidae)[37] / bacterias *Bacillus subtilis* y otras[27]	Irritación, prurito, ardor y lagrimeo[1]	[a]9 784 casos en 2016,[47] 12 876 en 2019 y 6 396 en 2020[46]
Dengue (Comondú, La Paz, Los Cabos y Mulegé)[11, 24]	Hembras del mosquito tigre y del mosquito de la fiebre amarilla[36] / virus *Flavivirus*[28]	Fiebre, dolor de huesos y cabeza, náuseas, vómito, hemorragia y convulsiones[36]	Se clasifica en no grave, con signos de alarma y severo[48] / 89 casos en 2019 y 29 en 2020[24, 46]
Enfermedad de Chagas o tripanosomiasis americana (Los Cabos, Comondú, La Paz y Mulegé)[50]	Chinches piedreras (*Dipetalogaster maximus*), chinches besuconas *Paratriatoma hirsuta*, *Triatoma peninsularis*, *T. rubida cochimiensis*, *T. r. rubida* y *T. r. sonoriana* (Hemiptera: Reduviidae)[50] y chinche de cama *Cimex* sp. (Hemiptera: Cimicidae)[59] / el protozoario *Trypanosoma cruzi*[28]	Lesión en la piel, hinchazón, fiebre, dolor de cabeza, párpados y músculos, agrandamiento de ganglios linfáticos, palidez y dificultad para respirar[28, 35]	En fase crónica los parásitos permanecen ocultos en el músculo cardiaco y digestivo; en fase aguda hay gran cantidad de parásitos que circulan por el torrente sanguíneo[35] / 6 casos en 2019 y 3 en 2020[46]
Infección intestinal[b]	Moscas domésticas,[41] cucarachas rubia y roja[27] / bacteria *Escherichia coli*[27, 41]	Diarrea con sangre (disentería), cólico abdominal, náuseas y vómito[17]	Inician 3 a 4 días después de la exposición a la bacteria[17] / [a]42 a 318 casos en 2016,[47] que incluyen todos los microorganismos que no son protozoarios

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Cuadro 1. Continuación.

Enfermedad (municipios)	Artrópodo asociado/agente de la enfermedad	Síntomas	Observaciones/número de casos en el estado
Infección urinaria[b]	Cucarachas rubia y roja,[27] moscas domésticas[3] / bacterias *Enterococcus* spp.,[27] especialmente *E. faecalis*[3]	Necesidad constante de orinar, sensación de ardor al orinar, orina frecuentemente en pequeñas cantidades y con olor intenso[19]	[a]29 248 casos en 2020[46]
Intoxicación alimentaria bacteriana[b]	Cucarachas rubia, negra, roja y moteada (*Nauphoeta cinerea*; Blaberidae),[27] moscas domésticas[3] / bacterias *Bacillus subtilis*, *Campylobacter* spp., *Clostridium perfringens*, *Salmonella bareilly*, *S. bovis morbificans*, *S. bredeney*, *S. newport*, *S. oranienburg*, *S. panama* y *S. paratyphi* serotipo B[3, 27]	Dolor abdominal, diarrea, vómito, dolor de cabeza intenso, sequedad de la boca, disentería y fiebre[44]	Ocurre con la ingestión de alimentos o líquidos que tienen bacterias (diseminadas por los insectos) que producen toxinas[43] / [a]569 casos en 2019 y 233 en 2020[46]
Neumonía[b]	Cucarachas rubia, negra y roja,[27] moscas domésticas[41] / bacterias *Streptococcus faecalis*, *Salmonella pyogenes* y *Klebsiella* sp.[27, 41]	Tos, dificultad para respirar, escalofríos, respiración rápida y depresión de la parte inferior del tórax[38]	[a]1 365 casos en 2016[47] y 540 en 2020[46]
Paludismo o malaria	Hembras de los mosquitos *Anopheles* spp. (Diptera: Culicidae)[22] / protozoarios *Plasmodium falciparum* y *P. vivax*[34]	Dolor de cabeza, escalofríos, somnolencia y diarrea; anemia grave y dificultades respiratorias en niños[22]	Hay dos etapas en el ciclo de vida del protozoario: su fase asexual se lleva a cabo en las personas, y la sexual en los mosquitos[22] / sin casos autóctonos desde 1992; registros en 2017 y 2018 en turistas[46, 55]
Pediculosis (Los Cabos, Comondú y La Paz)[39, 42, 54]	Piojos de la cabeza *Pediculus humanus capitis* (Phthiraptera: Pediculidae)[42] / el daño lo ocasionan los piojos; a veces hay sobreinfección bacteriana por *Staphylococcus aureus* y *S. epidermidis*[42]	Prurito, febrícula, dolor de cabeza y excoriaciones por rascado[7, 42]	Se contagia por contacto directo con personas infestadas[42] / es un problema epidemiológico a nivel escolar[52]
Picadura de abejas (Comondú y La Paz)[39, 54]	Abeja mielera *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae)[31] / toxinas	Dolor local, dificultad para respirar, hinchazón de labios y parpados, aparición de ronchas y vómito[12]	42 casos en 2016,[47] 123 en 2019 y 74 en 2020[46] (incluye picaduras de avispas y avispones)
Picadura de alacrán o escorpión (Comondú)[52]	Alacrán de corteza de Baja California, *Centruroides exilicauda* (Scorpiones: Buthidae)[51] / toxinas	Dolor leve a intenso, entumecimiento, hormigueo, ligera hinchazón y sensación de calor[18]	79 casos en 2010,[49] 74 en 2016,[47] 103 en 2019 y 44 en 2020[46]
Picadura de arañas (Comondú y La Paz)[4, 54]	Arañas (Araneae): viuda negra o capulina (*Latrodectus mactans*) y viuda café (*Latrodectus geometricus*, Theridiidae),[4] violinistas *Loxosceles arizonica*, *L. baja*, *L. barbara*, *L. carmena*, *L. deserta*, *L. insula*, *L. mulege* y *L. rothi* (Sicariidae)[53] / toxinas[4, 19]	Dolor local, de cabeza, tórax y abdomen, palidez en el sitio de la lesión, sudoración, espasmos musculares, sensación de lancetazo, insomnio, fiebre y vómito; se puede confundir con infecciones de la piel[48, 57]	Fases: exacerbación (de 15 a 48 h), disipación (de 48 a 72 h) y residual (semanas o meses)[48] / 20 casos y un fallecimiento[57]
Picadura de ciempiés (Los Cabos)[13]	Escolopendra tigre *Scolopendra polymorpha* y escolopendra *S. viridis* (Chilopoda, Scolopendridae)[13] / toxinas	Dolor, inflamación y enrojecimiento[13]	Se reportan casos en Los Cabos[13] y se registran brotes masivos en Comondú[54]

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Cuadro 1. Continuación.

Enfermedad (municipios)	Artrópodo asociado/agente de la enfermedad	Síntomas	Observaciones/número de casos en el estado
Picadura de hormigas[2, 16]	Hormigas (Hymenoptera: Formicidae) de fuego tropical (*Solenopsis geminata*), de fuego del sur (*S. xyloni*) y cosechadora (*Pogonomyrmex californicus*)[2, 16] / toxinas	Dolor, sensación de quemadura, edema, fiebre y reacción alérgica[2]	Los ataques son posibles por la existencia de esas tres especies peligrosas en el estado; hay un reporte histórico de ataques de estos insectos;[32] probablemente los casos estén enmascarados en el rubro "intoxicación por ponzoña de animales" (333 casos en 2019 y 178 en 2020)[46]
Rickettsiosis (Comondú, La Paz, Los Cabos, Mulegé)[5, 23, 54]	Garrapata canina marrón *Rhipicephalus sanguineus* (Arachnida, Ixodida: Ixodidae)[14] / bacteria *Rickettsia rickettsii*[58]	Lesión y mancha negra en zona de picadura, fiebre alta, escalofríos, cefalea, confusión mental, fotofobia, y en algunos casos conjuntivitis bilateral[56]	13 casos en 2015: Mulegé (1), Comondú (1), La Paz (5), Los Cabos (6);[6] 106 casos en 2009[58]
Salmonelosis	Cucarachas rubia y roja,[27] moscas domésticas y moscardones *Calliphora* sp. y *Chrysomya* sp. (Diptera: Calliphoridae)[8, 41] / bacterias *Salmonella bredeny*, *S. newport*, *S. oranienburg*, *S. panama* y *S. paratyphi-B*[27]	Diarrea, fiebre, náuseas, vómitos, dolor abdominal tipo cólico, escalofríos y dolor de cabeza intenso[26]	[a]131 casos en 2019 y 71 en 2020[46]
Shigelosis	Moscas domésticas y moscardones *Calliphora* sp. y *Chrysomya* sp.[8] / bacterias *Shigella* spp.[43]	Diarrea, fiebre, náuseas, vómitos, cólicos y disentería[43]	Afecta intestino grueso y una parte del intestino delgado[43] / 8 casos en 2015 (hasta abril),[7] 5 en 2019 y 2 en 2020[46]
Tifoidea	Cucaracha negra,[27] moscas domésticas[41] / bacteria *Salmonella typhi*[26, 27]	Fiebre alta, dolor de cabeza y abdominal, estreñimiento, diarrea, debilidad y cansancio, náuseas y vómito[26]	Las bacterias alteran la flora del intestino[26] / [a]92 casos en 2016,[47] 27 en 2019 y 13 en 2020[46]
Tifus endémico o murino	Pulga de la rata oriental o pulga de la peste *Xenopsylla cheopis* (Siphonaptera: Pulicidae) / bacteria *Rickettsia typhi*[21]	Fiebre, inflamación cutánea, dolor de cabeza y articular, náuseas, vómito, fiebre, erupción cutánea, vasculitis y fatiga[21]	Autoinoculación en la picadura a partir de las heces de la pulga, inoculación directa por la picadura e inhalación de heces de pulgas contaminadas)[21] / 66 casos entre 2010 y 2014[21]
Zika	Hembras del mosquito tigre y del mosquito de la fiebre amarilla[10] / virus del Zika[29]	Fiebre, sarpullido, dolor de cabeza, detrás de los ojos, muscular, articular y abdominal, ojos rojos, vómito y diarrea[10, 29]	Los síntomas duran entre 4 y 7 días[29] / 23 casos en 2016[47] y ninguno en 2019 y 2020[46]

[a]Número de casos en el estado, pero no se puede identificar el artrópodo asociado, solamente el agente transmisor. [b]No se puede asegurar que las bacterias que transmite el artrópodo son las únicas que producen la enfermedad, debido a que pueden ser causadas por virus u otros factores. Fuente: elaboración propia con datos de [1]Amaya y Rubio 2007, [2]Fernández-Rubio 1999, [3]Bahrndorff *et al.* 2017, [4]BCSnoticias 2015, [5]2016, [6]2018, [7]Espinosa 2015, [8]Bueno *et al.* 2009, [9]Cárdenas y Martínez 2004, [10]CCPE 2019, [11]El Informante Baja California Sur 2018, [12]2019, [13]Esquerre 2018, [14]Fleta 2002, [15]Fleta *et al.* 2000, [16]véase *Abejas, avispas y hormigas (Hymenoptera)*, en esta obra, [17]FMER 2020a, [18]b, [19]c, [20]d, [21]García-Acosta *et al.* 2017, [22]Gascón 2006, [23]Gómez 2012, [24]González 2020, [25]Hernández *et al.* 2011, [26]Jurado *et al.* 2010, [27]Kramer y Brenner 2009, [28]León-Villegas 2015a, [29]2016, [30]Martínez-Palomo y Martínez-Báez 1983, [31]Más Noticias BCS 2019, [32]Baegert 1772, [33]OMS 2017, [34]2018, [35]2019a, [36]b, [37]c, [38]OPS 1962, [39]Rebolledo 2011, [40]Pérez 2019, [41]Quiceno *et al.* 2010, [42]Quiroz-Herbert *et al.* 2015, [43]Ramírez 2002, [44]Ríos *et al.* 2006, [45]Rodríguez 2003, [49]SS 2010, [46]2020, [47]2016, [48]Serrano-Pinto y Moreno-Legorreta 2018, [50]Tay 1980, [51]Murillo-Godínez 2020, [52]Valle-Barbosa *et al.* 2017, [53]Vázquez-Vallejo 2009, [54]Velasco *et al.* 2017, [55]Tribuna de Los Cabos 2019, [56]Zaragozano 2002,[57]Zúñiga-Carrasco y Caro-Lozano 2018, [58]Meneses *et al.* 2010, [59]Cannet *et al.* 2015.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Artrópodos parásitos

Algunos artrópodos viven encima de los cuerpos de las personas y toman su sangre como alimento, como es el caso de los piojos, que causan la enfermedad llamada pediculosis. En este caso se podrían encontrar otros artrópodos, como las garrapatas, las pulgas y las chinches hematófagas libres de patógenos, pero como estos grupos pueden tener especímenes que pueden transmitir enfermedades, se revisan en otra sección.

El piojo de la cabeza (*Pediculus humanus capitis*) es un insecto pequeño (2.5 a 3 mm), sin alas, de cuerpo alargado y aplanado dorsoventralmente, de color blanco o gris que requiere temperaturas mayores de 23°C y cierta humedad para sobrevivir (Espinosa 2015). Las hembras depositan sus huevos (liendres) en la base del tallo del cabello con un adhesivo para el que no hay solvente conocido, y las ninfas y los adultos pasan de persona a persona sobre todo en niños de 3 a 11 años por el contacto de cabezas durante los juegos infantiles; aunque también pueden transmitirse por compartir peines, cepillos, gorras y cascos (Meinking 2008). El piojo de la cabeza es un problema en Baja California Sur, pues se registran infestaciones en Cabo San Lucas (Webmaster 2012) y en las colonias marginales de La Paz (Gaxiola 2013). Es tan grave la incidencia de estos insectos, que en 2018 se emitió una alerta por piojos en las escuelas primarias de la entidad (Hernández 2018).

Artrópodos que inyectan toxinas

El conjunto de artrópodos que provocan enfermedades debido a los venenos que inyectan a través de su piquete o mordedura en el estado, se compone por al menos 11 especies de arácnidos (10 arañas y un alacrán), 2 escolopendras, 3 hormigas y 1 abeja (la abeja mielera, *Apis mellifera*; cuadro 1). No obstante, se reconoce que puede haber ataques por avispas, avispones y otras abejas (Baegert 1772, ss 2020), así como por otras especies de escolopendras. De todos ellos, únicamente las picaduras del alacrán de corteza de Baja California (*Centruroides exilicauda*), que las hacen con el aguijón terminal de su abdomen, y las mordeduras de las arañas viuda negra (*Latrodectus mactans*) y violinistas (*Loxosceles* spp.), que las infringen con sus piezas bucales, pueden ocasionar la muerte, por lo que hay que tener cuidado con estos arácnidos (Durán-Barrón y Pérez 2016, Murillo-Godínez 2020).

Los piquetes de la abeja mielera, las escolopendras y la viuda café (Barrantes-Montero y Valerio-Pizarro 2017) no se consideran como letales, salvo cuando en ataques de abejas hay picaduras múltiples y las personas afectadas son sensibles (Reed y Landlot 2019). En las viviendas y galeras donde habita la población indígena del municipio de Comondú se han visto abejas y avispas (37.4% de entrevistados así lo declaran), hormigas (27.9%), así como alacranes y ciempiés (Velasco *et al*. 2017).

Reed y Landolt (2019) analizaron la biología de los venenos y del ataque de los himenópteros en general y de las abejas en particular. Las hembras de abejas y hormigas tienen un ovipositor terminal modificado como aguijón para inyectar veneno, el cual usan como un arma defensiva para proteger a sus colonias y a sí mismas, y ese veneno puede inducir dolor, hinchazón local y enrojecimiento de la piel. En el caso de las abejas mieleras, éstas construyen nidos gigantes llamados colmenas en los huecos de los árboles y viviendas, o bien, en hoyos en el suelo, donde se pueden encontrar de 15 a 30 mil individuos. Habitualmente no atacan, salvo en casos absolutamente necesarios, pues éstas pierden el aguijón una vez que pican, lo que ocasiona su muerte. Su veneno contiene fosfolipasas y hialurodinasas que pueden causar serias reacciones alérgicas.

Por otra parte, en el territorio estatal se registra la presencia de las hormigas de fuego *Solenopsis geminata* y *S. xyloni*, así como de la hormiga cosechadora *Pogonomyrmex californicus* (véase *Abejas, avispas y hormigas* (*Hymenoptera*), en esta obra), las cuales poseen aguijones penetrantes que inyectan un doloroso veneno después de morder (Fernández-Rubio 1999). En particular, las picaduras de las hormigas de fuego producen una sensación de quemadura y un edema, así como un cuadro febril o una reacción alérgica provocados por dos químicos del grupo de las pirrolidinas (Fernández-Rubio 1999). Las obreras de la hormiga roja de fuego tropical (*S. geminata*) tienen un cuerpo de 3 a 5 mm de color naranja a marrón y una cabeza cuadrada de color marrón, y forman grandes colonias sobre todo en zonas perturbadas. Esta hormiga puede atacar en gran número a los humanos si sus colonias son molestadas y un solo individuo

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

puede infringir múltiples mordeduras y picaduras (Fundación Charles Darwin 2021).

Por su parte, la araña viuda negra (*Latrodectus mactans*) debe su nombre a que las hembras de la especie devoran a los machos después del apareamiento. Mide entre 2 y 3 cm, y tiene un color negro brillante con una mancha rojiza o anaranjada en el vientre u otra parte del abdomen; puede vivir en maceteros, debajo de los muebles, armarios, letrinas, ropa, marcos de puertas y ventanas, rincones oscuros, lugares donde se acumulan objetos y entre la leña y el escombro (Sotelo-Cruz *et al*. 2005, Durán-Barrón y Pérez 2016). Su telaraña se conforma de fibrillas largas desordenadas en donde depositan sus huevos, y solo las hembras producen un veneno que contiene α-latotroxina, un neurotóxico que actúa en el sistema nervioso central, el cual puede ocasionar un paro respiratorio y la muerte a niños y ancianos (Sotelo-Cruz *et al*. 2005, Durán-Barrón y Pérez 2016). Esta araña de hábitos nocturnos se registra frecuentemente en viviendas de La Paz (BCSnoticias 2015) y sitios en los que pernoctan habitantes indígenas del municipio de Comondú (Velasco *et al*. 2017), pero probablemente se distribuye por todo el estado. En la plataforma de ciencia ciudadana NaturaLista (2021b), también se reportan en el municipio de Mulegé y en la isla San Marcos.

Por su parte, el territorio sudcaliforniano se distingue por tener el mayor número de especies (8) de arañas violinistas (*Loxosceles* spp.) en el país, por delante de Tamaulipas (5; Vázquez-Vallejo 2009). Son arañas de hábitos nocturnos, de color café pardo, de 9 a 25 mm, que presentan una mancha oscura en forma de violín en el dorso de la parte anterior del cuerpo (prosoma). Hacen telarañas que asemejan una capa delgada de algodón, y en las viviendas buscan sitios oscuros debajo de los muebles, dentro de armarios y entre la ropa (Durán-Barrón y Pérez 2016, Zúñiga-Carrasco y Caro-Lozano 2018). El veneno de machos y hembras contiene esfingomielinasa, una necrotoxina hemotóxica y citotóxica que necrosa los tejidos y puede provocar un derrame cerebral (Durán-Barrón y Pérez 2016). Se ha reportado su presencia en viviendas de la ciudad de La Paz (BCSnoticias 2015), aunque seguramente están presentes en muchas otras localidades. NaturaLista (2021a) las registra también en Loreto y Todos Santos.

Portadores mecánicos de patógenos

Los artrópodos que contaminan alimentos y superficies son las moscas domésticas (*Musca domestica*), los moscardones (*Calliphora* sp. y *Chrysoma* sp.) y las cucarachas (cuadro 1). Un caso especial son las mosquitas oculares *Liohippelates* spp., pequeños y molestos insectos voladores de 1.5 a 2 mm que depositan las bacterias directamente en los ojos de las personas al tratar de alimentarse de sus lágrimas, lo cual puede provocar conjuntivitis (Machtinger y Kaufman 2018). Cabe señalar que se ha sugerido que las hormigas también pueden ser vectores de contaminación bacteriana de superficies y alimentos (Fernández-Rubio 1999). El misionero jesuita Juan Jacobo Baegert (1772) narra que "las hormigas, que pululan por todas partes, fastidian a uno en ciertas épocas del año, llenando la casa y no dejando sin tocar ningún alimento".

La inmensa mayoría de las cucarachas son silvestres, pero en Baja California Sur se registran cuatro especies domésticas: la rubia o alemana (*Blattella germanica*), la negra u oriental (*Blatta orientalis*), la roja o americana (*Periplaneta americana*) y la moteada (*Nauphoeta cinerea*, cuadro 1). Éstas viven en los interiores de las casas-habitación y dependen parcial o totalmente de los humanos para conseguir comida, agua y refugio (Kramer y Brenner 2009). Se alimentan de la comida almacenada o desechada por los humanos, por lo que las superficies donde se preparan o están disponibles los alimentos se contaminan por los patógenos asociados a estos insectos (Kramer y Brenner 2009). Se ha reportado la proliferación de cucarachas en los desechos de Puerto Escondido (municipio de Loreto; Loreto Cays 2008), a la vez que 20.6% de la población indígena del municipio de Comondú las ha visto en sus viviendas y galeras donde duermen (Velasco *et al*. 2017).

La mosca doméstica (*M. domestica*) es un insecto portador mecánico de patógenos. Tiene actividad diurna y un color que va del gris parduzco al negro, a menudo cuenta con rayas longitudinales oscuras en el tórax de 4 a 12 mm, y sus alas son más largas que el abdomen; tienen un par de ojos prominentes (OPS 1962, Moon 2009). Habita en ecosistemas urbanos, y sus larvas y pupas habitan en letrinas, en la basura doméstica y en el estiércol. En estado adulto se ali-

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

mentan de leche, azúcar, sangre, caldo de carne y muchos otros alimentos, para lo cual regurgita un líquido del buche y prueba la superficie con su trompa, contaminando alimentos, loza, utensilios de cocina, paredes, techos y pisos (OPS 1962). Asimismo, tienen la capacidad de contaminar alimentos y superficies con patógenos a través de los pelos de su cuerpo, por las almohadillas de sus patas y por defecación (OPS 1962, Hall y Gerhardt 2009, Quiceno *et al*. 2010).

En la entidad, estos insectos se reportan como vectores de enfermedades infecciosas y parasitarias en Puerto Escondido (municipio de Loreto; Loreto Cays 2008); en tanto que en el municipio de La Paz y en algunas colonias de Los Cabos (como Vista Hermosa, Zacatal y Santa Rosa), se registran brotes poblacionales masivos (Vargas 2012, BCSnoticias 2014). Además, 78.4% de pobladores indígenas del municipio de Comondú las han visto en sus viviendas y galeras (Velasco *et al*. 2017).

Portadores biológicos de patógenos

En la entidad se reporta un mínimo de 12 especies y subespecies de artrópodos que son portadores biológicos de patógenos: la garrapata canina marrón (*Rhipicephalus sanguineus*), la pulga de la rata oriental (*Xenopsylla cheopis*), siete especies de chinches y tres de mosquitos (cuadro 1). Las chinches (Hemiptera: Reduviidae y Cimicidae) son importantes por trasmitir la enfermedad de Chagas. Cuando las chinches infectadas por el protozoario *Trypanosoma cruzi* pican a un humano u otro mamífero, absorben sangre y dejan las heces contaminadas sobre la piel, lo que provoca comezón de modo que cuando el afectado se rasca, el parásito entra al torrente sanguíneo por la herida. De esta manera, el humano (u otro animal hospedero) se convierte en reservorio que puede infectar a otras chinches cuando éste es nuevamente picado, debido a que el parásito completa su desarrollo en el intestino de estos insectos (Tay 1980, León-Villegas 2015a, OMS 2019a). Recientemente, se descubrió que las chinches de cama (*Cimex* spp.) también transmiten esta enfermedad (Cannet *et al*. 2015). Solo hasta la publicación de esta obra se sabe de su presencia en el estado, pues se ha registrado cerca de San Luis Gonzaga (municipio de Comondú) y en Cabo San Lucas (municipio de Los Cabos; véase *Chinches, cochinillas, pulgones, chicharritas, garapitos y cigarras* (*Hemiptera*), en esta obra), así como en cines y viviendas de la ciudad de La Paz (Gadar 2021).

La chinche de mayor tamaño que transmite el mal de Chagas es la chinche piedrera (*Dipetalogaster maximus*, figura 1). Es un insecto silvestre capaz de invadir las habitaciones humanas que mide entre 33 y 47 mm; las hembras tienen una cavidad gástrica grande donde almacena una gran cantidad de sangre para sobrevivir ayunos prolongados en áreas semidesérticas (Salazar-Schettino *et al.* 2010). Presenta canibalismo y una conducta agresiva hacia los humanos, quienes después de las picaduras sufren reacciones alérgicas que pueden llegar al choque anafiláctico, debido a la cantidad de alérgenos que presentan estos insectos en su saliva (Salazar-Schettino *et al.* 2010). Se distribuye en los municipios de Los Cabos y La Paz, y en este último se ha encontrado en viviendas ubicadas en las zonas pedregosas de las laderas que tienen piso de tierra y techo de lámina (Jiménez y Palacios 1999, Velasco-Castrejón y Rivas-Sánchez 2008, Salazar-Schettino *et al.* 2010).

Otra especie silvestre de este grupo que ha logrado adentrarse en las habitaciones humanas es la chinche besucona (*Triatoma rubida*), la cual se ha encontrado en viviendas rurales de Los Cabos (Salazar-Schettino *et al.* 2010). Se discute que la relación de esta chinche con las personas es posible por la invasión por parte de asentamientos humanos en los hábitats naturales de estos insectos, los cuales son atraídos por la luz y la presencia de gente (Vidal-Acosta *et al.* 2000).

Otros portadores biológicos de patógenos son los mosquitos de los géneros *Anopheles* y *Aedes* (cuadro 1). Los mosquitos *Anopheles* son vectores de los protozoarios causantes del paludismo, tienen un cuerpo delgado de 4 a 10 mm que no se mantiene en forma paralela a la superficie en la que reposa, y con unas excrecencias bucales (llamados palpos) tan largos como su pico chupador, así como por la presencia de escamas negras y blancas en sus alas; los adultos de ambos sexos toman líquidos azucarados (como néctar) y solo las hembras se alimentan de sangre (CDCP 2020).

Por su parte, los mosquitos *Aedes* (*A. aegypti* y *A. albopictus*, figura 2), son vectores de los virus que causan las enfermedades chikungunya, dengue y zika (cuadro 1); tienen hembras adultas de color negro

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Figura 1. Aspecto de la chinche piedrera (*Dipetalogaster maximus*). Ilustración: Hugo Rocha.

con pequeños puntos blancos, pero la del mosquito tigre (*A. albopictus*) se distingue por la línea blanca muy notable a lo largo de la cabeza y el cuerpo (León-Villegas 2015b). En general, los mosquitos viven dentro o alrededor de las viviendas, prefieren lugares con climas cálidos (15 a 40°C) y con una precipitación de moderada a alta, debido a que sus fases inmaduras tienen hábitos acuáticos (figura 3) y viven en recipientes, llantas, floreros o cacharros que almacenan agua, así como en estanques y arroyos (Fajardo-Dolci *et al*. 2012).

La incidencia de artrópodos que son transmisores biológicos de patógenos puede ser alta en el estado, pero no hay muchos datos. Entre la población indígena del municipio de Comondú, 3.7% de los entrevistados han visto garrapatas en sus viviendas y galerías donde pernoctan, otro 5.9% reportan pulgas o chinches (incluye piojos) y 48.5% mosquitos (Velasco *et al*. 2017).

Acciones de prevención y recomendaciones

Para disminuir el número de casos de enfermedades que pueden causar moscas, cucarachas, chinches, así como las picaduras de ciempiés, arañas y alacranes, se recomiendan niveles de limpieza óptimos en viviendas, negocios y unidades hospitalarias, y evitar acumular utensilios en patios, azoteas y piezas de las viviendas. Además, es importante seguir recomendaciones específicas para prevenir la enfermedad de Chagas, dengue y chikungunya (cuadro 2).

En el caso de las garrapatas y las pulgas se han realizado campañas contra su proliferación, como la denominada *No metas la pata, acaba con pulgas y garrapatas*, desarrollada en Los Cabos (Méndez 2012). Por otro lado, las autoridades sanitarias recomiendan tener los patios limpios y realizar fumigaciones y, dado que las garrapatas pueden quedarse enterradas por mucho tiempo, también se recomienda aplicar cal, así como desparasitar y esterilizar a los perros callejeros, que son los hospederos principales de estos ácaros (Meneses *et al.* 2010, Diario El Independiente Baja California Sur 2015, Baja Noticias 2016, Medina 2020). Por otra parte, para evitar accidentes con abejas se puede solicitar ayuda de especialistas para reubicar las colmenas (Pérez 2019).

Por su parte, para impedir que los mosquitos se reproduzcan se recomienda limpiar patios y azoteas, así como evitar que se almacene agua en recipientes y cacharros (cuadro 2), para lo cual la Secretaría de Salud de Baja California Sur implementó la estrategia *Lava, tapa, voltea y tira* (El Informante Baja California Sur 2018). Finalmente, para reducir la incidencia de piojos hay que evitar que los niños compartan gorras, audífonos, bufandas, peines y broches de pelo (Meinking 2008).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Figura 2. Mosquito tigre (*Aedes albopictus*). Foto: David Arturo González Villareal/Banco de imágenes CONABIO.

Cuadro 2. Recomendaciones para el control, prevención y tratamiento de la enfermedad de Chagas, dengue y chikungunya.

Etapa	Chagas	Dengue	Chikungunya
Control	• No hay vacuna • Eliminar transmisión de la enfermedad y lograr que la población enferma e infectada reciba asistencia sanitaria[a, f]	• Vacuna CYD-TDV • Implementar el uso de las bacterias *Wolbachia* para reducir la transmisión[e, g]	• No hay vacuna • Reducir los criaderos de mosquitos como depósitos de aguas naturales y artificiales • Implementar el uso de las bacterias *Wolbachia* para reducir la transmisión de virus[d, e, h]
Prevención	• Rociar insecticida en casas y alrededores • Mejorar la limpieza en las viviendas • Usar mosquiteros • Evitar el contacto de especies domésticas con silvestres[d, f]	• Eliminar agua estancada • Evitar almacenar llantas y trastos viejos • Vestir pantalón y prendas de manga larga • Uso de mosquitero[b, g]	• Realizar fumigaciones • Eliminar agua estancada • Usar repelentes • Vestir pantalón y prendas de manga larga • Uso de mosquitero[c]
Tratamiento	Beznidazol y nifurtimox[g]	No hay tratamiento efectivo[g]	No existe tratamiento específico, solo se alivia el dolor articular[f]

Fuente: elaboración propia con datos de [a]Gulh 2009, [b]Fajardo-Dolci *et al.* 2012, [c]León-Villegas 2015b, [d]Medina-Garza *et al.* 2017, [e]CNPPCE 2019, [f]OMS 2019a, [g]b, [h]IMSS 2021.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

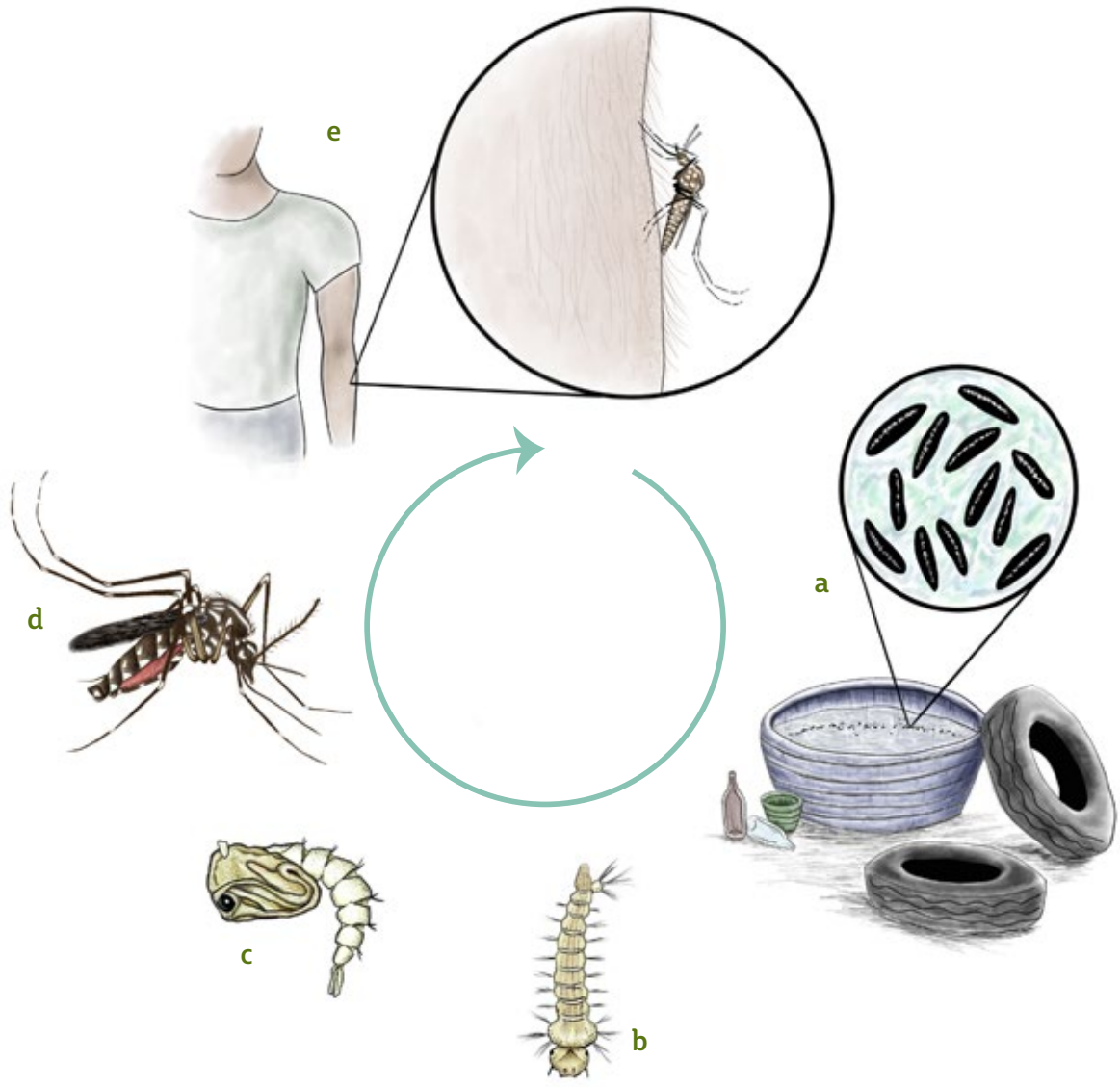


Figura 1. Ciclo de vida del mosquito *Aedes aegypti*: a) oviposición de huevos; b) periodo de incubación; c) las larvas se convierten en pupa después de cuatro estados; d) estado adulto; e) los adultos del sexo femenino pican al humano para alimentarse y en ese momento pueden transmitir los virus que causan dengue, chikungunya o zika. Fuente: elaboración propia con ilustraciones de Hugo Rocha.

Agradecimientos

Agradecemos el apoyo técnico de Iván Castellanos-Vargas y la ayuda de Paulina Corona Tejeda. Yssel Gadar Aguayo y Juan Pablo Camacho Ruedas por la búsqueda de casos de chinche de cama en el estado. Víctor Rodríguez por compartir el video de la infestación de chinches de cama en su casa de Cabo San Lucas. A Laura Cárdenas y el Banco de imágenes CONABIO les agradecemos las facilidades para usar la foto del mosquito y a Hugo Rocha por las dos ilustraciones.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Referencias

Amaya, C.P. y G.S. Rubio. 2007. Conjuntivitis alérgica, un problema visible en hospitales de Bogotá y Cundinamarca. *Ciencia y Tecnología para la Salud Visual y Ocular* 5:45-50.

Baegert, J.J. 1772. *Noticias de la península americana de California*. Instituto Sudbajacaliforniano de Cultura (2013), La Paz.

Bahrndorff, S., N. de Jong, H. Skovgård y J. Lund. 2017. Bacterial communities associated with houseflies (*Musca domestica* L.) sampled within and between farms. *PLOS ONE* 12:e0169753.

Baja Noticias. 2016. *Hubo 15 casos de rickettsia durante el 2015 en BCS; en este 2016 aún no hay registros*. En: <http://bajanoticias.com/2016/05/hubo-15-casos-de-rickettsia durante-el-2015-en-bcs-en-este-2016-aun-no-hay-registros/>, última consulta: 8 de agosto de 2021.

Barrantes-Montero, G. y R. Valerio-Pizarro. 2017. Lactrodectismo en Costa Rica. *Acta Médica Costarricense* 59(2):73-74.

BCSnoticias. 2014. *La proliferación de moscas de La Paz se debe a los ciudadanos cochinos: COEPRIS*. En: <https://www.bcsnoticias.mx/la-proliferacion-de-moscas-en-la-paz-se-debe-los-ciudadanos-cochinos-coepris/>, última consulta: 27 de abril de 2019.

—. 2015. *Las dos arañas más letales de México viven en los hogares de La Paz*. En: <https://www.bcsnoticias.mx/las-dos-aranas-mas-letales-de-mexico-viven-en-los-hogares-de-la-paz/>, última consulta: 6 de agosto de 2021.

—. 2016. *En el 2016, solo se presentaron 4 casos de Rickettsia en BCS; fueron casos aislados: SSA*. En: <https://www.bcsnoticias.mx/2016-solo-se-presentaron-4-casos-rickettsia-bcs-fueron-casos-aislados-ssa/>, última consulta: 8 de agosto de 2021.

—. 2018. *Monitorean 3 casos sospechosos de Rickettsia en Baja California Sur, por picadura de garrapata*. En: <https://www.bcsnoticias.mx/monitorean-3-casos-sospechosos-de-rickettsia-en-baja-california-sur-por-picadura-de-garrapata/>, última consulta: 7 de agosto de 2021.

Bueno, R., J. Moreno, M.T. Oltra y R. Jiménez. 2009. Artrópodos con interés vectorial en salud pública en España. *Revista Española de Salud Pública* 83:201-214.

Cannet, A., M. Akhoundi, J.M. Berenger *et al.* 2015. A review of data on laboratory colonies of bed bugs (Cimicidae), an insect of emerging medical relevance. *Parasite* 22(21):1-7.

Cárdenas, M. y R. Martínez. 2004. Protozoarios parásitos de importancia en salud pública transportados por *Musca domestica* Linnaeus en Lima, Perú. *Revista Peruana de Biología* 11:149-153.

CCPE. Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades. 2019. *Por una picadura de mosquito*. En: <https://www.cdc.gov/zika/es/prevention/transmission-methods.html>, última consulta: 8 de agosto de 2021.

CDCP. Centers for Disease Control and Prevention. 2020. *Anopheles mosquitoes*. En: <https://www.cdc.gov/malaria/about/biology/#tabs-1-5>, última consulta: 7 de agosto de 2021.

CNPPCE. Centro Nacional de Programas Preventivos y Control de Enfermedades. 2019. *Wolvachia*. En: <https://www.gob.mx/salud%7Ccenaprece/articulos/wolbachia>, última consulta: 8 de agosto de 2021.

Diario El Independiente Baja California Sur. 2015. *Libre BCS de Rickettsia; piden esparcir cal en los patios para combatir la garrapata*. En: <https://www.diarioelindependiente.mx/2015/07/libre-bcs-de-rickettsia-piden-esparcir-cal-en-los-patios-para-combatir-la-garrapata>, última consulta: 6 de febrero de 2020.

Durán-Barrón, C.G. y T.M. Pérez. 2016. Arañas de importancia médica: la viuda negra y la araña violinista. En: *La biodiversidad en la Ciudad de México*. Vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp. 239-244.

El Informante Baja California Sur. 2018. *Desarrolla la Secretaría de Salud de BCS acciones continuas para combatir al dengue*. En: <https://elinformantebcs.mx/desarrolla-secretaria-salud-bcs-acciones-continuas-combatir-al-dengue/>, última consulta: 7 de agosto de 2021.

—. 2019. *Libre de cólera el estero de San José del Cabo: COEPRIS*. En: <https://elinformantebcs.mx/libre-colera-estero-san-jose-del-cabo-coepris/>, última consulta: 7 de agosto de 2021.

Espinosa, C. 2015. Pediculosis: diagnóstico, tratamiento y epidemiología. *Boletín Epidemiológico* 32(16):1-6.

Esquerre, G. 2018. *Enfermos con tifoidea, despiden a la administración de De la Rosa vecinos de calle Leona Vicario*. En: <https://www.diarioelindependiente.mx/2018/09/enfermos-con-tifoidea-despiden-a-la-administracion-de-de-la-rosa-vecinos-de-calle-leona-vicario>, última consulta: 17 de febrero de 2020.

Fajardo-Dolci, G., J. Meljem-Moctezuma, E. Vicente-González *et al.* 2012. El dengue en México. Conocer para mejorar la calidad de la atención. *Revista Médica del Instituto Mexicano del Seguro Social* 50:631-639.

Fernández-Rubio, F. 1999. *Artrópodos y salud humana*. Gobierno de Navarra, Pamplona.

Fleta, J. 2002. Rickettsiosis transmitidas por garrapatas. *Medicina Integral* 39:18-24.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Fleta, J., O. Bueno y M. Bueno. 2000. Amebiasis intestinal y absceso hepático amebiano. *Medicina Integral* 36:96-101.

FMER. Foundation for Medical Education and Research. 2020a. *E. coli*. En: <https://www.mayoclinic.org/es-es/diseases-conditions/e-coli/symptoms-causes/syc-20372058>, última consulta: 16 de febrero de 2020.

—. 2020b. *Picadura de escorpión*. En: <https://www.mayoclinic.org/es-es/diseases-conditions/scorpion-stings/symptoms-causes/syc-20353859>, última consulta: 16 de febrero de 2020.

—. 2020c. *Infecciones en vías urinarias*. En: <https://www.mayoclinic.org/es-es/diseases-conditions/urinary-tract-infection/symptoms-causes/syc-20353447>, última consulta: 18 de febrero de 2020.

—. 2020d. *Ascariasis*. En: <https://www.mayoclinic.org/es-es/diseases-conditions/ascariasis/symptoms-causes/syc-20369593>, última consulta: 19 de febrero de 2020.

Fundación Charles Darwin. 2021. *Solenopsis geminata (Fabricius, 1804)*. En: <https://www.darwinfoundation.org/es/datazone/checklist?species=6941>, última consulta: 23 de agosto de 2021.

Gadar, Y.A. 2021. Maestra en ciencias en uso, manejo y preservación de recursos naturales por el CIBNOR. Consultora independiente en asuntos de ambiente y comunidad. Comunicación personal, agosto.

García-Acosta, J., C.R. Aguilar-García e I.E. Aguilar-Arce. 2017. Tifus. *Medicina Interna de México* 33:351-362.

Gascón, J. 2006. Paludismo importado por migrantes. *Anales del Sistema Sanitario de Navarra* 29:121-125.

Gaxiola, I. 2013. *Colonias periféricas, entre piojos y garrapatas*. En: <http://peninsulardigital.com/extra/colonias-perifericas-entre-piojos-y-garrapatas/102416>, última consulta: 20 de febrero de 2020.

Gómez, L. 2012. *Azota plaga de garrapatas a la colonia Gástelum*. En: <http://peninsulardigital.com/municipios/azota-plaga-de-garrapatas-a-la-colonia-gastelum/646>, última consulta: 24 de febrero de 2020.

González, C. 2020. *La Paz, el municipio con más casos de dengue en el 2019*. En: <https://www.diarioelindependiente.mx/2020/01/la-paz-el-municipio-con-mas-casos-de-dengue-en-el-2019>, última consulta: 11 de febrero de 2019.

Guhl, F. 2009. Enfermedad de Chagas: realidad y perspectivas. *Revista Biomédica* 20:228-234.

Hall, R.D. y R.R. Gerhardt. 2009. Flies (Diptera). En: *Medical and veterinary entomology*. G.R. Mullen y L.A. Durden (eds.). Academic Press, Ámsterdam, pp. 137-150.

Hernández, A. 2018. *Alerta: posible plaga de piojos en escuelas de* BCS. En: <https://maestrosdemexico.com/2018/08/31/alerta-posible-plaga-de-piojos-en-escuelas-de-bcs/>, última consulta: 20 de febrero de 2020.

Hernández, C., M.G. Aguilera y G. Castro. 2011. Situación de las enfermedades gastrointestinales en México. *Enfermedades Infecciosas y Microbiología* 31:131-151.

IMSS. Instituto Mexicano del Seguro Social. 2021. *Fiebre por chikungunya*. En: <http://www.imss.gob.mx/salud-en-linea/fiebre-chikungunya>, última consulta: 8 de agosto de 2021.

Jiménez, M.L. y C. Palacios. 1999. Incidencia de la chinche piedrera (*Dipetalogaster maximus*) (Hemiptera: Heteroptera: Reduviidae) vector de *Trypanosoma cruzi* en zonas urbanas de La Paz, Baja California Sur, México. *Anales del Instituto de Biología-UNAM* serie zoología 70:215-221.

Jurado, R., C. Arenas, A. Doblas *et al.* 2010. Fiebre tifoidea y otras infecciones por *Salmonella*. *Medicine* 10:3497-3501.

Kramer, R.D. y R.J. Brenner. 2009. Cockroaches (Blattaria). En: *Medical and veterinary entomology*. G.R. Mullen y L.A. Durden (eds.). Academic Press, Ámsterdam, pp. 47-57.

León-Villegas, R.I. 2015a. La chinche y el parásito. *¿Cómo ves?* 198:30-33.

—. 2015b. Chikunguña: ¿la próxima pandemia? *¿Cómo ves?* 203:22-25.

—. 2016. Zika. Los mosquitos vuelven a la carga. *¿Cómo ves?* 208:8-12.

Loreto Cays. 2008. *Manifestación particular de impacto ambiental. Villas Marinas, Loreto, Baja California Sur*. En: <http://sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/documentos/bcs/estudios/2008/03BS2008TD111.pdf>, última consulta: 8 de agosto de 2021.

Machtinger, E. y P.E. Kaufman. 2018. *Eye gnats, grass flies, eye flies, fruit flies Liohippelates spp. (Insecta: Diptera: Chloropidae)*. En: <https://edis.ifas.ufl.edu/pdf%5CIN%5CIN88400.pdf>, última consulta: 6 de agosto de 2021.

Martínez-Palomo, A. y M. Martínez-Báez. 1983. Amibiasis. *Salud Pública de México* 25:563-573.

Más Noticias BCS. 2019. *Advierte IMSS por picadura de abejas*. En: <https://masnoticiasbcs.com/advierte-imss-por-picadura-de-abejas>, última consulta: 7 de agosto de 2021.

Medina, E. 2020. *En lo que va del año 9 casos de Rickettsia en BCS*. En: <https://www.elsudcaliforniano.com.mx/local/en-lo-que-va-del-ano-9-casos-de-rickettsia-en-bcs-4344003.html>, última consulta: 8 de agosto de 2021.

Medina-Garza, H., C. Contreras-Servín, M.G. Galindo-Mendoza *et al.* 2017. *Trypanosoma cruzi*, del ambiente silvestre a ambientes domiciliados en la Huasteca Potosina: un análisis desde el enfoque de la biocomplejidad. En: *Ecología y conservación de fauna en ambientes antropizados*. A. Ramírez-Bautista y

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

R. Pineda-López (eds.). REFAMA/CONACYT/UAQ, Querétaro, pp. 311-325.

Meinking, T.L. 2008. Human lice. En: *Encyclopedia of entomology*. J.L. Capinera (ed.). Springer, Dordrecht, pp. 1883-1886.

Méndez, A. 2012. *Campaña contra pulgas y garrapatas en Los Cabos*. En: <https://formulabcs.com/2012/12/17/campaa-contra-pulgas-y-garrapatas-en-los-cabos/>, última consulta: 24 de febrero de 2020.

Meneses, F., G. Peregrino y P. Olmos. 2010. Rickettsiosis: una enfermedad presente pero olvidada. *Boletín Epidemiología* 27(46):1-4.

Moon, R.D. 2009. Muscid flies (Muscidae). En: *Medical and veterinary entomology*. G.R. Mullen y L.A. Durden (eds.). Academic Press, Ámsterdam, pp. 275-308.

Murillo-Godínez, G. 2020. Picadura de alacrán y alacranismo. *Medicina Interna de México* 36:696-712.

NaturaLista. 2021a. *Arañas violinistas (género Loxosceles)*. En: <https://www.naturalista.mx/taxa/48137-Loxosceles>, última consulta: 28 de agosto de 2021.

—. 2021b. *Viuda negra (Latrodectus mactans)*. En: <https://www.naturalista.mx/taxa/47381-Latrodectus-mactans>, última consulta: 28 de agosto de 2021.

OMS. Organización Mundial de la Salud. 2017. *Chikungunya*. En: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/chikungunya>, última consulta: 31 de enero de 2020.

—. 2018. *Paludismo*. En: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/malaria>, última consulta: 9 de febrero de 2020.

—. 2019a. *La enfermedad de Chagas (tripianosomiasis americana)*. En: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/chagas-disease-(american-trypanosomiasis)>, última consulta: 31 de enero de 2020.

—. 2019b. *Dengue y dengue grave*. En: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/dengue-and-severe-dengue>, última consulta: 2 de febrero de 2020.

—. 2019c. *Neumonía*. En: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/pneumonia>, última consulta: 18 de febrero de 2020.

OPS. Organización Panamericana de la Salud. 1962. Moscas de importancia para la salud pública y su control. *Publicaciones Científicas* 61:1-41.

Pérez, D. 2019. *Evita picaduras de abeja en esta temporada de calor con estas recomendaciones*. En: <https://www.elsudcaliforniano.com.mx/circulos/evita-picaduras-de-abejas-esta-temporada-de-calor-con-estas-recomendaciones-4031634.html>, última consulta: 9 de febrero de 2020.

Quiceno, J., X. Bastidas, D. Rojas y M. Bayona. 2010. La mosca doméstica como portador de patógenos microbianos en cinco cafeterías del norte de Bogotá. *Revista UDCA Actualidad y Divulgación Científica* 13:23-29.

Quiroz-Herbert, M.A., K.L. Reyes-Hernández, N.P. Sánchez-Chávez *et al.* 2015. Pediculosis. *Boletín Clínico Hospital Infantil del Estado de Sonora* 32:22-25.

Ramírez, S. 2002. Shigelosis (disentería bacilar). *Salud en Tabasco* 8:22-25.

Rebolledo, R. 2011. *Ya preocupa a la SEP el brote de piojos en el sector escolar*. En: <http://peninsulardigital.com/municipios/ya-preocupa-a-la-sep-el-brote-de-piojos-en-el-sector->, última consulta: 24 de febrero de 2020.

Reed, H.C. y P.J. Landolt. 2019. Ants, wasps and bees (Hymenoptera). En: *Medical and veterinary entomology*. G.R. Mullen y L.A. Durden (eds.). Academic Press, Ámsterdam, pp. 459-488.

Ríos, J.C., E. Paris, M. Bettini y G. Repetto. 2006. Manejo clínico de las intoxicaciones alimentarias. En: *Toxicología alimentaria*. A.M. Cameán y M. Repetto (eds.). Díaz Santos, Madrid, pp. 661-674.

Rodríguez, L.M. 2003. Epidemiología de la parasitosis intestinal en México. *Boletín Epidemiología, Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica* 20(20):1-3.

Salazar-Schettino, P.M., G.E. Rojas-Wastavino, M. Cabrera-Bravo *et al.* 2010. A revision of thirteen species of Triatominae (Hemiptera: Reduviidae) vectors of Chagas disease in Mexico. *Journal of the Selva Andina Research Society* 1:57-80.

Serrano-Pinto, V. y M. Moreno-Legorreta. 2018. Dengue con signos de alarma en Baja California Sur: un análisis de más de dos décadas. *Recursos Naturales y Sociedad* 4:53-63.

Shek, W.R. y D.J. Gaertner. 2002. Microbiological quality control for laboratory rodents and lagomorphs. En: *Laboratory Animal Medicine*. J.G. Fox y L.C. Andersen (eds.). Academic Press, Orlando, pp. 365-393.

Sotelo-Cruz, N., J. Hurtado-Valenzuela y N. Gómez Rivera. 2005. Envenenamiento en niños por mordedura de araña *Lactrodectus mactans* (viuda negra). *Revista Mexicana de Pediatría* 72:31-35.

SS. Secretaría de Salud. 2010. Vigilancia epidemiológica semana 52, 2010. *Boletín Epidemiología* 27(52):4-24.

—. 2016. Vigilancia epidemiológica semana 52, 2016. *Boletín Epidemiológico* 33(52):11-63.

—. 2020. Vigilancia epidemiológica semana 53, 2020. *Boletín Epidemiológico* 37(53):9-67.

Tay, J. 1980. La enfermedad de Chagas en la república mexicana. *Salud Pública de México* 22(4):409-459.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Tribuna de Los Cabos. 2019. *BCS cuenta con 27 años sin casos de paludismo*. En: <https://tribunadeloscabos.com.mx/bcs-cuenta-con-27-anos-sin-casos-de-paludismo-34485>, última consulta: 8 de agosto de 2021.

Valle-Barbosa, M.A., A. Muñoz, M.G. Vega-López *et al.* 2017. La pediculosis en México: una historia que no concluye. *Revista Médico-Científica de la Secretaría de Salud Jalisco* 3:185-191.

Vargas, H. 2012. *Plagas de moscas y zancudos Los Cabos*. En: <https://colectivopericu.net/tag/plaga-de-moscas-y-zancudos-los-cabos/>, última consulta: 27 de abril de 2019.

Vázquez-Vallejo, F.J. 2009. *Biogeografía del género Loxosceles en Sonora, México*. Tesis licenciatura. Universidad de Sonora, Caborca.

Velasco, C.A. 2006. *Enfermedades digestivas en niños*. Universidad del Valle, Colombia.

Velasco, L., C. Hernández, A.C. Coutigno *et al.* 2017. *Diagnóstico de las condiciones de vida e integración social de la población indígena en Comondú en Baja California Sur*. El Colegio de la Frontera Norte/CDI, México.

Velasco-Castrejón, O. y B. Rivas-Sánchez. 2008. Apuntes para la historia de la enfermedad de Chagas en México. *Boletín Médico del Hospital Infantil de México* 65:57-79.

Vidal-Acosta, V., S. Ibáñez-Bernal y C. Martínez-Campos. 2000. Infección natural de chinches Triatominae con *Trypanosoma cruzi* asociadas a la vivienda humana en México. *Salud Pública de México* 42:496-503.

Webmaster. 2012. *Los piojos no son problema de salud pública*. En: <http://peninsulardigital.com/municipios/loscabos/los-piojos-no-son-problema-de-salud-publica/97457>, última consulta: 20 de febrero de 2020.

Zaragozano, J.F. 2002. Rickettsiosis transmitidas por garrapatas. *Medicina Integral* 39:18-24.

Zhang, Z.Q. 2013. Animal biodiversity: An outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness (addenda 2013). *Zootaxa* 3703:1-82.

Zúñiga-Carrasco, I.R. y J. Caro-Lozano. 2018. Aspectos clínicos y epidemiológicos de las mordeduras de araña en México. *Hospital Medicine and Clinical Management* 11:191-203.

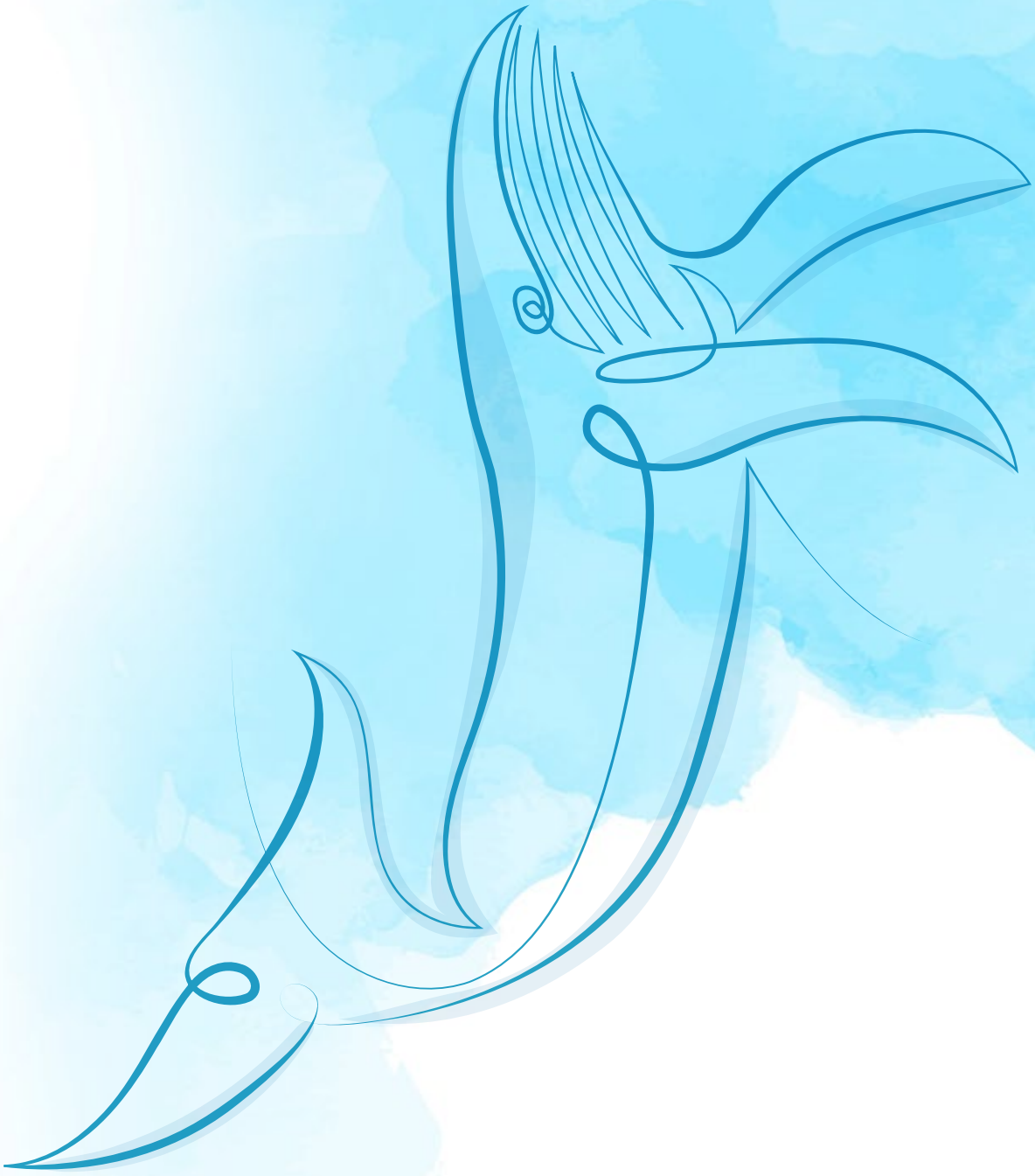
DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

6

Diversidad de especies

Vertebrados

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Elasmobranquios (tiburones y rayas)

Mario Jaime Rivera y Felipe Galván Magaña

Introducción

Los elasmobranquios pertenecen a la subclase de condrictios o peces cartilaginosos; en donde se agrupan los tiburones (superorden Selachimorpha) y las rayas (superorden Batoidea). Se caracterizan por poseer de cinco a siete pares de branquias, aletas rígidas, una piel cubierta de dentículos dérmicos, la mandíbula superior no fusionada al cráneo, numerosas filas de dientes (Maisey 2012), la ausencia de vejigas natatorias y una estructura detrás de la retina integrada por cristales de guanina (llamada *tapetum lucidum*) que les permite optimizar la luz en hábitats oscuros (Denton y Nicol 1964). Los machos presentan las aletas pélvicas modificadas para la inseminación (Wourms y Demski 1993).

Este grupo ha evolucionado desde hace 400-450 millones de años. Durante el periodo Carbonífero desarrollaron patrones de vida similares a los actuales, como crecimiento lento (Maisey 2012). Presentan reproducción interna, una madurez sexual tardía y sin cuidado parental. Son iteróparos, esto es que presentan varios ciclos reproductivos a lo largo de su vida y producen crías bien desarrolladas al nacer; características más semejantes a las de los mamíferos que a los peces óseos (Hoenig y Gruber 1990).

Hay mucha diversidad en sus patrones reproductivos: pueden ser ovíparos, vivíparos placentados y vivíparos aplacentados. Algunas especies presentan embriones que se alimentan de huevos o embriones de su misma especie, y hay casos de reproducción asexual por el desarrollo de células sexuales femeninas no fecundadas (o partenogénesis; Wourms y Demski 1993, Chapman *et al*. 2008). Debido a las características particulares de su ciclo de vida, es un grupo vulnerable a la sobreexplotación pesquera (Bonfil 1997, Camhi 1998).

Diversidad

Hasta 2020 se registran 9 órdenes, 34 familias, 107 géneros y 478 especies de tiburones en el planeta. El orden más diverso es Carcharhiniformes (284 especies), seguido por Squaliformes (119). Respecto a las rayas o batoideos, se cuenta con 6 órdenes, 24 familias, 88 géneros y 630 especies. El orden más diverso es Rajiformes (285 especies), seguido por Myliobatiformes (210; Ebert 2003, Weigmann 2016).

En el país, hasta 2016 se tienen 206 especies de elasmobranquios (111 de tiburones y 95 de rayas). El orden más diverso es Carcharhiniformes (59 especies), seguido por Rajiformes (41) y Myliobatiformes (35).

Jaime-Rivera, M. y F. Galván-Magaña. 2025. Elasmobranquios (tiburones y rayas). En: *La biodiversidad en Baja California Sur. Estudio de Estado*. Vol. II. CONABIO/FFB, México, pp. 333-346.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Esto ubica a México como el segundo país con mayor diversidad de condrictios a nivel mundial (Abitia-Cárdenas *et al.* 1994, Castro-Aguirre y Pérez 1996, Del Moral-Flores *et al.* 2016).

En Baja California Sur se registran 94 especies (93 identificadas) de elasmobranquios, de las cuales 54 son de tiburones (agrupadas en 17 familias) y 40 de rayas (12 familias). La familia de tiburones más diversa es Carcharhinidae (16 especies), y la de rayas es Myliobatidae (11). Por su parte, el género de tiburones más diverso es *Carcharhinus* (10); mientras que en las rayas es *Mobula* (5; cuadro 1, apéndice 32).

Cuadro 1. Diversidad de elasmobranquios en la entidad.

Especie[1]	De interés económico	Con aprovechamiento pesquero	Categoría UICN	Protegida en México	Hábitat
Familia Hexanchidae					
Hexanchus griseus		●	NT		Costero y oceánico
Notorynchus cepedianus		●	LC		Costero y oceánico
Familia Squatinidae					
Squatina californica	●	●	NT		Costero
Familia Echinorhinidae					
Echinorhinus cookei		●	NT		Aguas profundas
Familia Squalidae					
Squalus suckleyi		●	LC		Costero y oceánico
Familia Somniosidae					
Somniosus pacificus		●	LC		Aguas profundas
Familia Heterodontidae					
Heterodontus sp.	●	●	DD		Costero
H. mexicanus	●	●	DD		Costero
H. francisci	●	●	DD		Costero
Familia Rhincodontidae					
Rhincodon typus	●		EN	●	Costero y oceánico
Familia Ginglymostomatidae					
Ginglymostoma unami	●	●	DD		Costero
Familia Scyliorhinidae					
Cephaloscyllium ventriosum			DD		Costero
Parmaturus xaniurus			DD		Aguas profundas
Cephalurus cephalus			DD		Aguas profundas
Apristurus brunneus			DD		Aguas profundas
A. kampae			DD		Aguas profundas
Familia Triakidae					
Triakis semifasciata	●	●	LC		Costero
Mustelus lunulatus		●	NT		Costero
M. henlei	●	●	LC		Costero
M. californicus	●	●	LC		Costero
M. albipinnis	●	●	DD		Costero
Galeorhinus galeus	●	●	VU		Costero

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Cuadro 1. Continuación.

Especie[1]	De interés económico	Con aprovechamiento pesquero	Categoría UICN	Protegida en México	Hábitat
Familia Carcharhinidae					
Carcharhinus albimarginatus		●	NT		Costero y oceánico
C. brachyurus	●	●	NT		Costero y oceánico
C. falciformis	●	●	NT		Costero y oceánico
C. limbatus	●	●	NT		Costero y oceánico
C. longimanus		●	NT		Oceánico
C. obscurus	●	●	VU		Costero y oceánico
C. leucas	●	●	NT		Costero y oceánico
C. galapagensis			NT		Costero y oceánico
C. altimus		●	LC		Costero y oceánico
C. cerdale	●	●	LC		Costero
Prionace glauca	●	●	NT		Costero y oceánico
Galeocerdo cuvier	●	●	NT		Costero y oceánico
Negaprion fronto	●	●	DD		Costero y oceánico
Rhizoprionodon longurio	●	●	DD		Costero
Nasolamia velox	●	●	LC		Costero y oceánico
Triaenodon obesus	●	●	NT		Costero y oceánico
Familia Sphyrnidae					
Sphyrna corona			NT		Costero
S. media		●	LC		Costero
S. mokarran	●	●	CR		Costero y oceánico
S. lewini	●	●	CR		Costero y oceánico
S. zygaena		●	VU		Costero y oceánico
S. vespertina	●	●	DD		Costero
Familia Alopiidae					
Alopias pelagicus	●	●	VU		Oceánico
A. vulpinus	●	●	VU		Costero y oceánico
A. superciliosus	●	●	VU		Costero y oceánico
Familia Lamnidae					
Carcharodon carcharias	●	●	VU	●	Costero y oceánico
Isurus oxyrinchus	●	●	EN		Costero y oceánico
I. paucus			EN		Oceánico
Lamna ditropis			LC		Oceánico
Familia Odontaspididae					
Odontaspis ferox			VU		Costero y oceánico
Familia Cetorhinidae					
Cetorhinus maximus			VU	●	Oceánico
Familia Pseudocarchariidae					
Pseudocarcharias kamoharai			NT		Oceánico

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Cuadro 1. Continuación.

Especie[1]	De interés económico	Con aprovechamiento pesquero	Categoría UICN	Protegida en México	Hábitat
Familia Rajidae					
Beringraja binoculata	●	●	DD		Costero
B. cortezensis			DD		Costero
B. inornata		●	DD		Costero y oceánico
Rostroraja velezi		●	DD		Costero
R. equatorialis			DD		Costero
Amblyraja hyperborea			DD		Aguas profundas
Familia Arhynchobatidae					
Bathyraja spinosissima			DD		Aguas profundas
B. abyssicola			DD		Aguas profundas
Familia Rhinobatidae					
Zapteryx exasperata	●	●	DD		Costero
Pseudobatos productus	●	●	NT		Costero
P. glaucostigma	●	●	DD		Costero
P. leucorhynchus	●	●	NT		Costero
Familia Platyrhinidae					
Platyrhinoidis triseriata		●	LC		Costero
Familia Narcinidae					
Narcine entemedor		●	DD		Costero
N. vermiculata			NT		Costero
Diplobatis ommata			VU		Costero
Familia Torpedinidae					
Tetronarce californica			LC		Costero
Familia Urotrygonidae					
Urotrygon rogersi		●	DD		Costero
U. chilensis			DD		Costero
U. aspidura		●	DD		Costero
U. munda			DD		Costero
Urobatis concentricus (U. maculatus)		●	DD		Costero
U. halleri	●		LC		Costero
Familia Dasyatidae					
Hypanus longus (Dasyatis longa)	●	●	DD		Costero
Dasyatis dipterura (Hypanus dipterurus, D. brevis)	●	●	DD		Costero
Pteroplatytrygon violacea	●	●	LC		Oceánico
Familia Gymnuridae					
Gymnura marmorata	●	●	LC		Costero

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Cuadro 1. Continuación.

Especie[1]	De interés económico	Con aprovechamiento pesquero	Categoría UICN	Protegida en México	Hábitat
Familia Myliobatidae					
Myliobatis californica	●	●	LC		Costero
M. longirostris	●	●	NT		Costero
Aetobatus laticeps	●	●	DD		Oceánico
A. narinari	●	●	NT		Oceánico
Pteromylaeus asperrimus (*Aetomylaeus asperrimus*)			DD		Costero
Rhinoptera steindachneri	●	●	NT		Costero
Mobula mobular	●	●	NT	●	Costero y oceánico
M. munkiana	●	●	NT	●	Costero
M. tarapacana	●	●	DD	●	Costero y oceánico
M. birostris	●	●	NT	●	Oceánico
M. lucasana (*M. thurstoni*)	●	●	NT	●	Oceánico
Familia Potamotrygonidae					
Styracura pacifica			LC		Costero
Familia Pristidae					
Pristis pristis[2]			CR	●	Costero

[1]Entre paréntesis se indican las sinonimias. [2]Registro a partir de la colección del LACM Natural History Museum. CR: en peligro crítico; EN: en peligro; VU: vulnerable; NT: casi amenazada; LC: preocupación menor; DD: datos insuficientes. Fuente: elaboración propia.

La riqueza sudcaliforniana representa 8.5% de la diversidad de elasmobranquios a nivel mundial y 45.6% de la diversidad nacional. Desagregado solo para tiburones, las especies registradas en el estado conforman 11.3% de la diversidad mundial y 48.6% de la diversidad en el país; mientras que para rayas los valores estatales son 6.3% y 42.1%, respectivamente.

Por su gran movilidad a lo largo de las costas, no hay especies de elasmobranquios endémicas a la entidad; sin embargo, la raya *Beringraja cortezensis* es endémica del golfo de California (McEachran y Miyake 1988). Hay algunas especies que probablemente se encuentren en aguas cercanas al estado, pero son muy raras, pobremente identificadas o confundidas con otras debido a su semejanza. En este sentido, Ruiz-Campos y colaboradores (2010) registraron un ejemplar del mako alecrín (*Isurus paucus*) capturado al suroeste del estado (21° 44' N, 112° 10' O). Este tiburón puede ser fácilmente confundido con la especie *Isurus oxyrinchus*, además de que presenta un hábitat oceánico y su migración ha sido escasamente estudiada.

Por su parte, Castro (2011) registró en esta zona una especie no identificada del género *Heterodontus*, diferente a la especie descrita *H. francisci*. La existencia de este registro ha llevado a tomar en cuenta esta especie, aunque no se ha descrito con exactitud. Asimismo, Rochín (2011) registró un ejemplar de la raya *Himantura pacifica*, capturada en la laguna de San Ignacio (municipio de Mulegé), la cual se clasificó dentro de la familia Dasyatidae; sin embargo, los miembros de esta especie se han documentado desde Oaxaca hasta Costa Rica, pero no tan al norte.

Last y colaboradores (2016) reclasificaron la familia mediante estudios moleculares y morfológicos y *H. pacifica* se convirtió en *Styracura pacifica*, clasificada en una subfamilia dentro de la familia Potamotrygonidae (Carvalho *et al.* 2016). El problema es que esta familia clasifica rayas de agua dulce, y la raya documentada es marina. Por la confusión y al único dato disponible, el registro de Rochín (2011) como *S. pacifica* se tomó con reservas para este trabajo.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Distribución

La diversidad de elasmobranquios en el estado se relaciona con la existencia de distintos hábitats oceánicos y costeros, así como las características oceanográficas, que permiten ambientes óptimos a diferentes especies. Las especies costeras de elasmobranquios representan 48%, las oceánicas 12%, las de ambas regiones 30% y las de aguas profundas 10% (cuadro 1).

En la entidad, se identifican ocho zonas de reproducción y crianza de tiburones, de las cuales El Sargento, La Ventana y Punta Arenas son áreas prioritarias (Salomón-Aguilar *et al*. 2009). Durante los meses de mayo a septiembre la costa sureste es área de reproducción del tiburón martillo (*Sphyrna lewini*; Torres 1999). Agua verde, isla Partida y la bahía de La Paz son áreas de reproducción y crianza para el tiburón angelito (*Squatina californica*) y el tiburón ballena (*Rhincodon typus*; Ketchum-Mejia 2003, Salomón-Aguilar *et al*. 2009); mientras que El Sargento, La Ventana y Punta Arenas lo son para el tiburón azul (*Prionace glauca*) y el mako (*Isurus oxyrinchus*; Salomón-Aguilar *et al*. 2009). Asimismo, en estas zonas se han realizado estudios sobre ecología trófica y genética del tiburón angelito (*S. californica*; Escobar-Sánchez 2004, Ramírez-Amaro *et al*. 2017); mientras que la bahía Sebastián Vizcaíno es un área de crianza del tiburón blanco (*Carcharodon carcharias*, figura 1; Oñate-González *et al*. 2017).

En la isla Espíritu Santo y Las Ánimas se han estudiado los patrones de movimientos de tiburón martillo (*S. lewini*; Klimley 1993) y tiburón ballena (*R. typus*; Ketchum-Mejia 2003). En bahía Tortugas se realizaron trabajos sobre los hábitos alimentarios y la edad y crecimiento de la raya guitarra (*Pseudobatos productus*; Downton-Hoffmann 2001, Curiel-Godoy *et al*. 2016), y concentraciones de mercurio en tejidos de las rayas *Myliobatis californica*, *P. productus* y *Zapteryx exasperata* (Murillo-Cisneros *et al*. 2018).



Figura 1. Tiburón blanco (*Carcharodon carcharias*). Foto: Edgar Becerril.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Por su parte, en la costa occidental del estado se ubican varios campamentos pesqueros en Punta Lobos, Punta Belcher, Las Barrancas y San Lázaro, donde se capturan elasmobranquios. Ahí se han llevado a cabo investigaciones sobre:

- Ecología trófica y reproductiva del tiburón sedoso (*Carcharhinus falciformis*) y del azul (*P. glauca*; Hoyos-Padilla 2003, Hernández-Aguilar 2008, Cabrera-Chávez-Costa *et al.* 2010).
- Biología reproductiva de la raya mariposa (*Gymnura marmorata*; Vázquez e Itzigueri 2013).
- Ecología trófica y análisis de metales pesados en tiburón martillo (*Sphyrna zygaena*; Ochoa-Díaz 2009, Terrazas 2016).
- Bioacumulación de mercurio y cadmio en los tiburones *Carcharhinus limbatus*, *Alopias pelagicus*, *P. glauca*, *S. zygaena*, *I. oxyrinchus*, y en las rayas *P. productus*, *Raja velezi* y *G. marmorata* (Escobar-Sánchez 2011, Murillo-Cisneros 2014, López-Vera y Maz-Courrau 2017).
- Patrones migratorios relacionados a variables oceanográficas de *C. falciformis*, *P. glauca* e *I. oxyrinchus* (Jaime-Rivera 2004, Martínez-Rincón 2012, Vögler *et al.* 2012), de parásitos de *P. glauca* (Méndez y Galván-Magaña 2016) y un análisis de vulnerabilidad de especies de tiburones de importancia pesquera (Furlong-Estrada *et al.* 2017).

El complejo de bahía Magdalena-Almejas ha sido área de estudio para varias investigaciones sobre la biología y ecología de elasmobranquios, entre los que destacan:

- Estudios sobre abundancia de la raya guitarra (*P. productus*; Salazar-Hermoso y Villavicencio-Garayzar 1999).
- Aspectos reproductivos de la raya (*Hypanus longus*) y de la guitarra pintada (*Z. exasperata*; Villavicencio-Garayzar y Abitia-Cárdenas 1994, Blanco-Parra *et al.* 2009).

En la laguna de San Ignacio se realizaron trabajos de investigación sobre la ecología trófica del tiburón cornudo (*Heterodontus francisci, Urobatis halleri*) y de la raya espinosa (*Urobatis concentricus*, figura 2; Segura-Zarzosa *et al.* 1997, Bocanegra-Castillo 1998).



Figura 2. Raya espinosa (*Urobatus concentricus*). Foto: Carlos Javier Navarro Serment/Banco de imágenes CONABIO.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

En el Parque Nacional Cabo Pulmo hay un arrecife coralino donde se registra un aumento de biomasa que sugiere un hábitat en buen estado de conservación, con capacidad para mantener altos niveles de productividad primaria y secundaria. Aquí se encuentran 11 especies de tiburones, de las cuales destacan depredadores tope como los tiburones tigre (*Galeocerdo cuvier*) y toro (*Carcharhinus leucas*). Además, ésta es una zona de agregación con alto potencial para llevar a cabo estudios científicos sobre elasmobranquios (figura 3; Reyes-Bonilla *et al.* 2016).

Importancia

Ecológica

Los elasmobranquios ocupan diversos niveles tróficos en los hábitats marinos. La mayoría de los tiburones ocupan niveles intermedios hasta niveles tope en las comunidades marinas. Las especies que se alimentan de plancton (planctófagos), como el tiburón ballena (*R. typus*) y el peregrino (*Cetorhinus maximus*), ocupan un nivel trófico menor (3.2); mientras que el tiburón blanco (*C. carcharias*), al alimentarse de tiburones y mamíferos marinos, presenta el nivel trófico más alto (4.5; Cortés 1999).

Principalmente, es en la primavera cuando el tiburón blanco ingresa al golfo de California proveniente del Pacífico en busca de presas como calamares y bancos de peces como la curvina (Jaime-Rivera *et al.* 2014). Cabe señalar que el declive de las poblaciones de tiburones tope puede inducir cascadas en la cadena trófica de niveles superiores a inferiores (Stevens *et al.* 2000). Cuando esto sucede, los mesodepredadores[1] ocupan los niveles superiores, como se sugiere para ciertas especies de tiburones (*G. cuvier C. obscurus, S. lewini* y *S. zygaena*) y de rayas (*Z. exasperata*; Bornatowski *et al.* 2014).

Comercial

Los elasmobranquios se aprovechan como alimento, principalmente su carne y sus aletas. El cartílago de tiburón es un producto que se ocupa en la medicina alternativa o como suplemento alimenticio. Otras partes de su cuerpo como mandíbulas, dientes, piel y espinas se utilizan como artículos decorativos; y su captura da empleo a muchas familias (Camhi 1998).

Históricamente, las pesquerías de mediana altura y artesanal han capturado elasmobranquios de manera continua desde el siglo XX. En este sentido, desde 1939 se han identificado 38 especies de tiburones de importancia comercial en el golfo de California, de las cuales las más comunes son las de los géneros *Mustelus*, *Sphyrna* y *Rhizoprionodon* (Saldaña-Ruiz *et al.* 2016). A su vez, el golfo de California es la región de mayor relevancia para la pesquería de rayas, pues aporta hasta 58% de los volúmenes de captura (Ramírez-Amaro *et al.* 2013). En el periodo de 1997 a 2014 se identificaron 22 especies de rayas con importancia comercial, de las cuales las más comunes son *P. productus*, *Rhinoptera steindachneri* y las del género *Gymnura*.

En 2009, el estado fue el segundo a nivel nacional con mayor registro de captura de elasmobranquios de todo el Pacífico mexicano (Ramírez-Amaro *et al.* 2013). Hasta 2010, en estas costas se registraron 45 campamentos artesanales donde se capturan elasmobranquios mediante redes y palangre. En éstos se han identificado 52 especies, de las cuales las más comunes son *P. productus*, *Mustelus henlei*, *Myliobatis californica*, *P. glauca* e *I. oxyrinchus* (Ramírez-Amaro *et al.* 2013). En el periodo de 2006-2014 se capturó en la entidad un total de 34 409 t de elasmobranquios (CONAPESCA 2018), de las cuales 51% fueron tiburones, 30% rayas y 19% cazones (cuadro 2).

Ecoturismo

Los elasmobranquios también son una fuente de ingresos en el ecoturismo o turismo alternativo. En la bahía de La Paz el buceo recreativo con tiburón ballena (*R. typus*, figura 4) se ha vuelto un gran negocio. Por su parte, el Parque Nacional Cabo Pulmo es uno de los principales sitios para buceo con tiburón toro (*C. leucas*). El valor económico de la actividad de buceo deportivo con este tiburón es de aproximadamente 7 millones 600 mil dólares anuales (Pasos-Acuña 2018).

1 Depredadores de rango medio, ubicados entre diferentes niveles tróficos.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

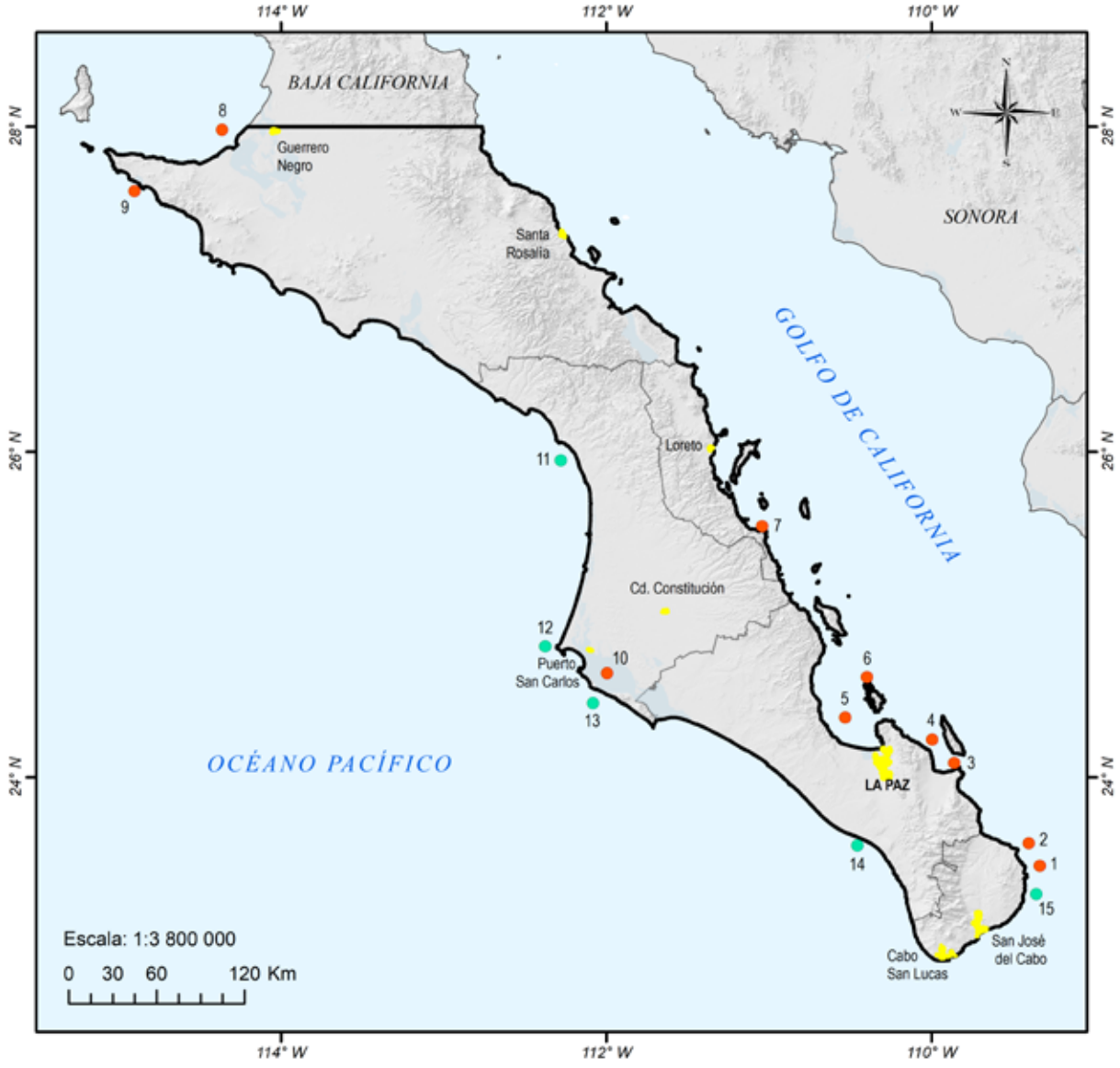


Figura 3. Áreas de agregación, crianza o reproducción de elasmobranquios, y campamentos artesanales de desembarque. Fuente: elaboración propia.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Figura 4. Ecoturismo con tiburón ballena (*Rhincodon typus*) en la bahía de La Paz. Foto: Edgar Becerril.

Cuadro 2. Captura (en toneladas) de elasmobranquios en el estado durante el periodo 2006-2014. Entre paréntesis se indican los porcentajes respecto al total de captura.

Nombre común	Captura
Tiburón	17 509 (50.9)
Cazón	6 631 (19.3)
Rayas y afines	10 269 (29.8)
Total	**34 409**

Fuente: elaboración propia con datos de CONAPESCA 2018.

Otro ejemplo es la mantarraya gigante (*Mobula birostris*) que, desde 2018 y después de 15 años de ausencia, se ha observado en las inmediaciones del islote La Reina en Isla Cerralvo, lo que constituye un atractivo turístico para interactuar con estos organismos (Hoyos-Padilla *et al.* 2020).

Situación y estado de conservación

De acuerdo con la clasificación de la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), en el estado hay 10 especies vulnerables, 26 especies se encuentran casi amenazadas, 3 amenazadas y 3 en peligro crítico (cuadro 1). Las especies consideradas sobreexplotadas y cuya abundancia ha decaído notablemente son el tiburón tigre (*G. cuvier*), el martillo (*S. lewini*), el limón (*Negaprion fronto*), el martillo gigante (*Sphyrna mokarran*) y la raya (*P. productus*; Bonfil 2014). Por su parte, se ha registrado una disminución considerable en las capturas para *C. leucas*, *Nasolamia velox*, *Carcharhinus altimus*, *Carcharhinus obscurus*, *Carcharhinus porosus*, *Triakis semifasciata* y *Carcharhinus brachyurus* (Furlong-Estrada *et al.* 2017).

Existen vacíos en la información sobre la extracción de estos animales. Su captura no se registra con frecuencia, por la falta de observadores a bordo de las embarcaciones de mediana altura, mientras que en los campamentos artesanales no se cuenta con inventarios continuos. Los datos oficiales están incompletos, no consignan el nombre científico sino común, pues caracterizan a las rayas por su nombre común o general de *rayas* y similares; a diversos tiburones pequeños o juveniles únicamente como *cazones*; y a tiburones grandes como *tiburón*, además de reportar la captura en kilogramos sin indicar tallas ni sexos.

Sin embargo, en 2007 se implementó la NOM-029-PESC-2006 (SAGARPA 2007) para conservar las poblaciones de elasmobranquios. En ella se instrumenta el

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Figura 5. Tiburón zorro capturado en Los Cabos. Foto: Edgar Becerril.

uso de bitácoras a bordo, además de que se especifica el equipo y el esfuerzo pesquero autorizado. En este sentido, se sugirieron medidas de protección para las mantas y mobulas *Mobula birostris, M. japanica, M. thurstoni, M. munkiana* y *M. tarapacana*, al igual que para los tiburones *C. carcharias*, *C. maximus* y *R. typus*. Estas 8 especies protegidas representan 8.6% de la biodiversidad en el estado.

Amenazas

Las principales amenazas para la conservación de diversas especies son la sobrepesca y la degradación de sus hábitats (figura 5). Las pesquerías artesanales impactan en las poblaciones al capturar organismos juveniles en áreas de crianza, y es una de las razones por las que los tiburones martillo del género *Sphyrna* han decaído en las últimas décadas. Antes de la década de los noventa era posible observar hasta 500 tiburones martillo en El Bajo Espíritu Santo; en la actualidad, los avistamientos han disminuido de tal forma que se pueden observar grupos de 30 o menos. En campamentos pesqueros de la zona del Pacífico (p.e. Punta Lobos) se capturan principalmente tiburones mako juveniles y rayas preñadas.

Aún no hay estudios detallados sobre como el cambio climático afecta a sus poblaciones, pero se tienen estudios de variables oceanográficas que impactan sobre la abundancia de algunas especies. El predominio de aguas cálidas o fenómenos como El Niño se relacionan con la presencia de tiburón sedoso (*C. falciformis*); mientras que el predominio de aguas frías o fenómenos como La Niña se relacionan con la ausencia de tiburón azul (*P. glauca*; Jaime-Rivera 2004).

Acciones de conservación

La NOM-029-PESC-2006 prohíbe la práctica del aleteo, rebanar las aletas y lanzar el animal aún vivo al mar, así como el uso de redes y palangres en lagunas de las costas del Pacífico; además, limita el esfuerzo total de las capturas y protege varias especies de las cuales ocho se encuentran en el estado. Desde 2012, se implementó una veda del 1 de mayo al 31 de julio, para evitar la captura de todas las especies de rayas y tiburones en aguas del Pacífico; sin embargo, aún no se han realizado estudios sobre el impacto de esta acción en las poblaciones de las especies explotadas.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

En la entidad se encuentran áreas naturales protegidas, en cuyas aguas habitan varias especies de elasmobranquios (p.e. laguna Ojo de Liebre en la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno, y los parques nacionales de Bahía de Loreto, Cabo Pulmo y Espíritu Santo; Bizarro *et al.* 2007). La posible veda permanente de otras especies amenazadas como el tiburón tigre, o en peligro de extinción como los martillos *S. lewini* y *S. mokarran*, también podría ayudar a su conservación.Cabe señalar que algunas organizaciones de la sociedad civil trabajan con pescadores en zonas como bahía Magdalena, para fomentar el ecoturismo como alternativa económica a la pesca de tiburón. De esta manera, se promueve la adopción de otras formas de aprovechamiento sustentable para estos animales.

Conclusiones y recomendaciones

A partir del análisis de diversidad de elasmobranquios y su distribución en aguas sudcalifornianas se propone continuar con la investigación científica de sus historias y ciclos de vida, reproducción, ecología, migraciones y conducta para tener más información que conlleve a tomar decisiones objetivas sobre su conservación. La principal fuente de riesgo para varias especies es la pesca industrial dirigida e incidental, la contaminación marina, así como la destrucción de sus áreas de crianza. La protección de áreas de crianza contra el impacto ambiental, como bahías, esteros y humedales, es fundamental para permitir que este grupo se desarrolle de manera óptima en sus primeros estadios.

Los beneficios derivados de la conservación de los elasmobranquios son tanto ecológicos como turísticos. Las especies de tiburones y rayas son mesodepredadores y depredadores tope en las cadenas tróficas marinas; su presencia indica ecosistemas sanos y la desaparición de una especie puede conllevar importantes efectos cascada. Desde el punto de vista económico, el ecoturismo se beneficia con hábitats ricos y diversos; Baja California Sur es un estado con paisajes y lugares altamente atractivos para esta actividad.

Referencias

Abitia-Cárdenas, L.A., J. Rodríguez-Romero, F. Galván-Magaña *et al.* 1994. Lista sistemática de la ictiofauna de bahía de la Paz, Baja California Sur, México. *Ciencias Marinas* 20:159-181.

Bizarro, J.J., W.D. Smith, J.F. Márquez-Farias y R.E. Hueter. 2007. Artisanal fisheries and reproductive biology of the golden cownose ray, *Rhinoptera steindachneri* Evermann and Jenkins, 1891, in the northern Mexican Pacific. *Fisheries Research* 84:137-146.

Blanco-Parra, M.P., J.F. Márquez-Farías y F. Galván-Magaña. 2009. Reproductive biology of the banded guitarfish, *Zapteryx exasperata*, from the Gulf of California, México. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 89:1655-1662.

Bocanegra-Castillo, N. 1998. *Interacciones tróficas de la ictiofauna más abundante en laguna Ojo de Liebre, Baja California Sur, México.* Tesis de maestría. CICIMAR-IPN, La Paz.

Bonfil, R. 1997. Trends and patterns in world and Asian elasmobranch fisheries. En: *Elasmobranch biodiversity, conservation and management: proceedings of the international seminar and workshop, Sabah, Malaysia.* S.L. Fowler, T. Reid y F.A. Dipper (eds.). IUCN, Suiza, pp. 15-24.

—. 2014. *Diagnóstico del estado de conservación de los elasmobranquios en México.* Informe Final de la consultoría. CONANP, México.

Bornatowski, H., A.F. Navia, R. Braga *et al.* 2014. Ecological importance of sharks and rays in a structural foodweb analysis in southern Brazil. *ICES Journal of Marine Science* 71:1586-1592.

Cabrera-Chávez-Costa, A.A., F. Galván-Magaña y O. Escobar-Sánchez. 2010. Food habits of the silky shark *Carcharhinus falciformis* (Müller and Henle 1839) off the western coast of Baja California Sur, Mexico. *Journal of Applied Ichthyology* 26:499-503.

Camhi, M. 1998. *Sharks and their relatives: ecology and conservation.* IUCN, Suiza.

Carvalho, M.D., T.S. Loboda y J. Silva. 2016. A new subfamily, Styracurinae, and new genus, *Styracura*, for *Himantura schmardae* (Werner, 1904) and *Himantura pacifica* (Beebe and Tee-Van, 1941) (Chondrichthyes: Myliobatiformes). *Zootaxa* 4175:201-221.

Castro, J.I. 2011. *The Sharks of North America.* Oxford University Press, Nueva York.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Castro-Aguirre, J.L. y H.E Pérez. 1996. *Catálogo sistemático de las rayas y especies afines de México: Chondrichthyes: Elasmobranchii: Rajiformes: Batoideiomorpha*. UNAM, México.

Chapman, D.D., B. Firchau y M. Shivji. 2008. Parthenogenesis in a large-bodied requiem shark, the blacktip *Carcharhinus limbatus*. *Journal of Fish Biology* 73:1473-1477.

CONAPESCA. Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca. 2018. *Producción pesquera*. En: <https://www.conapesca.gob.mx/wb/cona/estadisticas_de_produccion_pesquera>, última consulta: septiembre de 2017.

Cortés, E. 1999. Standardized diet compositions and trophic levels of sharks. *ICES Journal of Marine Science* 56:707-717.

Curiel-Godoy, P., M. Simental-Anguiano y F. Galván-Magaña. 2016. Hábitos alimentarios de la raya guitarra *Pseudobatos productus* en bahía Tortugas, Baja California Sur, México. *Ciencia Pesquera* número especial 24:55-68.

Del Moral-Flores, L.F., J.J. Morrone, J. Alcocer y G. Pérez-Ponce de León. 2016. Diversidad y afinidades biogeográficas de los tiburones, rayas y quimeras (Chondrichthyes: Elasmobranchii, Holocephali) de México. *Revista de Biología Tropical* 64(4):1469-1486.

Denton, E.J. y J.A.C. Nicol. 1964. The chorioidal tapeta of some cartilaginous fishes (Chondrichthyes). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 44:219-258.

Downton-Hoffmann, C. 2001. *Edad y crecimiento del pez guitarra Rhinobatos productus (Ayres 1856), en la costa occidental de Baja California Sur, México*. Tesis de maestría. CICIMAR-IPN, La Paz.

Ebert, D. 2003. *Sharks, rays, and chimaeras of California*. University of California Press, California.

Escobar-Sánchez, O. 2004. *Hábitos alimentarios del tiburón ángel Squatina californica (Ayres 1859) en el suroeste del Golfo de California, México*. Tesis de maestría. CICIMAR-IPN, La Paz.

—. 2011. *Bioacumulación y biomagnificación de mercurio y selenio en peces pelágicos mayores de la costa occidental de Baja California Sur, México*. Tesis de doctorado. CICIMAR-IPN, La Paz.

Furlong-Estrada, E., F. Galván-Magaña y J. Tovar-Ávila. 2017. Use of the productivity and susceptibility analysis and a rapid management-risk assessment to evaluate the vulnerability of sharks caught off the west coast of Baja California Sur, Mexico. *Fisheries Research* 194:197-208.

Hernández-Aguilar, S.B. 2008. *Espectro trófico del tiburón azul Prionace glauca (Linnaeus, 1758) en la costa occidental de Baja California Sur, México*. Tesis de doctorado. CICIMAR-IPN, La Paz.

Hoenig, J.M. y S.H. Gruber. 1990. Life-history patterns in the elasmobranchs: implications for fisheries management. En: *Elasmobranchs as living resources: advances in the biology, ecology, systematics, and the status of the fisheries*. United States Department of Commerce, EUA, pp. 1-16.

Hoyos-Padilla, E.M. 2003. *Biología reproductiva del tiburón piloto Carcharhinus falciformis (Bibron, 1838) de Baja California Sur*. Tesis de maestría. CICIMAR-IPN, La Paz.

Hoyos-Padilla, E.M., J. Ketchum, A. Ayala-Bocos y F. Lara-Lizardi. 2020. *Manual de buenas prácticas de interacción con las mantas gigantes de La Reina*. CONANP, México.

Jaime-Rivera, M. 2004. *Captura de tiburones pelágicos en la costa occidental de Baja California Sur y su relación con cambios ambientales*. Tesis de maestría. CICIMAR-IPN, La Paz.

Jaime-Rivera, M., J. Caraveo-Patiño, M. Hoyos-Padilla y F. Galván-Magaña. 2014. Feeding and migration habits of white shark *Carcharodon carcharias* (Lamniformes: Lamnidae) from Isla Guadalupe inferred by analysis of stable isotopes $\delta^{15}N$ and $\delta^{13}C$. *Revista de Biología Tropical* 62(2):637-647.

Ketchum-Mejia, J.T. 2003. *Distribución espacio-temporal y ecología alimentaria del tiburón ballena (Rhincodon typus) en la bahía de La Paz y zonas adyacentes en el Suroeste del Golfo de California*. Tesis de maestría. CICIMAR-IPN, La Paz.

Klimley, A.P. 1993. Highly directional swimming by scalloped hammerhead sharks, *Sphyrna lewini*, and subsurface irradiance, temperature, bathymetry, and geomagnetic field. *Marine Biology* 117:1-22.

Last, P.R., G.J. Naylor y B.M. Manjaji-Matsumoto. 2016. A revised classification of the family Dasyatidae (Chondrichthyes: Myliobatiformes) based on new morphological and molecular insights. *Zootaxa* 4139:345-368.

López-Vera, C.A. y A. Maz-Courrau. 2017. *Biomagnificación y bioacumulación de mercurio en cuatro especies de tiburón de la Península de Baja California Sur, México*. Tesis de maestría. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Colombia.

Maisey, J.G. 2012. What is an 'elasmobranch'? The impact of palaeontology in understanding elasmobranch phylogeny and evolution. *Journal of Fish Biology* 80:918-951.

Martínez-Rincón, R.O. 2012. *Efecto de la variabilidad ambiental en la distribución de las capturas incidentales de pelágicos mayores en el océano Pacífico oriental*. Tesis de maestría. CICIMAR-IPN, La Paz.

McEachran, J.D. y T. Miyake. 1988. A new species of skate from the Gulf of California (Chondrichthyes, Rajoidei). *Copeia* 4:877-886.

Méndez, O. y F. Galván-Magaña. 2016. Cestodes of the blue shark, *Prionace glauca* (Linnaeus 1758), (Carcharhiniformes:

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Carcharhinidae), off the west coast of Baja California Sur, Mexico. *Zootaxa* 4085:438-444.

Murillo-Cisneros, D.A. 2014. *Bioacumulación de mercurio, selenio y cadmio en rayas del alto golfo de California y costa occidental de Baja California Sur*. Tesis de maestría. CICIMAR-IPN, La Paz.

Murillo-Cisneros, D.A., T. O'Hara, M. Castellini *et al.* 2018. Mercury concentrations in three ray species from the Pacific coast of Baja California Sur, Mexico: Variations by tissue type, sex and length. *Marine Pollution Bulletin* 126:77-85.

Ochoa-Díaz, M.R. 2009. *Espectro trófico del tiburón martillo Sphyrna zygaena (Linnaeus, 1758) en Baja California Sur: Aplicación de $\delta^{13}C$ y $\delta^{15}N$*. Tesis de maestría. CICIMAR-IPN, La Paz.

Oñate-González, E.C., O. Sosa-Nishizaki, S.Z. Herzka *et al.* 2017. Importance of Bahia Sebastian Vizcaino as a nursery area for white sharks (*Carcharodon carcharias*) in the Northeastern Pacific: a fishery dependent analysis. *Fisheries Research* 188:125-137.

Pasos-Acuña, C. 2018. *Efectos del buceo en el comportamiento del tiburón toro Cacrharhinus leucas y evaluación económica de la especie en el Parque Nacional de Cabo Pulmo*. Tesis de maestría. CIBNOR, La Paz.

Ramírez-Amaro, S.R., D. Cartamil, F. Galván-Magaña *et al.* 2013. The artisanal elasmobranch fishery of the Pacific coast of Baja California Sur, Mexico, management implications. *Scientia Marina* 77:473-487.

Ramírez-Amaro, S.R., D. Ramírez-Macías, R. Vázquez-Juárez *et al.* 2017. Population structure of the Pacific angel shark (*Squatina californica*) along the northwestern coast of Mexico based on the mitochondrial DNA control region. *Ciencias Marinas* 43(1):69-80.

Reyes-Bonilla, H., A. Ayala-Bocos, F. Melo *et al.* 2016. A bibliographic and field record at Cabo Pulmo National Park. *Oceánides* 31:55-57.

Rochín, A. 2011. *Composición y abundancia de elasmobranquios en el complejo lagunar de San Ignacio, Baja California Sur, México*. Tesis de licenciatura. UABCS, Baja California Sur.

Ruiz-Campos, G., J.L. Castro-Aguirre, F. Balart *et al.* 2010. New specimens and records of chondrichthyan fishes (Vertebrata: Chondrichthyes) off the Mexican Pacific coast. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 81:363-371.

SAGARPA. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 2007. *Norma Oficial Mexicana NOM-029-PESC-2006*. Publicada el 14 de febrero de 2007 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.

Salazar-Hermoso, F. y C. Villavicencio-Garayzar. 1999. Abundancia relativa de la guitarra *Rhinobatos productus* (Ayres 1856) (Pisces: Rhinobatidae) en bahía Almejas, Baja California Sur, de 1991 a 1995. *Ciencias Marinas* 25:401-422.

Saldaña-Ruiz, L.E., O. Sosa-Nishizaki, Z. Ramírez-Mendoza *et al.* 2016. Reconstrucción de capturas por especie de la pesca artesanal de rayas del Golfo de California, 1997-2014. *Ciencia Pesquera* 24:81-96.

Salomón-Aguilar, C.A., C.J. Villavicencio-Garayzar y H. Reyes-Bonilla. 2009. Shark breeding grounds and seasons in the Gulf of California: Fishery management and conservation strategy. *Ciencias Marinas* 35(4):369-388.

Segura-Zarzosa, J.C., F. Galván Magaña y L. Abitia Cárdenas. 1997. Observaciones sobre la alimentación del tiburón *Heterodontus francisci* Girard 1854 (Chondrichthyes: Heterodontidae), en Laguna de San Ignacio, Baja California Sur, México. *Ciencias Marinas* 23(1):111-128.

Stevens, J.D., R. Bonfil, N.K Dulvy y P.A. Walker. 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.

Terrazas, R. 2016. *Mercurio y Selenio de Carcharhinus falciformis y S. zygaena de la zona Punta Lobos, Baja California Sur*. Tesis de maestría. CICIMAR-IPN, La Paz.

Torres, A. 1999. *Observaciones sobre la biología reproductiva de la cornuda barrosa Sphyrna lewini (Griffith y Smith 1834) (Sphyrnidae) en aguas del noroeste de México*. Tesis de licenciatura. UNAM, México.

Vázquez, B. y M. Itzigueri. 2013. *Biología reproductiva de la raya mariposa Gymnura marmorata (Cooper, 1864) en la costa occidental de Baja California Sur, México*. Tesis de maestría. CICIMAR-IPN, La Paz.

Villavicencio-Garayzar, C. y L.A. Abitia-Cárdenas. 1994. Elasmobranquios en Bahia Magdalena y Laguna San Ignacio, Baja California Sur, México. *Ciencias Marinas* 5:63-67.

Vögler, R., E. Beier, S. Ortega-García *et al.* 2012. Ecological patterns, distribution and population structure of *Prionace glauca* (Chondrichthyes: Carcharhinidae) in the tropical-subtropical transition zone of the north-eastern Pacific. *Marine Environmental Research* 73:37-52.

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* 88:837-1037.

Wourms, J.P. y L.S. Demski. 1993. The reproduction and development of sharks, skates, rays and ratfishes: introduction, history, overview, and future prospects. *Environmental Biology of Fishes* 38:7-21.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Peces de aguas oceánicas profundas

Jesús Rodríguez Romero, Leonardo Andrés Abitia Cárdenas, Felipe Galván Magaña, Juana López Martínez, María Ruth Ochoa Díaz, Eduardo Francisco Balart Páez, Eloisa Herrera Valdivia y Emelio Barjau González

Introducción

La zona oceánica es uno de los ecosistemas más extensos y complejos en el planeta, debido a que registra el mayor número de especies animales, mayor biomasa y mayor número de organismos en el planeta (Robinson 2009). La conservación de la biodiversidad de aguas profundas es un problema mundial que no ha sido abordado integralmente. En México, la parte oceánica incluye 85% de la zona económica exclusiva, la cual contiene una gran variedad de hábitats, complejidad de fondos, cordilleras oceánicas, áreas de subducción y expansiones, ventilas hidrotermales y otras formaciones (Lara-Lara *et al.* 2008, Wilkinson *et al.* 2009).

Los peces de aguas profundas son aquellos que se localizan a partir de los 200 m y realizan migraciones verticales diarias, o en su caso, si son especies que habitan en la zona cerca de la superficie, incursionan hacia el fondo (Marshall 1971). La comunidad de peces de profundidad es compleja y puede conformarse por especies que habitan el talud continental (Acevedo-Cervantes *et al.* 2009). A nivel mundial los peces que habitan cerca del fondo en aguas profundas son objeto de pesca comercial, y en muchos casos, el conocimiento científico sobre ellas es escaso, por lo cual se requiere información a nivel de ecosistema y biología poblacional, con la finalidad de recomendar medidas de manejo sustentable de estos recursos (Koslow *et al.* 2001, Gordon *et al.* 2003, Fossen *et al.* 2008).

Existe una controversia sobre la diversidad en ambientes marinos profundos. En este sentido, Grassle (1989) y Grant (2000) plantean una alta diversidad y se sugieren diversos mecanismos para explicarla, como el efecto de la interacción entre competencia y depredación (Grant 2000). Asimismo, se ha propuesto que las variables que influyen en el cambio de las comunidades de peces de aguas profundas son difíciles de establecer, aunque se aluden gradientes de factores como nivel de luz, sustrato y sedimentos, temperatura, oxígeno disuelto, salinidad y otros (Fujita *et al.* 1995, Powell *et al.* 2003, Acevedo-Cervantes *et al.* 2009).

El grupo de los peces es el más numeroso dentro de los vertebrados en el mundo: actualmente se documentan alrededor de 32 mil especies (Nelson *et al.* 2016); sin embargo, para peces oceánicos y profundos, el número es incierto debido a la carencia de estudios, y aunque México cuenta con una amplia diversidad, no ha sido evaluada adecuadamente (Grainger y García 1996, Rodríguez-Romero *et al.* 1998, 2009). De ahí que en Baja California Sur también existen pocos estudios, la mayoría procedentes de recolecciones pun-

Rodríguez-Romero, J., L.A. Abitia-Cárdenas, F. Galván-Magaña, J. López-Martínez, M.R. Ochoa-Díaz, E.F. Balart, E. Herrera Valdivia y E. Barjau González. 2025. Peces de aguas oceánicas profundas. En: *La biodiversidad en Baja California Sur. Estudio de Estado*. Vol. II. CONABIO/FFB, México, pp. 347-356.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

tuales en tiempo y espacio (Castro-Aguirre *et al.* 1992, 1993, Castro-Aguirre y Torres-Orozco 1993, Chávez-Ramos *et al.* 1994, González-Acosta *et al.* 1999). No obstante, inventarios más actualizados (Gutiérrez-Sánchez *et al.* 2007, Rodríguez-Romero *et al.* 2008, 2012, López-Martínez *et al.* 2010, 2012), proveen información de la composición y afinidades de especies de peces que habitan entre los 50 y 400 m de profundidad en el golfo de California y la costa del Pacífico.

Los inventarios taxonómicos son la base fundamental para el conocimiento de la biodiversidad, evaluación de impacto ambiental, estudios biogeográficos y una herramienta relevante en la administración de las pesquerías (Siqueiros-Beltrones y De La Cruz-Agüero 2004, Rodríguez-Romero *et al.* 2008). Este tipo de estudios ha retomado importancia en los últimos años por la necesidad de complementar y actualizar el conocimiento de la biodiversidad íctica dentro del medio oceánico de Baja California Sur, y comprende el fondo demersal bentónico (peces que habitan sobre el fondo marino), epipelágico (peces que se encuentran cerca de la superficie hasta 100 m de profundidad) y mesopelágico (peces que se encuentran cerca de los 200 m de profundidad).

Las listas, ubicación, caracterización y comportamiento de las especies son importantes para el conocimiento de la biodiversidad en la entidad (Rodríguez-Romero *et al.* 1992, 1994, 1998, Abitia-Cárdenas *et al.* 1994, De la Cruz-Agüero *et al.* 1994, Galván-Magaña *et al.* 2000), porque implica atender, respetar y conservar recursos que son de suma importancia para la toma de decisiones con un enfoque de conservación y manejo, con base en el conocimiento de las especies a nivel de ecosistema (Rodríguez-Romero *et al.* 2009).

Diversidad y distribución

Baja California Sur se encuentra al noroeste de México. Se manifiesta como una lengüeta continental con una localización entre las coordenadas 28° 00' 00" y 22° 52' 19" de latitud norte, y 109° 24' 47" y 115° 04' 56" longitud oeste. Este macizo continental conformado de zonas protegidas, se divide en 5 municipios: Mulegé, Comondú, Loreto, La Paz y Los Cabos, y sobre sus costados transitan aguas del golfo de California y océano Pacífico. Estas áreas se caracterizan por tener una gran diversidad y abundancia de peces de importancia ecológica y comercial. Su gran diversidad se debe a los diferentes hábitats y características oceanográficas; asimismo, se considera una importante área de transición por la influencia de diferentes masas de aguas (figura 1; Lavín *et al.* 2009)

La información de peces óseos y cartilaginosos de profundidad (en aguas oceánicas entre la superficie y 200 m hasta un poco más de 2 450 m) en las costas sudcalifornianas proviene de revisiones bibliográficas, cruceros exploratorios y capturas efectuadas en la fauna de acompañamiento de camarón y pesca industrial. En este sentido, en este trabajo se registra un total de 221 especies (210 identificadas, 57 endémicas), pertenecientes a 2 clases, 34 órdenes, 81 familias y 148 géneros (apéndice 33), de los cuales los peces óseos (clase Osteichthyes) fueron los más diversos con 191 especies (86.4% con respecto al total); en tanto que los peces cartilaginosos (clase Chondrichthyes) registraron 30 especies (13.6%).

Las seis familias de peces mejor representadas en número de especies fueron: Scorpaenidae (18), Myctophidae (11), Serranidae (10), Paralichthyidae (10), Ophidiidae (9) y Scombridae (8); mientras que a nivel género fueron: *Sebastes* (13), *Lepophidium* (5), *Symphurus* (4) y diversos géneros con 3 especies, entre ellos *Citharichthys*, *Sphyraena*, *Coryphaenoides*, *Hippoglossina* y *Cynoscion* (apéndice 33). Dentro de los registros de mayor importancia en el inventario ictiofaunístico sobresalieron el congrio de cola tiesa (*Gnathophis cinctus*), el pargo rabirrubia (*Lutjanus jordani*), la congriperla cornuda (*Lepophidium prorates*), la raya gris de espina (*Urotrygon rogersi*) y la merluza (*Merluccius productus*), ya que son especies de importancia ecológica, comercial o de escala potencial por su alta abundancia y frecuencia dentro de los arrastres, y que tienen diversos usos (paletizados, enlatados, frescos, secos y otros; Rodríguez-Romero *et al.* 2009).

El número de especies de peces registradas fue significativamente más alta en comparación a otros estudios realizados sobre la fauna ictiológica que vive en los fondos y comprenden las aguas continentales y profundas de otras áreas del Pacífico mexicano, como el golfo de Tehuantepec (178 especies; Tapia-García y García-Abad 1998), Nayarit, Michoacán, Guerrero (174, 120 y 166 especies respectivamente; Amezcua-Linares 1990), así como Jalisco y Colima (161; Mariscal-Romero 2003).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

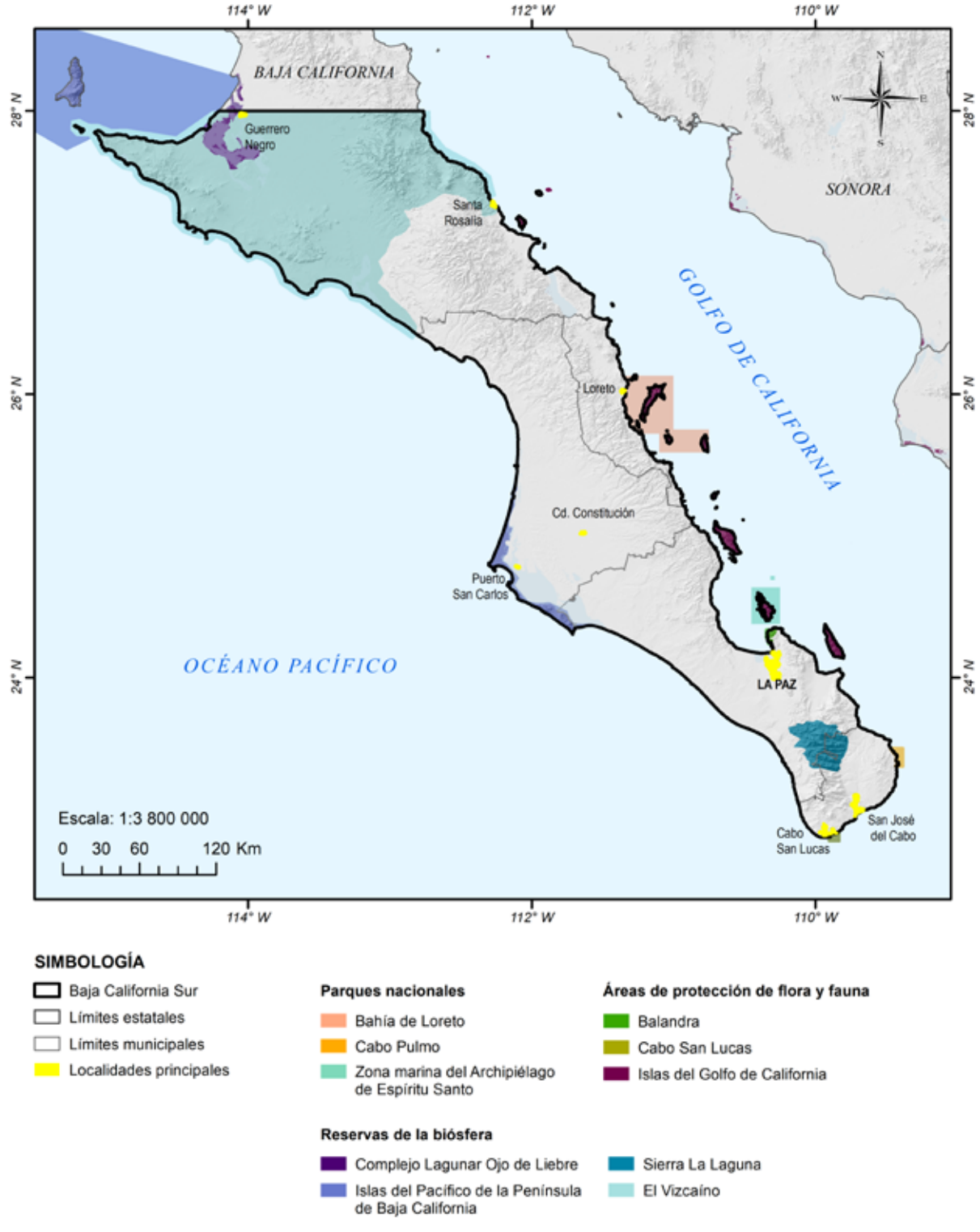


Figura 1. Zonas y áreas naturales protegidas en la entidad. Nota: El 15 de agosto de 2023 se establecieron dos nuevos parques nacionales en el estado: Nopoló (2 076 ha) y Loreto II (6 217 ha), mismos que no se incluyen en el análisis de la presente contribución debido su relativa reciente creación. Fuente: elaboración propia con datos de CONANP 2022.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Las especies más frecuentes fueron el lenguado ovalado (*Syacium ovale*), la vaca cariblanca (*Prionotus albirostris*, figura 2a), la merluza norteña (*Merluccius productus*, figura 2b), el sapo de luto (*Porichthys analis*, figura 2c), el chile lagarto (*Synodus scituliceps*, figura 2d), el chivo escamudo (*Pseudupeneus grandisquamis*), la vaca voladora (*Prionotus stephanophrys*) y la raya redonda de aguijón (*Urobatis halleri*), las cuales representan en conjunto aproximadamente 28% de la abundancia total sudcaliforniana.

Cabe señalar, que solamente 16 especies del total reportado para el estado tienen estancias permanentes, mientras que el resto presenta cambios estacionales; entre estas últimas se encuentran el miracielo bulldog (*Kathetostoma averruncus*, figura 3a), el rape de hebra (*Lophiodes spilurus*, figura 3b), la argentina del Pacífico (*Argentina sialis*), el morido cabeza grande (*Laemonema verecundum*), la brótula negra (*Cherublemma emmelas*), la congriperla cornuda (*Lepophidium prorates*) y la merluza (*M. productus*).

Esta alta riqueza de especies con diferentes requerimientos ecológicos se puede atribuir a los sistemas de corrientes, surgencias, remolinos, topografía y batimetría, que en conjunto originan un ecosistema muy dinámico con un amplio régimen térmico, una gran variedad de hábitats, una alta productividad biológica (Lluch-Belda 2000, Lluch-Cota y Arias-Arechiga 2000, Galván-Magaña *et al.* 2000) y por consiguiente eficientes cadenas alimenticias, las cuales son indicadores fundamentales para identificar una alta biodiversidad biológica (Rodríguez-Romero *et al.* 2009).

Del número de especies reportadas para el estado, alrededor de 20% fueron abundantes y 21% frecuentes, mientras que el resto (79%) presentaron un mayor cambio en los patrones de las variaciones espacio-temporales, lo cual es característico en peces tropicales y subtropicales de las lagunas costeras del golfo de California (Rodríguez-Romero *et al.* 1992, 1994, 1998, 2005).

Cambio climático y su efecto en la distribución de especies

El incremento de especies de peces con registros recientes (241 especies en el golfo de California; López-Martínez *et al.* 2010), podría ser una manifestación del



Figura 2. Especies dominantes y frecuentes a profundidades entre 200 y 2 500 m: a) vaca cariblanca (*Prionotus albirostris*); b) merluza norteña (*Merluccius productus*); c) sapo de luto (*Porichthys analis*); d) chile lagarto (*Synodus scituliceps*). Fotos: Jesús Rodríguez Romero y Ruth Ochoa Díaz/Colección del Laboratorio de Ecología de Peces-CIBNOR.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

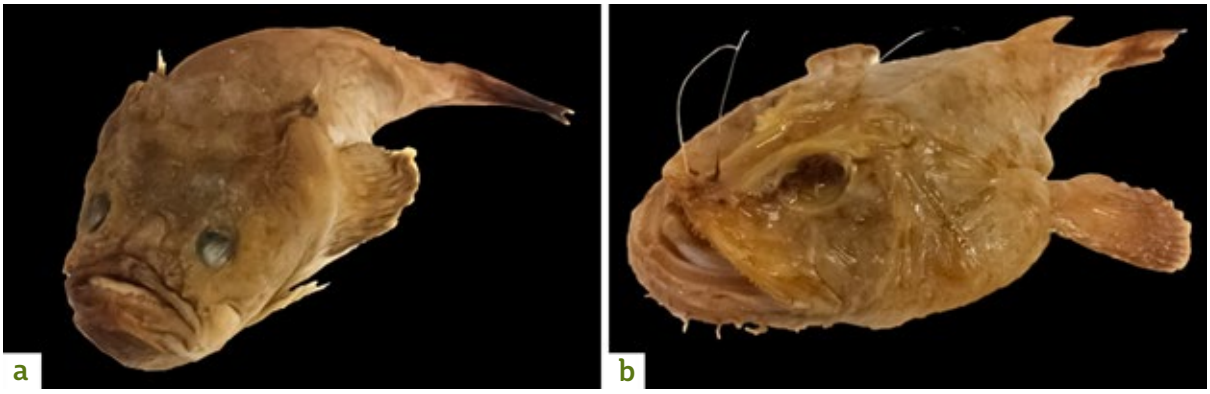


Figura 3. Especies con presencia estacional en aguas profundas de Baja California Sur: a) miracielo bulldog (*Kathetostoma averruncus*); b) rape de hebra (*Lophiodes spilurus*). Fotos: Jesús Rodríguez Romero y Ruth Ochoa Díaz/Colección del Laboratorio de Ecología de Peces-CIBNOR.

cambio climático global y resalta la importancia de explorar nuevas áreas en los fondos marinos dentro del ámbito demersal de este golfo (López-Martínez *et al.* 2010), así como en el océano Pacífico (Rodríguez-Romero *et al.* 2008, 2012).

Algunas especies con registros recientes presentan intrusiones importantes hacia zonas profundas, mesopelágicas y costeras durante anomalías climáticas en el Pacífico oriental tropical, especialmente durante eventos El Niño Oscilación del Sur (ENSO por sus siglas en inglés), cuando llegan hasta la zona de California, en eventos de gran intensidad y magnitud. Entre dichas especies se encuentran varias de la provincia de San Diego, como el serrano de agua profunda (*Serranus aequidens*), el ronco ofensivo (*Conodon serrifer*), el conejo (*Caulolatilus affinis*) y el pargo rubirrubia (*Lutjanus jordani*; Pondella 1999, Lea y Rosenblatt 2000, Moore y Herbinson 2002, Walker *et al.* 2002); incluso algunas especies como la raya negra (*Bathyraja trachura*) y la raya blanca (*Bathyraja spinosissima*), pueden alcanzar profundidades mayores a 2 480 m.

La coincidencia en la distribución geográfica de la fauna íctica puede deberse a la ubicación geográfica del golfo de California y el Pacífico sudcaliforniano, debido a que son áreas donde confluyen especies de afinidad tropical-subtropical y templada. Este ensamble de especies de diferentes afinidades también ha sido documentado por otros autores como Abitia-Cárdenas y colaboradores (1994), Rodríguez-Romero y colaboradores (1994), Galván-Magaña y colaboradores (1996, 2000), Zapata y Robertson (2007), y López Martínez y colaboradores (2010). La dominancia de especies con amplia distribución en la región del Pacífico oriental tropical, es el reflejo de la interacción de las masas de agua que convergen en las costas sudcalifornianas, las cuales presentan una clara estratificación determinada por la temperatura y la salinidad, que tiene como consecuencia la distribución de las especies a diferentes profundidades (Lavin *et al.* 1997).

La presencia de 223 especies de peces óseos y elasmobranquios (rayas y tiburones) de la zona oceánica y profunda, indican un cambio importante en presencia y asociación de las especies con un gradiente de sur a norte (Horn *et al.* 2006, Rodríguez-Romero *et al.* 2008). Así, al norte resaltan las especies de afinidad templada como la quimera manchada (*Hydrolagus colliei*), la barracuda de california (*Sphyraena argentea*), la musola gris (*Mustelus californicus*), la argentina del pacífico (*Argentina sialis*) y otras; mientras que en el sur sobresalen las especies típicas del Pacífico oriental tropical como la vaca angelita (*Bellator loxias*), el sapo de luto (*Porichthys analis*), la corvina picuda (*Cynoscion phoxocephalus*), las cabrillas (*Diplectrum* spp.), la vaca rariblanca (*Prionotus albirostris*), el pez chile lagarto (*Synodus scituliceps*) y el pez lagartija de california (*Synodus lucioceps*). Este alto número de especies de diferentes requerimientos bioecológicos abre diversas expectativas desde el punto de vista ecológico, pesquero, alimenticio y de manejo.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Importancia

Las costas sudcalifornianas presentan una alta diversidad y productividad biológicas que, a pesar del desarrollo de diversas pesquerías, no han sido exploradas y aprovechadas de forma adecuada, lo que conlleva a un desequilibrio y desaprovechamiento masivo de recursos con gran potencial de explotación (Rodríguez-Romero *et al.* 2009). Cabe destacar que un segmento de la ictiofauna del golfo de California (fauna fragmentada), reviste gran interés desde el punto de vista biogeográfico y evolutivo, debido a que se integra de varias especies que, si bien no pueden clasificarse como endémicas en un sentido estricto, se encuentran solo en la parte norte del golfo, y retoman su distribución en la costa del Pacífico hacia el norte, hasta las aguas del sur y centro de California, en Estados Unidos de América. Entre las especies de peces de distribución fragmentada se incluyen el tiburón leopardo (*Triakis semifasciata*), la raya tecolote o murciélago (*Myliobatis californica*, figura 4), el mero (*Epinephelus itajara*), el lapón o escorpión californiano (*Scorpaena guttata*), el rocote mexicano (*Sebastes macdonaldi*), la corvina blanca o cabicucho (*Genyonemus lineatus*), el lenguado cola de abanico (*Xystreurys liolepis*) y la platija diamante (*Hypsopsetta guttulata*).

Situación y estado de conservación

A escala mundial, los ecosistemas oceánicos pelágicos y de mar profundo han sido poco considerados en los sistemas de áreas naturales protegidas (CONANP 2011). Se documenta que poco más de 42% del territorio de Baja California Sur son áreas protegidas;[1] sin embargo, por los mínimos estudios efectuados en las zonas marinas profundas, es muy difícil documentar y sustentar la posibilidad de decretar ANP en el estado.

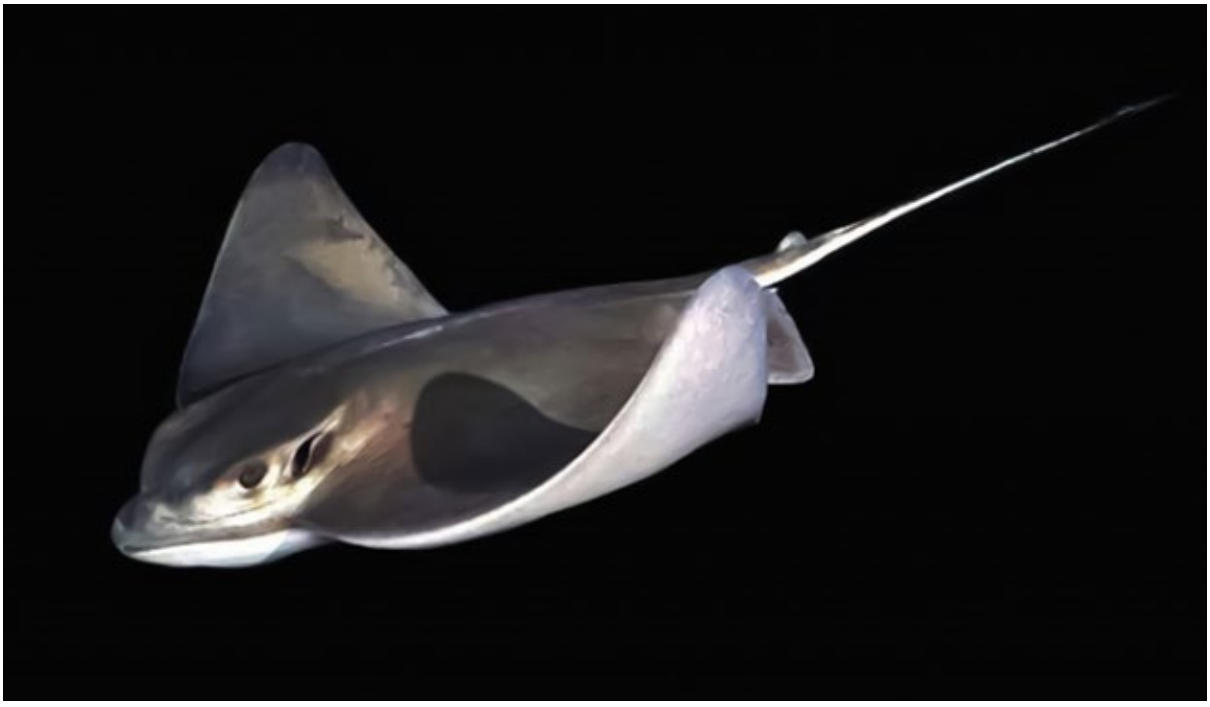


Figura 4. Ejemplar de raya tecolote (*Myliobatis californica*). Foto: Ross Robertson (2015), https://biogeodb.stri.si.edu/sftep/es/pages/random/4348.

1 El 15 de agosto de 2023 se establecieron dos nuevos parques nacionales en el estado: Nopoló (2 076 ha) y Loreto II (6 217 ha), mismos que no se incluyen en el análisis de la presente contribución debido a su relativa reciente creación.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Factores de presión

En términos de producción pesquera, el golfo de California contribuye con aproximadamente 50% de la producción pesquera nacional, aunque el volumen ha disminuido en la última década (García-Morales *et al.* 2017). La pesca de altamar afecta de manera negativa a especies con una tasa de fertilidad baja, con una estrategia de reproducción de crías de tipo ovovivíparas,[2] como las especies de la familia Alopiidae, el tiburón zorro (*Alopias vulpinus*, figura 5a), los tiburones martillo (*Sphyrna* spp.), el tiburón mako (*Isurus oxyrinchus*, figura 5b), el tiburón blanco (*Carcharodon carcharias*, figura 5c) y la raya ecuatorial (*Raja ecuatorialis*, figura 5d), entre otras (Wilkinson *et al.* 2009). En este contexto, el desarrollo de una estrategia para decretar áreas naturales de protección en zonas marinas profundas es una de las opciones para la conservación de los ecosistemas marinos profundos de las costas estatales (López-Martínez *et al.* 2010). Cabe señalar que la pesca del camarón y la pesca industrial son actividades que se desarrollan con gran intensidad en la entidad, sin que hasta el momento exista alguna iniciativa de manejo para peces (Rodríguez-Romero *et al.* 2009, 2012, López-Martínez *et al.* 2010).



Figura 5. Especies afectadas por la pesca en altamar: a) tiburón zorro (*Alopias vulpinus*), en el campo pesquero Isla San Lázaro; b) tiburón mako (*Isurus oxyrinchus*); c) tiburón blanco (*Carcharodon carcharias*); d) raya ecuatorial (*Raja ecuatorialis*). Fotos: Ruth Ochoa Díaz (a), Gerardo del Villar/Banco de imágenes CONABIO (b), David Mizrahi Shapiro/Banco de imágenes CONABIO (c), Jesús Rodríguez Romero y Ruth Ochoa Díaz/Colección del Laboratorio de Ecología de Peces-CIBNOR (d).

2 Se refiere a crías que se desarrollan en huevos dentro de la madre y después son expulsadas.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Acciones de conservación

Los peces óseos y elasmobranquios que se pescan de forma accidental en forma masiva (producto de la pesquería de camarón en las costas sudcalifornianas) rebasan las 300 especies, donde solo unas cuantas son aprovechadas para la tripulación durante la pesca (Rodríguez Romero *et al.* 2008, 2009, López Martínez *et al.* 2012). Éstas proporcionarían grandes beneficios a favor de diversas actividades relacionadas con la pesca y otros derivados, lo que incluso aportaría a la protección de hábitats-especies al proporcionar mayor conocimiento a nivel ecosistémico, el cual implica conservar, respetar y aprovechar de una mejor manera un ecosistema proporcionando amplios beneficios.

Conclusiones y recomendaciones

Se integró un listado sistemático que incluye 223 especies de peces óseos y elasmobranquios habitantes del fondo marino y de las zonas mesopelágica y epipelágica de las áreas oriental y occidental de Baja California Sur, de las cuales 57 son endémicas. El número de especies registrado es alto si se compara con la fauna ictiológica de otras áreas del Pacífico mexicano y gofo de California. Desde el punto de vista ecológico, pesquero, alimenticio y de manejo, este grupo de peces son importantes a nivel biogeográfico ya que incluye especies endémicas, por lo cual se deben realizar estrategias para su conservación y manejo.

En términos pesqueros, la explotación de las especies de aguas profundas debe ser un tema de relevancia para la biodiversidad del estado, considerando que las especies que habitan esas regiones son en su mayoría de lento desarrollo, longevas y con menor capacidad de crecimiento poblacional que las especies de zonas costeras (García-Morales *et al.* 2017). Lo anterior, demanda un mayor cuidado en el manejo de estos recursos y obliga a una iniciativa de extracción de especies de profundidad, con especial cuidado en las artes de pesca a emplear, para que sean lo menos agresivas al medio ambiente y que la fauna acompañante sea mínima. Para ello, hace falta investigaciones con planes de protección, conservación y manejo a favor de incrementar el conocimiento en mares oceánicos y profundos de Baja California Sur.

Agradecimientos

Agradecemos el apoyo de SAGARPA-CONACYT por el proyecto otorgado No.C003, 2002-2004, así como el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. Al Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas-IPN.

Referencias

Abitia-Cárdenas, L.A., J. Rodríguez-Romero, F. Galván-Magaña *et al.* 1994. Lista sistemática de la ictiofauna de bahía de La Paz, Baja California Sur, México. *Ciencias Marinas* 20(2):159-181.

Acevedo-Cervantes, A., J. López-Martínez, E. Herrera-Valdivia *et al.* 2009. Análisis de la abundancia, dominancia y diversidad de la comunidad de peces demersales de profundidad de 90 a 540 metros en el golfo de California, México. *Interciencia* 34:660-665.

Amezcua-Linares, F. 1990. *Los peces demersales de la plataforma continental del Pacífico central de México*. Tesis de doctorado. UNAM, México.

Castro-Aguirre, J.L. y R. Torres-Orozco. 1993. Consideraciones acerca del origen de la ictiofauna de bahía Magdalena-Almejas, un sistema lagunar de la costa occidental de Baja California Sur, México. *Anales Escuela Nacional de Ciencias Biológicas* 38:67-73.

Castro-Aguirre, J.L., J.C. Ramírez-Cruz y M.J. Martínez-Muñoz. 1992. Nuevos datos sobre la distribución de lenguados (Pisces: Pleuronectiformes) en la costa del oeste de Baja California, México; con aspectos biológicas y zoogeográficos. *Anales Escuela Nacional de Ciencias Biológicas* 37:97-119.

Castro-Aguirre, J.L., J.J. Schmitter y E.F. Balart. 1993. Sobre la distribución geográfica de algunas peces bentónicas de la costa oeste de Baja California Sur, México, con consideraciones ecológicas y evolutivas. *Anales Escuela Nacional de Ciencias Biológicas* 38:75-102.

Chávez-Ramos, H., F. Galván-Magaña, L.A. Abitia-Cárdenas *et al.* 1994. La ictiofauna marina de Baja California Sur, México, desde la perspectiva de un trabajo museológico. *Investigaciones Marinas CICIMAR* 9(1):43-49.

CONANP. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 2011. *Estudio previo justificativo para el establecimiento del área*

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

natural protegida con la categoría de Reserva de la Biosfera Zona Marina Profunda Golfo de California, localizada frente a las costas de los estados de Baja California, Baja California Sur, Sonora, Sinaloa, Nayarit y Jalisco. CONANP, México.

—. 2022. *Áreas Naturales Protegidas Federales de México, marzo 2022*. CONANP, México.

De La Cruz-Agüero, J., F.M. Galván, L.A. Abitia-Cárdenas *et al*. 1994. Lista sistemática de los peces marinos de bahía Magdalena, Baja California Sur, México. *Ciencias Marinas* 20:17-31.

Fossen, I., C.F. Cotton, O.A. Bergstad y J.E. Dyb. 2008. Species composition and distribution patterns of fishes captured by long-lines on the mid-Atlantic ridge. *Deep Sea Research II* 55:203-217.

Fujita, T., T. Inada e Y. Ishito. 1995. Depth gradient structure of the demersal fish community on the continental shelf and upper slope off Sendai Bay, Japan. *Marine Ecology Progress Series* 118:13-23.

Galván-Magaña, F., L.A. Abitia-Cárdenas, J. Rodríguez-Romero *et al*. 1996. Lista sistemática de los peces de la Isla Cerralvo, Baja California Sur, México. *Ciencias Marinas* 22:295-311.

Galván-Magaña, F., S.F.J. Gutiérrez, L.A. Abitia-Cárdenas y J. Rodríguez-Romero. 2000. The distribution and affinities of the shore fishes of the Baja California Sur Lagoons. En: *Aquatic ecosystems of Mexico: status and scope*. M. Munawar, S.G. Lawrence, I.F. Munawar y D.F. Malley (eds.). Backhunys Publisher, Holanda, pp. 383-398.

García-Morales, R., J. López-Martínez, J.E. Valdez-Holguín *et al*. 2017. Environmental variability and oceanographic dynamics of the central and southern coastal zone of Sonora in the Gulf of California. *Remote Sensing* 9(925):1-27.

González-Acosta, A.F., J. De La Cruz-Agüero y V.M. Cota-Gómez. 1999. Extension of geographical distribution and first occurrence of fishes in the northwest of Mexico. *Hidrobiológica* 9:39-44.

Gordon, J.D.M., A.O. Bergstad, I. Figueiredo y G. Menezes. 2003. Deep water fisheries of the Northeast Atlantic: I. Description and trends. *Journal of Northwest Atlantic Fishery Science* 31:137-150.

Grainger, R.J.R. y S.M. García. 1996. *Chronicles of marine fishery landings (1950-1994): Trend analysis and fisheries potential*. Fisheries Technical Paper No. 359. FAO, Roma.

Grant, A. 2000. Deep sea diversity: overlooked messages from shallow waters sediments. *Marine Ecology* 21:97-112.

Grassle, J.F. 1989. Species diversity in deep-sea communities. *Trends in Ecology and Evolution* 4:12-15.

Gutiérrez-Sánchez, F.J., F. Galván-Magaña, L.A. Abitia-Cárdenas y J. Rodríguez- Romero. 2007. Peces demersales de Bahía Magdalena. En: *Estudios ecológicos en bahía Magdalena*. R. Funes-Rodríguez, J. Gómez-Gutiérrez y R. Palomares García (eds.). FONMAR-BCS/CICIMAR-IPN/Gobierno de Baja California Sur, México, pp. 241-250.

Horn, M.H., G.L. Allen y R.N. Lea. 2006. Biogeography. En: *The ecology of marine fishes: California and adjacent waters*. L.G. Allen, D.J. Pondella II y M.H. Horn (eds.). University of California Press, Berkley, pp. 3-25.

Koslow, J.A., K. Gowlett-Holmes, J.K. Lowry *et al*. 2001. Seamount benthic macrofauna off southern Tasmania: community structure and impacts of trawling. *Marine Ecology Progress Series* 213:111-125.

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.

Lavin, M.F., E. Beber y A. Badan.1997. Estructura hidrográfica y circulación del Golfo de California: Escala estacional e interanual. *En: Contribuciones a la oceanografía física en México*. M.F. Lavín (ed.). Unión Geofísica Mexicana, México, pp. 141-171.

Lavín, M.F., R. Castro, E. Beier *et al*. 2009. SST, thermohaline structure, and circulation in the southern Gulf of California in June 2004 during the North American Monsoon Experiment. *Journal of Geophysical Research*114:C02025.

Lea, R.N. y R.H. Rosenblatt. 2000. Observations on fishes associated with the 1997-98 El Niño off California. *California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations Reports* 41:117-129.

Lluch-Belda, D. 2000. Centros de actividad biológica en la costa occidental de Baja California. En: BAC, *Centros de Actividad Biológica del Pacífico mexicano*. D. Lluch-Belda, J. Elorduy-Garay, S.E. Lluch-Cota y G. Ponce-Díaz (eds.). CIBNOR/CICIMAR-IPN/CONACYT, México, pp. 49-64.

Lluch-Cota, S. y J.P. Arias-Arechiga. 2000. Sobre la importancia de considerar la existencia de centros de actividad biológica para la regionalización del océano: el caso del Golfo de California. En: BAC, *Centros de Actividad Biológica del Pacífico mexicano*. D. Lluch-Belda, J. Elorduy-Garay, S.E. Lluch-Cota y G. Ponce-Díaz (eds.). CIBNOR/CICIMAR-IPN/CONACYT, México, pp. 255-264.

López-Martínez, J., E. Herrera-Valdivia, J. Rodríguez-Romero y S. Hernández-Vásquez. 2010. Peces de la fauna de acompañamiento en la pesca industrial de camarón en el golfo de California, México. *Revista de Biología Tropical* 58(3):925-942.

López-Martínez, J., A. Acevedo-Cervantes, E. Herrera-Valdivia *et al*. 2012. Composición taxonómica y aspectos zoogeográficos de peces de profundidad (90-540 m) del Golfo de California, México. *Revista de Biología Tropical* 60(1):347-360.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Mariscal-Romero, J. 2003. *Dinámica de las asociaciones de peces demersales de la plataforma continental de Jalisco y Colima, México*. Tesis de doctorado. Universidad de Colima, México.

Marshall, N.B. 1971. *Explorations in the life of fishes*. Harvard University Press, Massachusetts.

Moore, R.H. y K.T. Herbinson. 2002. First record of the armed grunt, *Conodon serrifer* (Haemulidae), in southern California. *California Fish and Game* 88:178-180.

Nelson, J.S., T.C. Grande y M.V.H. Wilson. 2016. *Fishes of the world*. John Wiley and Sons, Nueva Jersey.

Pondella, D.J. 1999. First record of deepwater bass, *Serranus aequidens* (Serranidae), from California. *California Fish and Game* 85:130-134.

Powell, S.M., R.L. Haendrich y J.D. McEachran. 2003. The deep demersal fish fauna of the Northern Gulf of Mexico. *Journal of Northwest Atlantic Fishery Science* 31:19-33.

Robinson, B.H. 2009. Conservation of deep pelagic biodiversity. *Conservation Biology* 23(4):847-858.

Rodríguez-Romero, J., S. Hernández-Vázquez y J. López-Martínez. 2009. Desarrollo potencial de peces desaprovechados. *Ciencia y Desarrollo* 35:45-51.

Rodríguez-Romero, J., L.A. Abitia-Cárdenas, F. Galván-Magaña y H. Chávez-Ramos. 1994. Composición, abundancia y riqueza específica de la ictiofauna de bahía Concepción, Baja California Sur, México. *Ciencias Marinas* 20:321-350.

Rodríguez-Romero, J., C.L. Abitia, A.J. De la Cruz *et al.* 1992. Lista sistemática de los peces marinos de Bahía Concepción, Baja California Sur, México. *Ciencias Marinas* 18:85-95.

Rodríguez-Romero, J., L.A. Abitia-Cárdenas, F. Galván-Magaña *et al.* 1998. Ecology of fish communities from the soft bottoms of Bahía Concepción. *Archive of Fishery and Marine Research* 46(1):61-76.

Rodríguez-Romero, J., J. López-Martínez, E. Herrera-Valdivia *et al.* 2012. Elenco taxonómico de los peces acompañantes de la captura de camarón en la porción oriental del Golfo de California. En: *Efectos de la pesca de arrastre en el Golfo de California*. J. López-Martínez y E. Morales-Bojórquez (eds.). CIBNOR/ Fundación Produce, México, pp. 71-91.

Rodríguez-Romero, J., A.F. Muhlia-Melo, F. Galván-Magaña *et al.* 2005. Fish assemblages around Espiritu Santo Island and Espiritu Santo Seamount in the Lower Gulf of California, México. *Bulletin of Marine Science* 64:383-390.

Rodríguez-Romero, J., D.S. Palacios-Salgado, J. López-Martínez *et al.* 2008. Composición y zoogeografía de los peces demersales de la costa occidental de Baja California Sur, México. *Revista de Biología Tropical* 56(4):1765-1783.

Siqueiros-Beltrones, D.A. y J. De La Cruz-Agüero. 2004. Examen filosófico de las listas sistemáticas como informes científicos y porqué deben ser publicados. *Oceánides* CICIMAR 19:1-9.

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. México.* M. Tapia-García (ed.). Unidad Iztapalapa-UAM, México, pp. 179-196.

Walker, H.J.Jr., P.A. Hastings y R.H. Steele. 2002. The Pacific golden-eyed tilefish, *Caulolatilus affinis* Gill (Teleostei: Malacanthidae), first occurrence in California. *California Fish and Game* 88:139-141.

Wilkinson, T., E. Wiken, J. Bezaury Creel *et al.* 2009. *Ecorregiones marinas de América del Norte*. Comisión para la Cooperación Ambiental, Montreal.

Zapata, F.A. y D.R. Robertson. 2007. How many species of shore fishes are there in the Tropical Eastern Pacific. *Journal of Biogeography* 34:38-51.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Peces marinos costeros

Eduardo Francisco Balart Páez, Lucía Campos Dávila, Noemí Bocanegra Castillo,
Adrián Felipe González Acosta, Héctor Reyes Bonilla, Carlos Armando Sánchez Ortíz, Felipe Galván Magaña,
Leonardo Andrés Abitia Cárdenas y Jesús Rodríguez Romero

Introducción

Los peces son un grupo de vertebrados acuáticos que poseen branquias y que pueden, o no, tener extremidades en forma de aletas, cuerpo cubierto de escamas y una línea lateral sensorial. Sin embargo, lo que se conoce como peces no corresponde a una categoría taxonómica en sentido estricto, como sí lo son los grupos englobados en las categorías formales como la clase Osteichthyes (peces óseos con radios en las aletas), la clase Chondrichthyes (llamados peces cartilaginosos o condrictios), o la clase Myxini (conocidos como peces bruja o babosas de mar), cada una de ellas con una historia evolutiva particular.

Los peces son morfológica, biológica y ecológicamente diversos y, claramente, el grupo de vertebrados más exitoso en términos de diversidad con cerca de 32 mil especies, esto es, prácticamente la mitad de las especies de vertebrados (Nelson *et al.* 2016). Los peces han invadido todos los ambientes acuáticos posibles, tanto en tierra (peces dulceacuícolas) como en el mar (peces marinos), aunque hay algunas especies que son capaces de vivir o migrar de un ambiente al otro en parte de su ciclo de vida como los salmones, que penetran desde el mar río arriba para reproducirse en agua dulce, o las anguilas de agua dulce (*Anguilla* spp.) que migran desde ambientes dulceacuícolas a desovar lejos en el mar.

Los peces marinos se encuentran en todos los ambientes, desde las frías aguas polares de ambos hemisferios (Ártico y Antártico), hasta las tibias aguas tropicales; asociados al fondo, a la columna de agua o en la capa superficial; así como en diferentes ambientes costeros como arrecifes, manglares, playas, en mar abierto, bosques de macroalgas y en ambientes profundos como ventilas termales, escarpes, montes y cañones submarinos de los océanos.

Diversidad íctica de México y del Pacífico mexicano

La estimación de la diversidad íctica en México actual alcanza las 2 763 especies (Espinosa-Pérez 2014), donde poco más de 2 100 corresponden a especies de peces marinos, de los cuales 1 121 se distribuyen en el Pacífico, donde destaca el golfo de California tanto por su diversidad (911 especies) como por el número de endemismos (82; Castro-Aguirre *et al.* 1995, Castro-Aguirre y Balart 1996, Thomson *et al.* 2000, Hastings *et al.* 2010). El conocimiento taxonómico de la diversidad de peces marinos que habitan el noroeste del país tiene más de dos siglos de historia. Hastings y

Balart, E.F., L. Campos-Dávila, N. Bocanegra-Castillo, A.F. González-Acosta, H. Reyes-Bonilla, C. Sánchez-Ortíz, F. Galván-Magaña, L.A. Abitia-Cárdenas y J. Rodríguez-Romero. 2025. Peces marinos costeros. En: *La biodiversidad en Baja California Sur. Estudio de Estado*. Vol. II. CONABIO/FFB, México, pp. 357-380.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

colaboradores (2010) mencionan que a inicios de 1800 al menos 50 especies ícticas de amplia distribución ya eran conocidas en el golfo de California, muchas de ellas presentes en las costas del territorio sudcaliforniano, en contraste a las 911 especies estimadas para el golfo de California por ellos hace una década.

Las expediciones, principalmente organizadas por científicos extranjeros, aumentaron rápidamente el conocimiento de la ictiofauna en la Península de Baja California. Una de las más conocidas y emblemáticas fue la realizada por la fragata Albatross entre 1885 y 1889. Los trabajos de Charles H. Gilbert, Samuel Garman, y de George Brown Goode y Tarlenton H. Bean incluyeron nuevas especies costeras y profundas, la mayoría incluidas en el catálogo íctico de Jordan y Evermann (1896-1900) para los peces marinos y dulceacuícolas de Norte y Centroamérica (3 127 especies). La guía de Miller y Lea (1972) incluye 554 especies costeras de California, muchas de ellas presentes en la costa occidental de la península.

Por otra parte, Thomson y colaboradores (1979, 2000) presentan el primer trabajo exhaustivo de los peces asociados a arrecifes del golfo de California (333 especies), la mayoría de los cuales están presentes en la costa peninsular del mismo. Allen y Robertson (1994), en su guía ilustrada de los peces del Pacífico oriental tropical reúnen el conocimiento acumulado desde el golfo de California central hasta las islas Galápagos (683 especies) de la mayoría de los peces costeros y asociados a arrecifes, incluida la costa peninsular del golfo.

Actualmente existen sistemas de información en línea que actualizan y mantienen bases de datos e información asociada a diferentes escalas espaciales, como la de los peces costeros del Pacífico oriental tropical con 1 358 especies, de las cuales 63% está en el golfo de California (Robertson y Allen 2015). Otra base de datos en línea es la Red Mundial de Información sobre Biodiversidad (RMIB) operada por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) en México, que incluye información de peces marinos del noroeste de México proporcionada por colecciones nacionales e internacionales.

Riqueza

Baja California Sur cuenta con costas en ambas vertientes de la península: la costa occidental (Pacífico) y la del golfo de California. Sus litorales, que suman más de 2 200 km (INEGI 1995), albergan diferentes ambientes y tipos de hábitats, donde la diversidad íctica es alta. Un recuento preliminar da un total de al menos 888 especies (887 identificadas) de peces marinos incluidos los costeros y los de aguas profundas, distribuidos en 56 órdenes, 166 familias y 500 géneros (apéndice 34). De este total, 722 especies se registran en la vertiente del golfo de California del estado y 661 en la del Pacífico. Esta diversidad representa 42.3% de las especies de peces marinos de México y 65.5% de las especies del Pacífico oriental tropical (1 358 especies; Robertson y Allen 2015). Cabe señalar que De La Cruz-Agüero (1997) realizó la única otra estimación en el estado, con un total de 1 072 especies recolectadas o potencialmente presentes. Las tres clases que agrupan los peces en las aguas estatales son Osteichthyes, Chondrichthyes y Myxini.

Osteichthyes

Los peces óseos con aletas con radios son el grupo con el mayor número de especies, los cuales presentan un esqueleto formado por tejido óseo (además de cartílago) generalmente calcificado, con opérculos cubriendo los arcos branquiales lateralmente en la cabeza, y aletas con radios generalmente flexibles. Se reportan 793 especies agrupadas en 42 órdenes, 137 familias y 445 géneros (apéndice 34). De ellas, 114 especies pertenecen al orden Perciformes (16 familias, 58 géneros), el cual es un grupo muy diverso morfológicamente (probablemente por ser un grupo no monofilético, es decir, que no tienen un origen común) pero que se caracteriza por la presencia de espinas en las aletas dorsal, anal y pélvicas, escamas ctenoideas (con dientes diminutos llamados *ctenii* en el borde posterior) y aletas pélvicas insertadas ligeramente atrás o directamente bajo las aletas pectorales, con una espina y cinco radios blandos. Las familias más diversas son los minúsculos gobios (Gobiidae), las cabrillas y meros (Serranidae), jureles y pámpanos

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

(Carangidae), las corvinas y berrugatas (Sciaenidae), y los pequeños trambollos (Labrisomidae; apéndice 34).

Otros tres órdenes diversos en las costas del estado son Anguilliformes, Pleuronectiformes y Scorpaeniformes. Las anguilas y afines (Anguilliformes) son un grupo que se caracteriza por sus cuerpos alargados, sin escamas y aletas pélvicas evidentes. Cuentan con 57 especies, de las cuales los tiesos (Ophichthidae) y las morenas (Muraenidae) son los grupos más diversos y conocidos por distribuirse en ambientes costeros, a diferencia de las formas oceánicas y con distribuciones más profundas, como las anguilas tijeras (Nemichthyidae) y las serpentinas (Nettastomatidae), que habitualmente se ubican mar afuera. Los lenguados (Pleuronectiformes) tienen ambos ojos en un mismo lado y permanecen mimetizados sobre el fondo; en territorio sudcaliforniano suman 44 especies. Los peces escorpión y rocotes (Scorpaeniformes), típicamente con cabezas bien acorazadas y provistas de espinas; en la entidad se registran 49 especies (apéndice 34).

La mayoría de los peces marinos cuentan con estadios de desarrollo (p.e. huevos y larvas) que se distribuyen en profundidades y ambientes diferentes al del adulto. Sin embargo, en este trabajo se consideran como peces de aguas profundas a los que viven la mayor parte de su vida en profundidades mayores a 200 m, más allá de lo que alcanza a penetrar la radiación solar efectiva en el mar (Priede 2017), donde las condiciones de luz, temperatura, presión y escasez de alimento, requieren de adaptaciones particulares. Por su parte, los peces de aguas costeras se pueden considerar como aquellos que viven la mayor parte de su vida en profundidades menores a 200 m, donde la radiación solar sostiene el proceso fotosintético de los productores primarios, y coinciden con el límite de la plataforma continental, que luego cae a partir del talud continental a las grandes profundidades marinas.

Chondrichthyes

Los peces cartilaginosos[1] suman 90 especies distribuidas en tres grandes grupos: quimeras, rayas y mantas, y tiburones. Las quimeras (subclase Holocephali) se caracterizan por tener una sola abertura branquial a cada lado, delante de la aleta pectoral, y la mandíbula superior fusionada a la caja craneal (neurocranium). Normalmente habitan los fondos marinos y alcanzan profundidades incluso por debajo de 1 500 m. Se tiene registro en el estado de dos especies de quimeras del género *Hydrolagus* y una del género *Harriotta*.

Por su parte, las rayas y mantas (división Batomorphi) se caracterizan por su cuerpo aplanado dorsoventralmente y gran desarrollo de las aletas pectorales fusionadas lateralmente a la cabeza, que utilizan para desplazarse, así como una boca y aberturas branquiales situadas ventralmente en la cabeza. Habitan los fondos marinos o se desplazan ampliamente en la columna de agua. Hay al menos 41 especies entre las que destacan las rayas látigo (Dasyatidae), las rayas mariposas (Gymnuridae) y las rayas redondas (Urotrygonidae), comunes en ambientes someros; así como las grandes mantas o águilas marinas (Myliobatidae), las rayas gavilán (Rhinopteridae), las rayas de aguas profundas (Rajidae) y las guitarras de aguas someras (Rhinobatidae).

Finalmente, el grupo más diverso de los peces cartilaginosos corresponde a los tiburones (subdivisión Selachii), con 46 especies. Los tiburones se caracterizan por la presencia de hendiduras branquiales laterales, aletas pectorales separadas de la cabeza, y una aleta caudal bien desarrollada que utilizan para desplazarse. De ellos, el orden más diverso corresponde a Carcharhiniformes que incluye a los temidos tiburones martillo (Sphyrnidae) y gambusos (Carcharhinidae), y otros más pequeños como cazones y pejegatos (Triakidae y Scyliorhinidae).

Myxini

Esta clase agrupa a especies conocidas como brujas o babosas de mar y lampreas; se distinguen fácilmente por la ausencia de mandíbulas, y en su lugar la presencia de una boca redondeada, y una hilera de aberturas branquiales con forma de poro. De esta clase se encuentran solo cinco especies en Baja California Sur, tres del género *Eptatretus* y dos en *Myxine* (ambos de la familia Myxinidae), que habitan los fondos marinos de ambas costas del estado, desde la plataforma continental hasta más de 1 km de profundidad.

1 Presentan un esqueleto hecho completamente de cartílago.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

De acuerdo con lo anterior, 791 especies de peces marinos de la entidad son de aguas costeras (distribuidos en 52 órdenes, 144 familias y 435 géneros), y solo 183 especies son de aguas profundas (29 órdenes, 67 familias y 130 géneros). Sin embargo, en ambas categorías hay un grupo de 86 especies que se distribuyen en los dos ambientes, generalmente entre 50 y 400 m. De las especies de aguas costeras 89.4% son peces óseos, 10.5% son condrictios y 0.1% corresponde a mixínidos.

Diversidad

Osteichthyes

Los peces óseos con radios poseen la mayor diversidad estatal entre las especies costeras, con 707. De ellas, las que pertenecen al orden Perciformes son las de mayor número con 114 (14.4% del total de especies costeras). Los peces óseos costeros de Baja California Sur se distribuyen en 118 familias (cuadro 1), de las cuales 5 familias son las más diversas: Gobiidae (42 especies), Serranidae (37), Carangidae (34), Sciaenidae (29) y Labrisomidae (28). Algunas especies representativas para estas familias son la cabrilla piedrera (*Epinephelus labriformis*), la piña sietecueros (*Oligoplites saurus*) y el gobio bonito (*Lythrypnus dalli*, figura 1).

Otros órdenes que destacan por su diversidad son: Blenniformes (74 especies), conocidos como trambollos, miracielos y tubícolas; Anguiliformes (48), donde Muraenidae es la segunda familia con mayor número de especies y la morena verde panámica (*Gymnothorax castaneus*) es la especie más conocida; Gobiiformes (47), cuya familia más diversa es Gobiidae; Pleuronectiformes (44), con el lenguado californiano (*Paralichthys californicus*) como especie más representativa; Carangiformes (44), conocidos como jureles, pámpanos y piñas; y Scorpaeniformes (43), donde la familia más diversa es Scorpaenidae y entre las especies más comunes están el escorpión roquero (*Scorpaena mystes*) y el escorpión arcoíris (*Scorpaenodes xyris*; figura 2).

Chondrichthyes

En cuanto a los peces cartilaginosos, las 83 especies (10.5% del total de especies costeras) se distribuyen en 11 órdenes, 25 familias y 47 géneros, donde los Carcharhiniformes y los Myliobatiformes son los órdenes más diversos, con 28 y 22 especies respectivamente (cuadro 2). Entre las especies comunes están la raya látigo diamante (*Hypanus dipterurus*) y la raya redonda de arrecife (*Urobatis concentricus*; figura 3).

Afinidad biogeográfica

Las costas sudcalifornianas se ubican en un área de transición entre un área templada y otra subtropical, con predominio de masas de la Corriente de California (8-20°C) en la vertiente del Pacífico, y de la Corriente Norecuatorial (25-30°C) en la vertiente del golfo de California. La Corriente de California transporta masas de agua fría de origen subártico enriquecidas con nitratos y baja salinidad, que fluyen hacia el sur desde el golfo de Alaska, a lo largo de la costa occidental de la península e imponen condiciones templadas; por su parte, la Corriente Norecuatorial lleva masas de agua cálida pobres en nitratos y con mayor salinidad hacia el norte, e imponen condiciones tropicales a subtropicales en el extremo sur de la península y la mitad inferior del golfo de California. Adicionalmente, el golfo de California, que es un alargado mar interior de 1 200 km que comunica con el océano Pacífico por su extremo sur, funciona como una gran cuenca de evaporación, que produce un aumento de la salinidad y la temperatura de su agua superficial, especialmente en verano, por lo que a una misma latitud la costa del golfo presenta temperaturas varios grados más alta y salinidades mayores que la costa del Pacífico.

Estas condiciones oceanográficas propician una diferenciación de su biota, con peces adaptados a condiciones templadas y otros a condiciones más tropicales (Castro-Aguirre *et al.*1995, Lluch-Belda *et al.* 2003, Hastings *et al.* 2010), las cuales corresponden, en términos zoogeográficos, a las provincias Californiana y de Cortés. La primera se ubica en la costa del Pacífico, desde bahía Magdalena (25° N) hacia el norte, hasta los 36° N; la segunda incluye todo el golfo de California, desde el extremo de la península y por la costa del Pacífico hasta bahía Magdalena (Robertson y Cramer 2009).

La provincia Californiana, de afinidad templada, presenta especies como el tecolote (*Myliobatis californica*), la morena de California (*Gymnothorax*

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Cuadro 1. Diversidad de peces costeros de la clase Osteichthyes en la entidad.

Familia	Géneros	Especies	GC	P
Orden Acanthuriformes				
Acanthuridae	2	5	5	1
Luvaridae	1	1	1	1
Sciaenidae	16	29	22	24
Zanclidae	1	1	1	
Orden Albuliformes				
Albulidae	1	3	3	1
Orden Anguilliformes				
Chlopsidae	1	2	2	
Congridae	6	9	9	3
Muraenidae	8	17	16	10
Nettastomatidae	1	1	1	
Ophichthidae	15	19	18	7
Orden Argentiniformes				
Argentinidae	1	1	1	1
Orden Atheriniformes				
Atherinopsidae	4	6	5	5
Orden Aulopiformes				
Aulopidae	1	1	1	1
Lestidiidae	1	1	1	
Synodontidae	1	5	5	5
Orden Batrachoidiformes				
Batrachoididae	1	6	4	5
Orden Beloniformes				
Belonidae	4	5	5	5
Exocoetidae	4	6	6	4
Hemiramphidae	4	6	5	5
Scomberesocidae	1	1	1	1
Orden Blenniiformes				
Blenniidae	4	7	6	7
Chaenopsidae	8	16	15	6
Clinidae	2	4	1	4
Dactyloscopidae	5	14	13	9
Labrisomidae	10	28	22	15
Tripterygiidae	3	5	5	4
Orden Callionymiformes				
Callionymidae	1	1	1	1
Orden Carangiformes				
Carangidae	16	34	32	29
Coryphaenidae	1	2	2	2
Echeneidae	3	7	6	7
Nematistiidae	1	1	1	1
Orden Clupeiformes				
Clupeidae	5	7	7	6
Engraulidae	4	13	12	11

Familia	Géneros	Especies	GC	P
Orden Cyprinodontiformes				
Fundulidae	1	1		1
Poeciliidae	1	1	1	
Orden Elopiformes				
Elopidae	1	1	1	1
Orden Gadiformes				
Bregmacerotidae	1	1	1	1
Macrouridae	1	1	1	
Merlucciidae	1	1	1	1
Moridae	1	1	1	1
Orden Gobiesociformes				
Gobiesocidae	4	14	12	6
Orden Gobiiformes				
Eleotridae	4	4	4	2
Gobiidae	26	42	35	15
Microdesmidae	1	1	1	
Orden Gonorynchiformes				
Chanidae	1	1	1	1
Orden Holocentriformes				
Holocentridae	2	2	2	1
Orden Istiophoriformes				
Istiophoridae	5	5	4	5
Sphyraenidae	1	3	3	3
Xiphiidae	1	1	1	1
Orden Kurtiformes				
Apogonidae	1	5	3	3
Orden Labriformes				
Labridae	10	19	17	14
Scaridae	3	6	6	1
Orden Lampriformes				
Lampridae	1	1	1	1
Regalecidae	1	1	1	1
Trachipteridae	2	2	1	1
Orden Lophiiformes				
Antennariidae	2	3	3	1
Lophiidae	1	2	2	2
Melanocetidae	1	1		1
Ogcocephalidae	1	1	1	1
Orden Moroniformes				
Ephippidae	2	2	2	1
Orden Mugiliformes				
Mugilidae	2	4	4	4
Orden Myctophiformes				
Myctophidae	4	4	3	2

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Cuadro 1. Continuación.

Familia	Géneros	Especies	GC	P
Orden Ophidiiformes				
Bythitidae	3	4	3	2
Carapidae	3	3	3	
Ophidiidae	8	14	12	12
Orden Perciformes				
Bramidae	1	1	1	
Centropomidae	1	5	5	3
Chaetodontidae	4	4	4	3
Cirrhitidae	3	3	3	1
Gerreidae	5	9	9	9
Haemulidae	12	24	23	22
Kuhliidae	1	1	1	
Kyphosidae	3	7	6	6
Lutjanidae	2	10	10	10
Malacanthidae	1	2	2	2
Mullidae	2	2	2	2
Polynemidae	1	2	2	2
Polyprionidae	1	1	1	1
Pomacanthidae	2	3	3	2
Priacanthidae	3	3	3	3
Serranidae	16	37	34	32
Orden Pleuronectiformes				
Achiridae	1	1	1	1
Bothidae	4	6	5	6
Cynoglossidae	1	8	8	5
Paralichthyidae	8	21	17	20
Pleuronectidae	4	8	2	8
Orden Salmoniformes				
Salmonidae	1	1		1
Orden Scombriformes				
Gempylidae	1	1	1	1
Nomeidae	3	4	3	3
Scombridae	8	12	12	11
Stromateidae	1	3	3	2
Trichiuridae	2	2	2	2
Orden Scorpaeniformes				
Agonidae	1	1		1
Aulorhynchidae	1	1		1
Cottidae	4	6		6
Scorpaenichthyidae	1	1		1
Scorpaenidae	4	24	10	24
Triglidae	2	8	8	8
Zaniolepididae	2	2		2
Orden Siluriformes				
Ariidae	4	4	4	3
Orden Spariformes				
Lobotidae	1	1	1	1
Sparidae	2	2	2	1
Orden Stomiiformes				
Gonostomatidae	1	1		1
Orden Syngnathiformes				
Aulostomidae	1	1	1	
Fistulariidae	1	2	2	2
Macroramphosidae	1	1		1
Syngnathidae	5	8	5	7
Orden Tetraodontiformes				
Balistidae	5	5	5	3
Diodontidae	2	3	3	3
Monacanthidae	2	3	3	2
Ostraciidae	2	2	2	1
Tetraodontidae	4	8	7	4
Orden Trachichthyiformes				
Anomalopidae	1	1	1	1
Orden Trachiniformes				
Ammodytidae	1	1	1	
Uranoscopidae	2	2	2	2
Incertae sedis				
Embiotocidae	4	4	1	4
Opistognathidae	2	5	5	2
Pomacentridae	5	13	13	8
Total: 118	**387**	**707**	**605**	**514**

GC: golfo de California; P: Pacífico. Fuente: elaboración propia.

mordax), congriperlas moteada y canastera (*Chilara taylori* y *Ophidion scrippsae*, respectivamente), y la sardinilla chococo (*Fundulus parvipinnis*). En la provincia de Cortés, con mayor aislamiento y de historia geológica más reciente, se tiene registro de al menos 82 especies de peces costeros endémicos pertenecientes a las familias Gobiidae (p.e. el gobio salamanquesa, *Chriolepis zebra*), Labrisomidae (p.e. el trambollo de Sonora, *Malacoctenus gigas*), Chaenopsidae (p.e. el tubícola cachetón, *Acanthemblemaria crockeri*), Tripterygiidae (p.e. la lagartija tres aletas, *Crocodilichthys gracilis*), y Gobiesocidae (p.e. el chupapiedras discofragil norteño, *Gobiesox funebris*), la mayoría asociados estrechamente a los fondos en

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Figura 1. Especies representativas de las familias más diversas del orden Perciformes: a) cabrilla piedrera (*Epinephelus labriformis*, Serranidae); b) orden Carangiformes: piña sietecueros (*Oligoplites saurus*, Carangidae); c) orden Gobiiformes: gobio bonito (*Lythrypnus dalli*, Gobiidae). Fotos: Manuel Alejandro Olán González (a), Adrián González Acosta (b), Alonso González Cabello (c).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

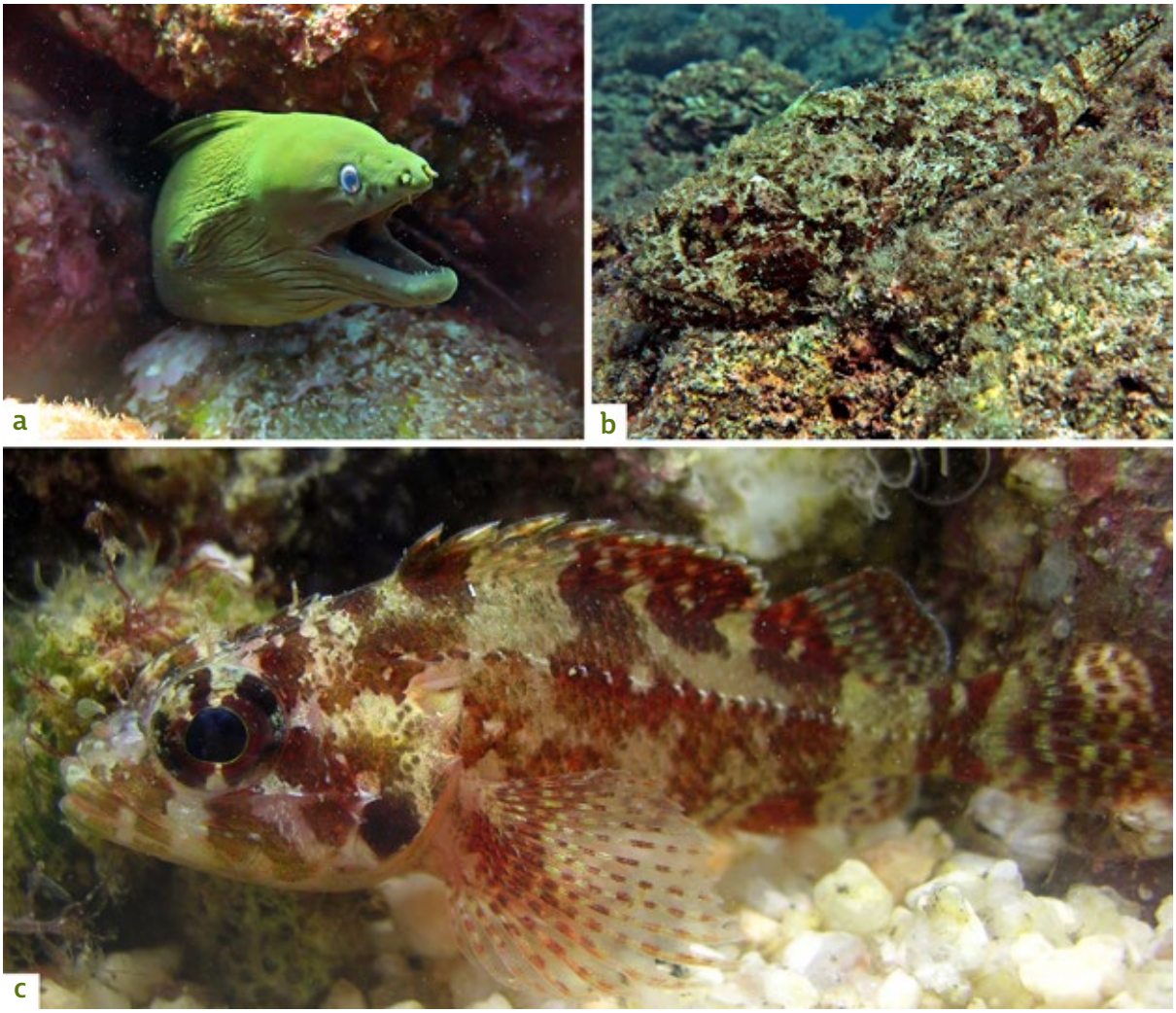


Figura 2. Especies representativas de familias diversas de los órdenes Anguilliformes y Scorpaeniformes: a) morena verde panámica (*Gymnothorax castaneus*, Muraenidae); b) escorpión roquero (*Scorpaena mystes*, Scorpaenidae); c) escorpión arcoíris (*Scorpaenodes xyris*, Scorpaenidae). Fotos: Manuel Alejandro Olán González (a, b), Alonso González Cabello (c).

arrecife rocosos o coralinos; además de otras especies asociadas a fondos blandos como la anguila de jardín (*Heteroconger canabus*, Congridae), la berrugata de Cortés (*Umbrina wintersteeni*, Sciaenidae) y la sardinita raya negra (*Lile nigrofasciata*, Clupeidae).

Asimismo, se registra entre los peces costeros residentes, especies de origen Indo-Pacífico que han sido capaces de cruzar la barrera oceánica de entre 4 y 7 mil kilómetros entre las islas del Pacífico central y las costas del continente americano e instalarse en el Pacífico oriental. Robertson y colaboradores (2004) registraron cerca de 90 especies, incluyendo muchas que habitan las costas sudcalifornianas, como el halcón de coral (*Cirrhitichthys oxycephalus,* Cirrhitidae, figura 4a), el ídolo moro (*Zanclus cornutus*, Zanclidae), la morena cebra (*Gymnomuraena zebra*, Muraenidae), el cuchillo dragón (*Novaculichthys taeniourus*, Labridae), y el botete aletas punteadas (*Arothron meleagris*, Tetraodontidae).

Finalmente, algunas especies con distribución circumtropical (presentes en prácticamente todas las áreas tropicales alrededor del mundo), se localizan en el estado y generalmente corresponden a peces pelágicos con gran habilidad para dispersarse en

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Cuadro 2. Diversidad de peces costeros de la clase Chondrichthyes en la entidad.

Familia	Géneros	Especies	GC	P
Orden Carcharhiniformes				
Carcharhinidae	7	14	14	13
Scyliorhinidae	3	3	3	2
Sphyrnidae	1	5	5	4
Triakidae	3	6	5	5
Orden Echinorhiniformes				
Echinorhinidae	1	1	1	1
Orden Heterodontiformes				
Heterodontidae	1	2	2	2
Orden Lamniformes				
Alopiidae	1	2	2	2
Cetorhinidae	1	1	1	1
Lamnidae	3	3	2	3
Megachasmidae	1	1		1
Odontaspididae	1	1	1	1
Orden Myliobatiformes				
Dasyatidae	2	3	3	2
Gymnuridae	1	2	2	2
Myliobatidae	5	9	8	5
Platyrhinidae	1	1		1
Urotrygonidae	2	7	7	7
Orden Orectolobiformes				
Ginglymostomatidae	1	1	1	
Rhincodontidae	1	1	1	1
Orden Pristiformes				
Pristidae	1	1	1	1
Rhinobatidae	3	6	6	4
Orden Rajiformes				
Rajidae	2	7	4	6
Orden Squaliformes				
Squalidae	1	1		1
Orden Squatiniformes				
Squatinidae	1	1	1	1
Orden Torpediniformes				
Narcinidae	2	3	3	2
Torpedinidae	1	1		1
Total: 25	**47**	**83**	**73**	**69**

GC: golfo de California; P: Pacífico. Fuente: elaboración propia.

estadios de huevo y larva, o para desplazarse como adultos, como es el caso de algunos grandes tiburones de los géneros *Alopias* y *Carcharhinus*, mantas del género *Mobula*, el tiburón ballena (*Rhincodon typus*, Rhincodontidae) o peces óseos como los dorados (*Coryphaena* spp.) o el medregal limón (*Seriola rivoliana*, Carangidae).

Distribución

Los peces costeros se distribuyen según se han adaptado a las condiciones oceanográficas, de productividad primaria, tipos y topografía de fondos y ambientes. Sin embargo, el régimen térmico es un factor fundamental para entender la distribución global de los peces costeros, debido a que la vertiente del Pacífico se caracteriza por el carácter templado que le imprime la Corriente de California, mientras que la vertiente del golfo de California tiene un carácter subtropical que le imprime la dominancia de la Corriente Norecuatorial.

En la vertiente del Pacífico se registran 584 especies (52 órdenes, 131 familias y 339 géneros); y en la del golfo de California 678 (48 órdenes, 129 familias y 384 géneros). Sin embargo, hay 472 especies compartidas entre ambas vertientes, debido a que muchas de ellas son euritérmicas,[2] pero también porque la influencia de las aguas cálidas alcanza hasta bahía Magdalena-Almejas, en la costa del Pacífico.

La distribución de los peces costeros en las bahías y lagunas costeras[3] de ambas costas varía en función de la latitud y de acuerdo al gradiente térmico. De esta forma, un mayor número de especies se presenta en los cuerpos de agua situados al sur del estado, donde hay una mayor presencia de peces de afinidad tropical (cuadro 3). También es evidente que la riqueza íctica se asocia con el tamaño del cuerpo de agua: a mayor superficie del cuerpo de agua mayor número de especies y abundancia, lo que propicia una actividad pesquera de las comunidades adyacentes.

En este sentido, las lagunas Ojo de Liebre (27° 35' - 27° 52' N) y Guerrero Negro, que se ubican en la costa norte de la vertiente del Pacífico, son someras e

2 Especies tolerantes a grandes rangos de variación de temperaturas.
3 Ambientes con fondos tapizados por sedimentos con textura (tamaño de grano) y materia orgánica variables y ribeteados en mayor o menor grado por manglares, arena y/o áreas rocosas.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

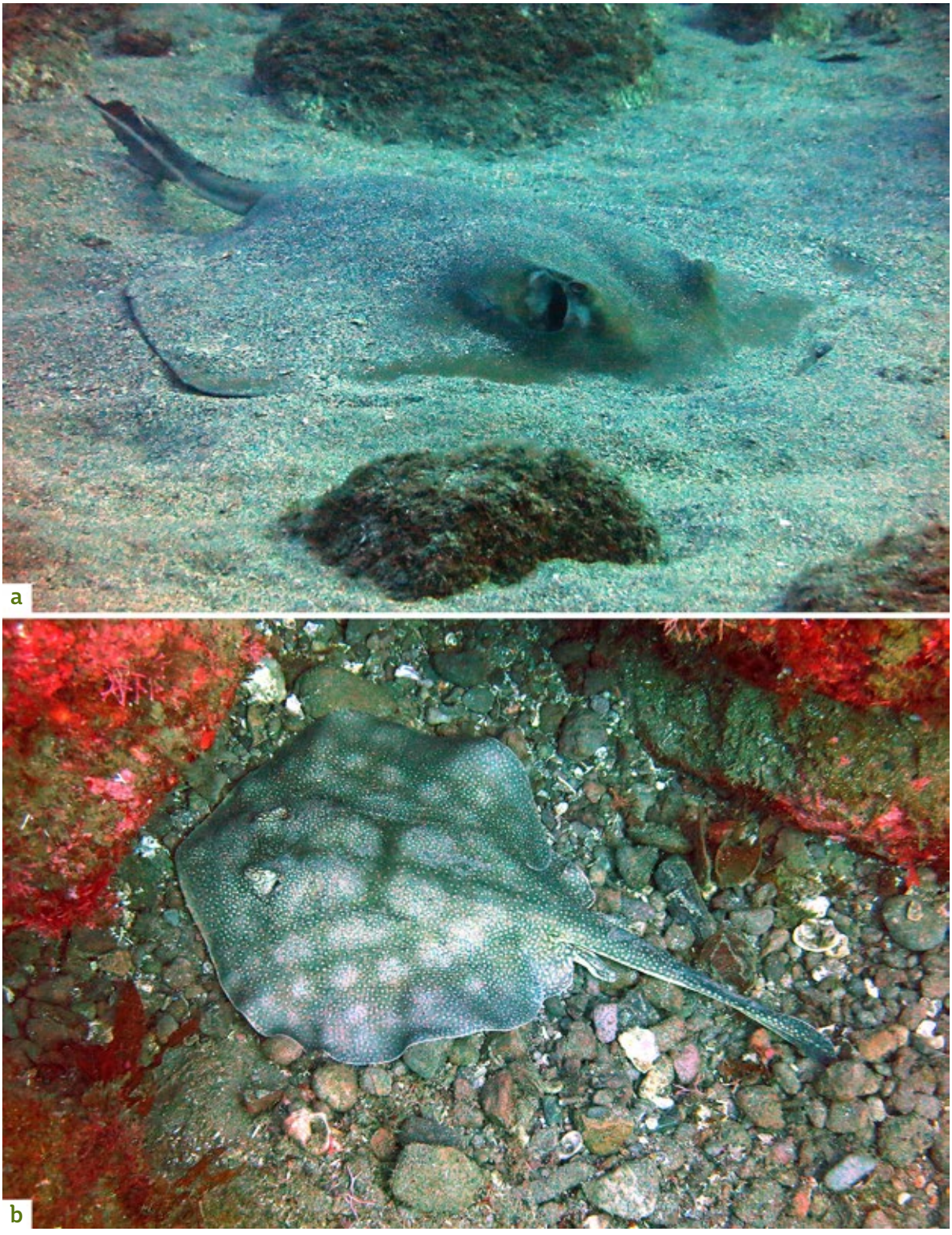


Figura 3. Especies representativas de peces cartilaginosos (Chondrichthyes): a) raya látigo diamante (*Hypanus dipterurus*, Dasyatidae); b) raya redonda de arrecife (*Urobatis concentricus*, Urotrygonidae). Fotos: Manuel Alejandro Olán González.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Figura 4. a) Especie transpacífica halcón de coral (*Cirrhitichthys oxycephalus*); b) juvenil de ángel de Clarión (*Holacanthus clarionensis*), que es una especie protegida y muy utilizada en el acuarismo. Fotos: Manuel Alejandro Olán González (a), Carlos Sánchez Ortiz (b).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

hipersalinas (34-37 unidades prácticas de salinidad o UPS), tienen una variación estacional de temperatura entre 17 y 25°C y una superficie de 366 km^2 y 21 km^2 respectivamente, con fondos de sedimentos finos lodoso-arcillosos en el centro, y arenoso en los canales y boca; además, cuentan con áreas rocosas y pastos marinos, pero ninguna de las dos supera las 60 especies de peces (De La Cruz-Agüero *et al.* 1996, Galván-Magaña *et al.* 2000). En contraste, para el complejo lagunar de bahía Magdalena-Almejas (24° 15' - 25° 15' N), con profundidades de hasta 45 m, una variación estacional de la temperatura entre 17 y 29°C, superficie aproximada de 1 300 km^2 y grandes áreas cubiertas de manglar, se tiene registro de 313 especies de peces, de las cuales 75 son características de fondos blandos, y tradicionalmente muchas de ellas son explotadas por su asociación con la pesca artesanal de camarón (figura 5; De La Cruz-Agüero *et al.* 1994, Galván-Magaña *et al.* 2000, Gutiérrez-Sánchez *et al.* 2007).

En el caso de la vertiente del golfo de California, bahía Concepción (26° 33' - 26° 53' N) es un cuerpo de agua somero (profundidad promedio de 17 m), hipersalino (34.6-37 UPS), con una variación estacional de temperatura de 17.5 a 30.6°C, una superficie de 275 km^2, con predominio de fondos blandos y presencia de áreas rocosas, playas y gran desarrollo de manglares en su costa, además de un par de ventilas hidrotermales someras; en ella se registran 206 especies (Rodríguez-Romero *et al.* 1992, Galván-Magaña *et al.* 2000), muchas de las cuales son explotadas artesanalmente. Hacia el sur del golfo, bahía de La Paz (24° 07' - 24° 21' N) es el mayor cuerpo de agua del noroeste de México (1 900 km^2), con profundidades de hasta 450 m, presencia de arrecifes someros y profundos, manglares, islas, playas y extensas áreas de fondos blandos; en esta bahía se tienen registros de al menos 533 especies (Abitia-Cárdenas *et al.* 1994, Balart *et al.* 1995, González-Acosta *et al.* 2018). En la zona se desarrollan actividades de turismo ecológico, pesca artesanal y acuacultura. Sobre los fondos blandos de la plataforma continental de la vertiente del Pacífico del estado, la información del número de especies es escasa (Castro-Aguirre *et al.* 1992, 1993, Rodríguez-Romero *et al.* 2008), aunque hay registro de al menos 220 especies ícticas, muchas de ellas relevantes para sostener la pesquería de escama regional.

La zona de manglares tiene vegetación halófita transicional entre el ambiente marino y terrestre, y en el estado se desarrollan particularmente bajo condiciones de gran aridez, por lo que las condiciones en las que crecen son hipersalinas (37-41 UPS). Aun así, este ambiente ofrece una singular heterogeneidad espacial y gran productividad, por lo que es hábitat crítico para muchas especies de peces en alguna etapa de su vida como área de crianza, reproducción y alimentación. Asimismo, son áreas donde se desarrollan actividades pesqueras artesanales sobre recursos como las lisas (Mugilidae), robalos (Centropomidae), mojarras (Gerreidae) y burros (Haemulidae). Los peces asociados a esteros de manglar registrados en el estado suman 228 especies (23 órdenes, 72 familias y 147 géneros; López-Rasgado *et al.* 2012, González-Acosta *et al.* 2015).

La riqueza en los diversos sistemas se asocia con su tamaño y la extensión de la vegetación de manglar, como en la laguna Ojo de Liebre (9 especies), laguna Guerrero Negro (11), y bahía Tortugas (3), las cuales cuentan con un número reducido de especies; mientras que laguna San Ignacio tiene 61 especies y una extensión de 8.7 km^2 de manglar (González-Zamorano *et al.* 2011), así como el complejo lagunar de bahía Magdalena-Almejas, con el mayor desarrollo de áreas de manglar (52.7 km^2), donde se registran 127 especies. En el golfo de California, las zonas con manglar registran 54 especies para bahía Concepción (0.3 km^2) y 143 en bahía de La Paz (3.2 km^2).

En la entidad la mayoría de los arrecifes son rocosos, y pueden alcanzar una gran complejidad topográfica y estructural. Sin embargo, debido a la influencia de aguas más cálidas, aquellos que se encuentran más al sur (especialmente en el golfo de California) presentan parches o pequeños arrecifes de corales escleractíneos,[4] que otorgan mayor heterogeneidad tridimensional a los arrecifes, y funcionan como hábitat para otros organismos, incluidos los peces (figura 6).

4 También llamados pétreos; estos organismos son bioconstructores de los arrecifes o comunidades coralinas mediante formación y deposición de un esqueleto de carbonato de calcio.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

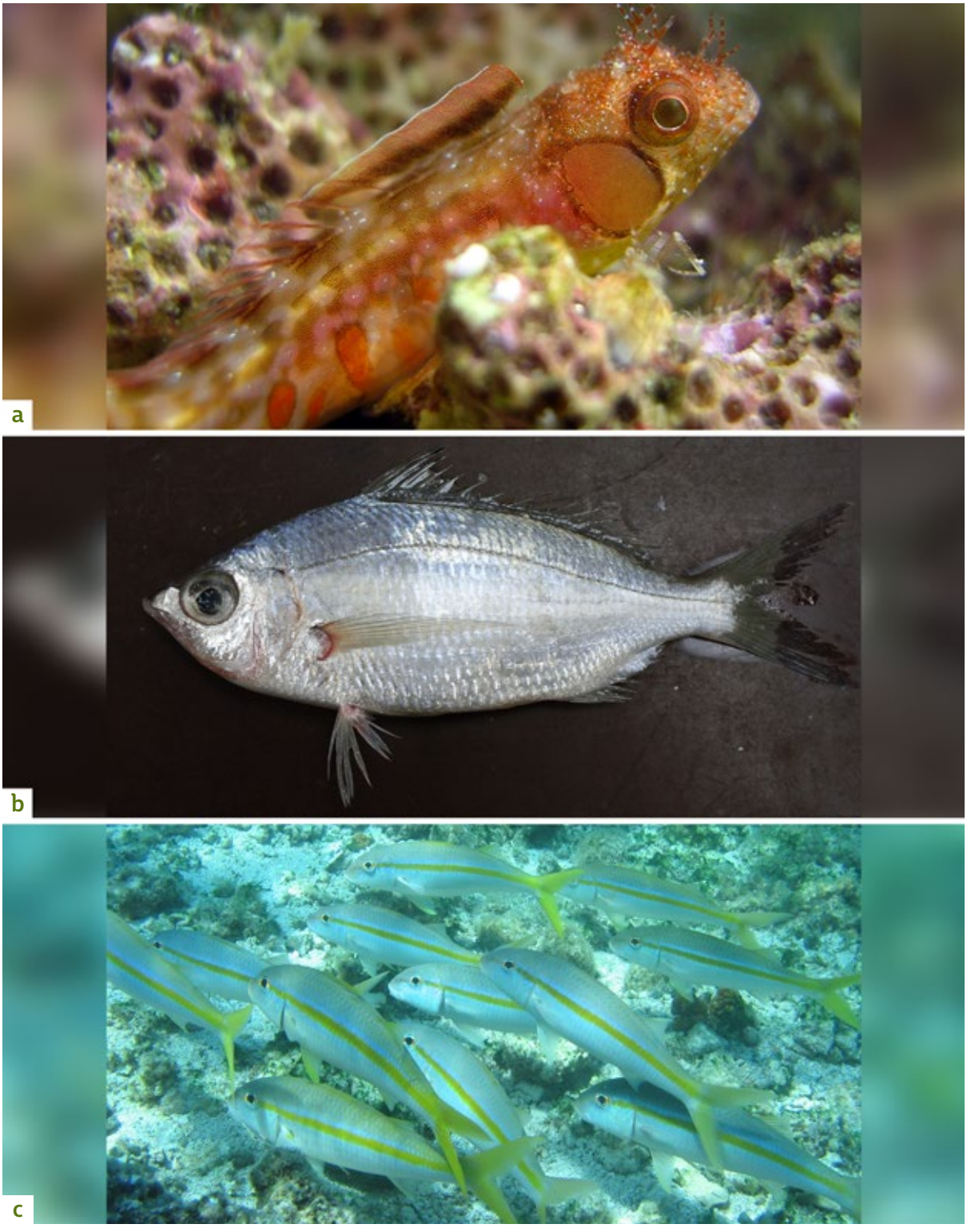


Figura 5. Ejemplos de especies asociadas a ambientes costeros como arrecifes, lagunas y esteros, y áreas arenosas adyacentes a arrecifes: a) tubícola cachetón (*Acanthemblemaria crockeri*); b) mojarra manchita (*Eucinostomus dowii*); c) chivo barbón (*Mulloidichthys dentatus*). Fotos: Alonso González Cabello (a), Adrián González Acosta (b), Juan José Ramírez Rosas (c).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Cuadro 3. Riqueza de peces costeros en lagunas, bahías, áreas de manglar y arrecifes, registrados en la entidad.

Lugar*		Referencias
Ambiente: Bahías y lagunas costeras		
Pacífico	Lagunas Ojo de Liebre y Guerrero Negro (59)	De La Cruz-Agüero *et al.* 1996, Galván-Magaña *et al.* 2000
	Laguna San Ignacio (101)	Galván-Magaña *et al.* 2000, Barjau-González *et al.* 2015
	Complejo lagunar de bahía Magdalena-Almejas (313)	De La Cruz-Agüero *et al.* 1994, Galván-Magaña *et al.* 2000, Gutiérrez-Sánchez *et al.* 2007
Golfo de California	Bahía Concepción (206)	Rodríguez-Romero *et al.* 1992, Galván-Magaña *et al.* 2000
	Bahía de Loreto (91)	Campos-Dávila *et al.* 2005
	Bahía de La Paz (533)	Abitia-Cárdenas *et al.* 1994, González-Acosta *et al.* 2018
Ambiente: Manglares		
Pacífico	Laguna Ojo de Liebre (9)	González-Acosta *et al.* 2015
	Laguna Guerrero Negro (11)	
	Bahía Tortugas (3)	
	Laguna San Ignacio (61)	
	Complejo lagunar de bahía Magdalena-Almejas (127)	
Golfo de California	Bahía Concepción (54)	López-Rasgado *et al.* 2012, González-Acosta *et al.* 2015, 2018
	Bahía de La Paz (143)	
Ambiente: Arrecifes		
Golfo de California	Bahía de Loreto (53)	Fernández-Rivera Melo *et al.* 2018
	Bahía de La Paz (150)	Galván-Magaña *et al.* 1996, Sánchez-Ortiz *et al.* 1997, Aburto-Oropeza y Balart 2001, Rodríguez-Romero *et al.* 2005, Villegas-Sánchez *et al.* 2009, Ramírez-Ortiz *et al.* 2020
	La Sorpresa (76)	Sánchez-Caballero *et al.* 2017
	Cabo Pulmo (302)	Villarreal-Cavazos *et al.* 2000, Álvarez-Filip *et al.* 2006, Fernández-Rivera Melo *et al.* 2018, Ayala-Bocos *et al.* 2018
	Los Cabos (53)	Fernández-Rivera Melo *et al.* 2018

*Entre paréntesis se indica el número de especies. Fuente: elaboración propia.

Cabo Pulmo (23° 30' N) es un área natural protegida con categoría de parque nacional situada a la altura del trópico de Cáncer. Este espacio es considerado el único ecosistema de arrecife coralino del golfo de California, y en él se han registrado 302 especies ícticas (cuadro 3), conformadas por peces residentes estrechamente asociados al arrecife, visitantes estacionales y otros que acceden para alimentarse o reproducirse. Debido a su belleza, importancia ecológica y gran diversidad biológica, Cabo Pulmo sostiene un activo turismo ecológico regulado por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) y la comunidad local.

Hacia el norte, se encuentra un arrecife pequeño frente a la playa La Sorpresa donde han sido registradas 76 especies (29 familias y 57 géneros; Sánchez-Caballero *et al.* 2017). En bahía de La Paz y alrededores se encuentran arrecifes rocosos con parches coralinos asociados a áreas insulares (p.e. islas Cerralvo, Espíritu Santo-La Partida, San José, San Francisquito, El Pardito), islotes (p.e. Los Islotes y Las Animas, y el Bajo Espíritu Santo) y a la costa peninsular. En todos ellos hay registros de más de 150 especies conspicuas de peces, consideradas arrecifales (pertenecientes a 50 familias y 107 géneros).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Figura 6. Especies representativas de áreas arrecifales: a) vieja mexicana (*Bodianus diplotaenia*); b) pargo azul-dorado (*Lutjanus viridis*); c) borracho mono (*Ophioblennius steindachneri*); d) cirujano reo (*Acanthurus triostegus*); e) jaqueta gigante (*Microspathodon dorsalis*); f) botete aletas punteadas (*Arothron meleagris*). Fotos: Carlos Sánchez Ortiz (a), Manuel Alejandro Olán González (b, d, f), Juan José Ramírez Rosas (c), Israel Sánchez Alcántara (e).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Importancia ecológica, económica y cultural

Dentro de los ecosistemas marinos, los peces costeros poseen una indudable importancia como transportadores de energía de un sistema y de un nivel a otro, a través de las redes tróficas. Por ejemplo, algunos peces como los juveniles del pargo amarillo (*Lutjanus argentiventris*) se desarrollan y alimentan en áreas de manglar, y como subadultos migran a áreas someras de los arrecifes donde soportan una pesquería artesanal (Aburto-Oropeza *et al.* 2008). Los peces costeros también son importantes en el mantenimiento de un equilibrio dinámico de las poblaciones en diferentes comunidades marinas, debido a que por sus hábitos alimentarios controlan el crecimiento poblacional de muchas especies de modo directo o indirecto. Así, se tienen herbívoros ramoneadores como las chopas (Kyphosidae) o rascadores de rocas como los borrachos (Blenniidae), planctófagos (p.e. *Apogon retrosella*), bentófagos (p.e. lisas, *Mugil* spp.), omnívoros (p.e. jaqueta de Cortés, *Stegastes rectifraenum*), y toda clase de carnívoros, desde especialistas en moluscos como botetes (*Sphoeroides* spp.) y mojarrones (*Calamus brachysomus*), en corales como los peces perico y algunos peces mariposas (Scaridae y Chaetodontidae), piscívoros como dorados (*Coryphaena* spp.), hasta de lobos marinos y grandes peces pelágicos como el tiburón blanco (*Carcharodon carcharias*).

Desde el punto de vista humano, los peces costeros son una importante fuente de alimento y de sustancias de uso nutricional o medicinal específico (p.e. cápsulas de ácidos grasos Omega-3, entre otros), además de dar pie a actividades de diversión, turismo ecológico (p.e. buceo, fotografía subacuática) y recreación estética. En la Península de Baja California se tienen referentes de la importancia y uso por parte de los primeros pobladores, lo cual se ve reflejado en las pinturas rupestres de la Sierra de San Francisco, al norte del estado, que datan entre 500 y 2 mil años atrás; en dichas pinturas se aprecian representaciones de mantarayas, atunes y otros peces (Crosby 1997); sin embargo, los grupos nativos (Guaycura, Pericú y Cochimí) desaparecieron demográfica y culturalmente entre los siglos XVII y XVIII.

Por su parte, las actividades económicas primarias como las agropecuarias y la pesca en el estado representaron 3.1% del producto interno bruto (PIB) en 2018; mientras que las terciarias, que incluyen la actividad turística y pesca deportiva, alcanzaron 56.2%. Actualmente, el noroeste del país es la región de mayor productividad biológica del país y sostiene cerca de 66% de la producción pesquera nacional (Lluch-Cota *et al.* 2006); de ella, Baja California Sur aporta de 9 a 12% del volumen total, por lo que ocupa el tercer lugar de explotación. En el periodo de 1993-1994, la captura de escama fluctuó entre 6 128 y 7 833 t (Ramírez-Rodríguez 1996), y de 2013-2015 la captura fluctuó entre 116 392 y 122 646 t, volumen integrado por 26 especies ícticas, de las cuales la sardina Monterrey (*Sardinops sagax*) representó cerca de 70%, seguida en mucha menor proporción por la macarela (5%), las cabrillas (4%), los tiburones (2%), el jurel (2%), el atún (1.8%) y otras especies de escama (SAGARPA 2015). Esto significa que el mayor porcentaje, en términos de volumen de producción, lo aportan las pesquerías industrializadas de pelágicos menores y cerca de 20% corresponde a pesca multiespecífica ribereña artesanal desarrollada en más de 3 500 pequeñas embarcaciones (de alrededor de 7 m de longitud) por cerca de 9 700 pescadores concentrados en los municipios de Mulegé, Comondú y La Paz.

Si bien la pesca artesanal e industrial es importante para un sector de la población y la economía estatal, cada vez adquiere más importancia la pesca deportiva por su gran derrama económica directa e indirecta en el estado. El aporte promedio anual de la pesca deportiva durante 2008 a 2010 fue de 80 801 119 dólares, que representa 1.41% del PIB durante ese periodo; mientras que la ganancia generada por la pesca comercial fue de 84 493 400 dólares durante el mismo periodo (Gómez Cabrera 2012, Von Borstel Juárez *et al.* 2019). La flota de pesca deportiva estatal (más de 1 700 embarcaciones registradas tan solo en 2015), se concentra en Los Cabos (79%), Loreto (10%) y Cabo del Este (9%). Las especies codiciadas en esta actividad incluyen a los grandes pelágicos como marlines, especialmente marlín rayado (*Kajikia audax*), pez vela (*Istiophorus platypterus*), atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*) y dorado (*Coryphaena hippurus*), entre otros (Meza Cuellar 2017).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

También se encuentra la pesca de especies de ornato para acuarios, que surte parte del mercado norteamericano, en la cual lo importante son el número de los individuos vivos capturados y donde peces de pocos gramos alcanzan precios equivalentes a varios kilogramos de pescado puesto en la playa. La pesca de ornato se desarrolla en el golfo de California, y se concentra primariamente en los municipios de Loreto y La Paz. Para el año 2000 se capturaron 10 953 organismos en la región de Loreto, y en 2003 se redujo a 5 129 (Reyes-Bonilla *et al.* 2009).

Aunque las cuotas autorizadas incluyen 36 especies, la captura se concentra en las más cotizadas: juveniles y adultos del ángel de Cortés (*Pomacanthus zonipectus*) por el cual se pagan 13.5 dólares en promedio, el ángel real (*Holacanthus passer*) de 9 dólares, el ángel de Clarión (*H. clarionensis*; figura 4b) de 1 000 dólares, el bocón manchas azules (*Opistognathus rosenblatti*) de 13.84 dólares, y secundariamente otros como el botete aletas punteadas (*Arothron meleagris*, albino y negro), el arcoíris de Cortés (*Thalassoma lucasanum*), el gobio cabeza roja (*Elacatinus puncticulatus*), entre otros (Gijón-Diaz *et al.* 2017, consultar Reyes-Bonilla *et al.* 2009 para precios de otras especies).

Situación y estado de conservación

De las 791 especies de peces marinos costeros registradas en el estado, al menos 33 se encuentran en alguna categoría de riesgo, ya sea nacional dentro de la NOM-059 (SEMARNAT 2010), o internacional como la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) y la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES, cuadro 4). Sin embargo, el estatus de algunas especies amerita una revisión para su cambio de categoría o incorporación a los listados como el propuesto para el ángel de Clarión (*H. clarionensis*; Reyes-Bonilla 2016), o bien de retiro, como ocurre con el ángel real (*H. passer*), que muestra recuperación de sus niveles poblacionales en el golfo de California (Sánchez-Alcántara *et al.* 2006).

Amenazas para su conservación

La rica diversidad de peces costeros en el estado sufre, al igual que en otras regiones, presiones y amenazas antropogénicas derivadas de la pesca, el crecimiento desordenado del turismo, los desarrollos inmobiliarios costeros que amenazan la integridad y modifican las condiciones del hábitat marino adyacente, el impulso creciente al desarrollo de granjas acuícolas, la introducción de especies exóticas, así como otras de macro escala como los cambios en las condiciones ambientales (fenómenos Niño-Niña, acidificación oceánica, calentamiento global), entre otras.

En este sentido, durante El Niño (fenómeno que ocurre cada 2 a 7 años), masas de aguas cálidas procedentes del Pacífico ecuatorial penetran hacia el norte y cambian la estructura térmica y las condiciones oceanográficas, lo cual altera la composición, distribución y abundancia de los peces y otros organismos (Lluch-Belda *et al.* 2005). Los peces de afinidad tropical se mueven al norte (extienden su distribución) y las de afinidad templada se mueven al norte o a aguas más profundas (restringen su distribución). En el periodo de 1997-1998 (durante El Niño) se documentaron muchas especies de la costa de la Península de Baja California en las costas de California (Estados Unidos de América), como la corneta flautera (*Fistularia corneta*), el serrano de altura (*Diplectrum maximum*), la viejita manchada (*Decodon melasma*) y el diente sable (*Plagiotremus azaleus*), entre otros (Lea y Rosenblatt 2000).

El calentamiento global, fenómeno de largo plazo que es parte del cambio climático, consiste en un aumento de la temperatura, subida del nivel del mar y cambio de las condiciones oceanográficas (Caballero *et al.* 2007), que generará un cambio en la distribución histórica de algunas especies, por lo que reducirán sus abundancias; mientras que otras permanecerán estables o aumentarán su rango de distribución. Un ejercicio de esta naturaleza con algunas especies de las costas del estado fue publicado por Ayala-Bocos y Reyes-Bonilla (2008).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Cuadro 4. Ejemplos de peces marinos costeros de la entidad registrados en alguna categoría de riesgo.

Familia	Especie	Nombre común*	NOM-059	UICN	CITES
Orden Acanthuriformes					
Sciaenidae	*Totoaba macdonaldi*	Totoaba	P	CR	I
Orden Blenniiformes					
Labrisomidae	*Paraclinus magdalenae*	Trambollito de Magdalena		EN	
Orden Cyprinodontiformes					
Poeciliidae	*Poecilia butleri*	Topote del Pacífico	Pr		
Orden Labriformes					
Labridae	*Thalassoma virens*	Señorita esmeralda		VU	
Orden Perciformes					
Chaetodontidae	*Prognathodes falcifer*	Mariposa guadaña	Pr	LC	
Polyprionidae	*Stereolepis gigas*	Pescara		CR	
Pomacanthidae	*Holacanthus clarionensis*	Ángel de Clarión		VU	II
	H. passer	Ángel real	Pr	LC	
	Pomacanthus zonipectus	Ángel de Cortés	Pr	LC	
Serranidae	*Mycteroperca jordani*	Baya		EN	
Orden Syngnathiformes					
Syngnathidae	*Hippocampus ingens*	Caballito del Pacífico	Pr	VU	II
Orden Carcharhiniformes					
Carcharhinidae	*Carcharhinus falciformis*	Tiburón piloto			II
	C. obscurus	Tiburón gambuso		VU	
Sphyrnidae	*Sphyrna lewini*	Cornuda común		EN	II
	S. zygaena	Cornuda prieta		VU	II
Triakidae	*Galeorhinus galeus*	Tiburón aceitoso		VU	
Orden Lamniformes					
Alopiidae	*Alopias pelagicus*	Zorro común		VU	II
	A. vulpinus	Tiburón zorro común		VU	II
Cetorhinidae	*Cetorhinus maximus*	Tiburón peregrino	A		II
Lamnidae	*Carcharodon carcharias*	Tiburón blanco	A		II
	Isurus oxyrinchus	Mako		VU	II
Odontaspididae	*Odontaspis ferox*	Tiburón dientes de perro		VU	
Orden Myliobatiformes					
Myliobatidae	*Mobula birostris*	Manta gigante	Pr	VU	II
	M. munkiana	Manta chica	Pr	VU	II
	M. tarapacana	Manta cornuda	Pr	EN	II
	M. thurstoni	Manta doblada	Pr	EN	II
Orden Orectolobiformes					
Rhincodontidae	*Rhincodon typus*	Tiburón ballena	A	VU	II
Orden Pristiformes					
Pristidae	*Pristis pristis*	Pez sierra común	P	CR	I
Orden Squaliformes					
Squalidae	*Squalus acanthias*	Cazón espinoso común		VU	

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Cuadro 4. Continuación.

Familia	Especie	Nombre común*	NOM-059	UICN	CITES
Orden Torpediniformes					
Narcinidae	*Diplobatis ommata*	Raya eléctrica diana		VU	
Incertae sedis					
Opistognathidae	*Opistognathus rosenblatti*	Bocón manchas azules	Pr	LC	
Pomacentridae	*Chromis limbaughi*	Castañeta mexicana	Pr	LC	
	Stegastes redemptus	Jaqueta azafranada		VU	

A: Amenazada; P: en peligro de extinción; Pr: sujeta a protección especial; CR: en peligro crítico; EN: en peligro; LC: preocupación menor, VU: vulnerable; I: está en el Apéndice I, especie en peligro de extinción y su comercio se autoriza en condiciones excepcionales; II: está en el Apéndice II y no se encuentra necesariamente en peligro de extinción, pero su comercio debe controlarse a fin de evitar una utilización incompatible con su supervivencia. Fuente: elaboración propia con datos de SEMARNAT 2010, *Page *et al.* 2013, CITES 2020, UICN 2020.

Para algunas pesquerías que operan en ambas costas del estado, como la de tiburones (*Carcharhinus* spp., *Mustelus* spp.), tiburón azul (*Prionace glauca*), angelito (*Squatina californica*), cornudas (*Sphyrna* spp.), cazón bironche (*Rhizoprionodon longurio*) y rayas o mantas (*Mobula* spp., *Dasyatis* spp., *Rhinobatos* spp.), existen amenazas más significativas debido a que son especies con menor resiliencia[5] ante la pesca excesiva y de individuos inmaduros, a causa de sus características biológicas inherentes (baja fecundidad, viviparía en muchas especies, crecimiento lento, madurez gonadal tardía).

Otras pesquerías como la de los peces de arrecife en la costa peninsular del golfo de California, incluyen peces óseos asociados a arrecifes como el cochito (*Balistes polylepis*), el pargo coconaco (*Hoplopagrus guentherii*), el pargo amarillo (*Lutjanus argentiventris*), el huachinango del Pacífico (*L. peru*), la cabrilla sardinera (*Mycteroperca rosacea*), la cabrilla extranjera (*Paralabrax auroguttatus*), la sandía (*Paranthias colonus*) y el medregal rabo amarillo (*Seriola lalandi*). Al respecto, cabe señalar que estas especies forman agregaciones reproductivas para el desove en primavera (tres especies) o verano (cinco), y al menos un tercio de sus capturas (1 585.5 t) corresponden a esos periodos (Erisman *et al.* 2010). Por lo anterior, es necesario desarrollar un manejo con bases ecosistémicas y conocimiento de la biología y ecología de las especies para dar sustentabilidad al sistema socioambiental.

Otra amenaza a la biodiversidad en el estado es la introducción de especies exóticas de peces para su cultivo comercial; tal es el caso de la dorada (*Sparus aurata*) y un hibrido de la lobina estriada (*Morone saxatilis*) y la lobina blanca (*M. chrysops*) en bahía de La Paz (Balart *et al.* 2009, Monteforte Sánchez *et al.* 2013). Diversos individuos de estas especies escaparon o fueron eliminados de las instalaciones donde se cultivaban, por lo que se debe prohibir definitivamente su introducción y evitar la instalación de sistemas de acuacultura carentes de seguridad; a su vez, se debe fomentar el cultivo de especies nativas como medregales (*Seriola* spp.), pargos (*Lutjanus* spp.) y corvinas, las cuales tienen un mercado promisorio, con investigación de producción acuícola en desarrollo, y cuyas poblaciones naturales ya alcanzaron niveles cercanos a la sobreexplotación pesquera.

Acciones de conservación

Uno de los ejes centrales para conservar la biodiversidad es el mantenimiento de áreas naturales protegidas (ANP), que en el estado representan casi un tercio de su superficie.[6] Las áreas marinas protegidas pro-

5 Capacidad de absorber, amortiguar, resistir y recuperarse ante cambios abióticos y bióticos, que ocurren después de perturbaciones de origen natural o antropogénico.

6 El 15 de agosto de 2023 se establecieron dos nuevos parques nacionales en el estado: Nopoló (2 076 ha) y Loreto II (6 217 ha), mismos que no se incluyen en el análisis de la presente contribución debido a su relativa reciente creación.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

mueven la conservación de los recursos, pero sin menoscabo de varias actividades económicas (p.e. pesca artesanal y buceo recreativo) que son reguladas por las autoridades competentes de la CONANP. En áreas costeras hay cinco ANP en el golfo de California (Parque Nacional Bahía de Loreto con 1 837 km^2 de área marina, Parque Nacional Zona Marina del Archipiélago de Espíritu Santo con 487 km^2, Área de Protección de Flora y Fauna de Balandra con 25 km^2, Parque Nacional Cabo Pulmo con 71 km^2, y Área de Protección de Flora y Fauna Cabo San Lucas con 40 km^2), y una en el Pacífico en el extremo norte del estado (Reserva de la Biosfera Complejo lagunar Ojo de Liebre con 603 km^2), asociada a la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno.

Las áreas marinas protegidas son herramientas de manejo que sirven para mitigar los impactos antropogénicos, principalmente de la pesca, sobre los ecosistemas marinos y su biodiversidad, al tiempo que favorecen al sector pesquero pues aumentan la biomasa, abundancia y diversidad de las especies comerciales (Aburto-Oropeza 2010). Todas ellas funcionan en el esquema de áreas marinas protegidas multiuso (MUMPA por sus siglas en ingles), e incluyen actividades de pesca reguladas en diferente grado y áreas de no-pesca rodeadas por áreas de amortiguamiento donde el esfuerzo de pesca está restringido.

El Parque Nacional Cabo Pulmo no permite pesca comercial, únicamente pesca doméstica de autoconsumo y actividades de ecoturismo como buceo recreativo; su zona núcleo corresponde a 35.1% de su superficie. En este parque, creado en 1995, la biomasa total de los peces evaluada en 2009 mostró un aumento de 463% comparada con la de 1999, donde la biomasa de los depredadores tope y carnívoros como la tintorera (*Galeocerdo cuvier*), el tiburón toro (*Carcharhinus leucas*), el cazón coralero trompacorta (*Triaenodon obesus*), la baya (*Mycteroperca jordani*), la cabrilla sardinera (*M. rosacea*) y los pargos (*Lutjanus* spp.) aumentó en 11 y 4 veces respectivamente (Aburto-Oropeza *et al*. 2011). En el Parque Nacional Bahía de Loreto establecido en 1996 y con un área de no-pesca de 0.07% de la superficie del parque, se realizó un análisis de 13 años de monitoreo que demostró una biomasa íctica estable, pero una disminución en los desembarcos pesqueros (Rife *et al*. 2013).

En el Parque Nacional Zona Marina del Archipiélago de Espíritu Santo, establecido en 2007, la zona de no-pesca corresponde a 1.4% del área marina del parque; en él se permite la pesca tradicional artesanal con anzuelo y la pesca deportiva en 4.4% del parque; mientras que en el área de amortiguamiento, además de las prácticas tradicionales de pesca, se pueden realizar actividades de acuacultura (94.2% del parque). Actividades ecoturísticas como el buceo están permitidas excepto en la zona núcleo. El manejo se considera exitoso, debido a que en 2018 fue el primer parque nacional incluido en la lista verde de áreas protegidas de la UICN (Ortega-Rubio *et al*. 2019). Un análisis de largo plazo (2005-2017) de los peces de arrecife de este parque, demostró que hubo un aumento de la biomasa, pero también una disminución de la riqueza específica y la riqueza funcional (Ramírez-Ortiz *et al*. 2020). Esto enfatiza la importancia de los monitoreos de largo plazo para evaluar el manejo e identificar las causas de las fluctuaciones en la biodiversidad de las áreas marinas protegidas, así como la necesidad de incorporar otros parámetros ecológicos demás de los ya tradicionales.

Conclusiones

El estado posee una alta diversidad de peces marinos (888 especies) especialmente en la zona costera (791), asociada a una gran cantidad de ambientes y hábitats en ambos litorales del estado, los cuales se distribuyen en mayor número en la costa del golfo de California (678) que en la costa del Pacífico (584), pero 472 se encuentran presentes en ambas costas. Sin embargo, se estima que el número real de especies debe ser mayor, debido a que el esfuerzo de muestreo e investigación no ha sido el mismo en ambas costas, así como en los diferentes ambientes y profundidades.

A mediano y largo plazo existen diferentes acciones para conservar la biodiversidad ictiológica en el estado como lo son: 1) la educación ambiental; 2) el uso responsable de los recursos a través del ajuste de los instrumentos de gobernanza a la realidad de los sistemas socioambientales y a la información de los recursos y de los ecosistemas que los contienen; y 3) el incremento de la investigación científica básica orientada a problemáticas específicas. Asimismo, se identificaron vacíos de información en áreas profundas de arrecifes (arrecifes mesofóticos), talud continental y áreas abisales, especialmente de la costa del Pacífico, al igual que en

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

ambientes costeros como pozas de mareas, manglares y arrecifes templados. Los trabajos de conectividad y red trófica entre poblaciones y ecosistemas costeros son herramientas relevantes en términos ecológicos, y son vitales para la identificación de stocks y el manejo pesquero, así como para la delimitación y manejo de áreas protegidas, por lo que deben ser alentados.

En general, el nivel de uso y aprovechamiento de los peces costeros se ha incrementado en cerca de 15 veces entre 1994 y 2015 (Ramírez-Rodríguez 1996, SAGARPA 2015), y la población del estado se ha duplicado (366 145 a 712 029 habitantes; CONAPO 2019, INEGI 2017); por ello, se hace necesario un análisis riguroso del manejo de los recursos y de los ecosistemas en que se encuentran, para avanzar sobre escenarios de sustentabilidad. Se conoce poco acerca de la resiliencia de las poblaciones ícticas a la amenaza del cambio climático, pero se reconoce que es una información necesaria para la creación de escenarios a diferentes escalas espaciales y temporales.

Referencias

Abitia-Cárdenas, L., J. Rodríguez-Romero, F. Galván-Magaña *et al.* 1994. Lista sistemática de la ictiofauna de bahía de La Paz, Baja California Sur, México. *Ciencias Marinas* 20:159-181.

Aburto-Oropeza, O. 2010. Los beneficios de las reservas marinas. *Biodiversitas* 89:2-6.

Aburto-Oropeza, O. y E.F. Balart. 2001. Community structure of reef fish in several habitats of a rocky reef in the Gulf of California. *Marine Ecology* 22:283-305.

Aburto-Oropeza, O., E. Ezcurra, G. Danemann *et al.* 2008. Mangroves in the Gulf of California increase fishery yields. *Proceedings of National Academy of Science* 105(30):10456-10459.

Aburto-Oropeza, O., B. Erisman, G.R. Galland *et al.* 2011. Large recovery of fish biomass in a no-take marine reserve. *PLOS ONE* 6(8):e23601.

Allen, G.R. y D.R. Robertson. 1994. *Fishes of the tropical eastern Pacific*. University of Hawaii Press, Honolulu.

Álvarez-Filip, L., H. Reyes-Bonilla y L.E. Calderon-Aguilera. 2006. Community structure of fishes in Cabo Pulmo reef, Gulf of California. *Marine Ecology* 27:253-262.

Ayala-Bocos, A. y H. Reyes-Bonilla. 2008. Analysis of reef fish abundance in the Gulf of California, and projection of changes by global warming. *Proceedings of the 11th International Coral Reef Symposium*. Florida.

Ayala-Bocos, A., F.J. Fernández Rivera Melo y H. Reyes Bonilla. 2018. Updated checklist of fishes at Cabo Pulmo reef, Gulf of California, Mexico. *Revista Ciencias Marinas y Costeras* 10:9-29.

Balart, E.F., J.L. Castro-Aguirre, D. Aurioles-Gamboa *et al.* 1995. Adiciones a la ictiofauna de la bahía de La Paz, Baja California Sur, México. *Hidrobiológica* 5:79-85.

Balart, E.F., J.C. Pérez-Urbiola, L. Campos-Dávila *et al.* 2009. On the first record of a potentially harmful fish, *Sparus aurata* in the Gulf of California. *Biological Invasions* 11:547-550.

Barjau-González, E., F. Galván-Magaña y E. Romero-Vadillo. 2015. Structure of the ichthyofauna associated with soft bottoms in San Ignacio Lagoon Baja California Sur, México. En: *The arid mangrove forest from Baja California Peninsula*. R. Riosmena-Rodríguez, A.F. González-Acosta y R. Muñiz-Salazar (eds.). Nova Science Publishers, Hauppauge, pp. 113-127.

Caballero, M., S. Lozano y B. Ortega. 2007. *Efecto invernadero, calentamiento global y cambio climático: una perspectiva desde las ciencias de la tierra*. En: <http://www.revista.unam.mx/vol.8/num10/art78/int78.htm>, última consulta: agosto de 2023.

Campos-Dávila, L., V.H. Cruz-Escalona, F. Galván-Magaña *et al.* 2005. Fish assemblages in a Gulf of California marine reserve. *Bulletin of Marine Science* 77:347-362.

Castro-Aguirre, J.L. y E.F. Balart. 1996. Contribución al conocimiento del origen y relaciones de la ictiofauna de aguas profundas del golfo de California, México. *Hidrobiológica* 6:67-76.

Castro-Aguirre, J.L., E.F. Balart y J. Arvizu-Martínez. 1995. Contribución al conocimiento del origen y distribución de la ictiofauna del golfo de California, México. *Hidrobiológica* 5:57-78.

Castro-Aguirre, J.L., J.C. Ramírez-Cruz y M.J. Martínez-Muñoz. 1992. Nuevos datos sobre la distribución de lenguados (Pisces: Pleuronectiformes) en la costa del oeste de Baja California, México; con aspectos biológicos y zoogeográficos. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas* 37:97-119.

Castro-Aguirre, J.L., J.J. Schmitter Soto, E.F. Balart *et al.* 1993. Sobre la distribución geográfica de algunos peces bentónicos de la costa oeste de Baja California Sur, con consideraciones ecológicas y evolutivas. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas* 38:75-102.

CITES. Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. 2020. *Apéndices I,*

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

II y III. Secretaría de la CITES. En: <https//www.cites.org/eng/app/appendices.php>, última consulta: diciembre 2020.

CONAPO. Consejo Nacional de Población. 2019. *Avances, desafíos y oportunidades a nivel estatal rumbo a la Conferencia Internacional sobre la Población y el Desarrollo +25: Baja California Sur*. CONAPO, México.

Crosby, H.W. 1997. *The cave paintings of Baja California. Discovering the great murals of an unknown people*. Sunbelt Publications, San Diego.

De La Cruz-Agüero, J. 1997. *Catálogo de los peces marinos de Baja California Sur*. CICIMAR-IPN/CONABIO, México.

De La Cruz-Agüero, J., M. Arellano-Martínez y V.M. Cota-Gómez. 1996. Lista sistemática de los peces marinos de las lagunas Ojo de Liebre y Guerrero Negro, BCS y BC, México. *Ciencias Marinas* 22:111-128.

De La Cruz-Agüero, J., F. Galván-Magaña, A. Abitia-Cárdenas *et al.* 1994. Lista sistemática de los peces marinos de bahía Magdalena, Baja California Sur, México. *Ciencias Marinas* 20:17-31.

Erisman, B., I. Mascareñas, G. Paredes *et al.* 2010. Seasonal, annual, and long-term trends in commercial fisheries for aggregating reef fishes in the Gulf of California, Mexico. *Fisheries Research* 106:279-288.

Espinosa-Pérez, H. 2014. Biodiversidad de peces en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85:S450-S459.

Fernández-Rivera Melo, F.J., H. Reyes-Bonilla, G. Ramírez-Ortiz y L. Alvarez-Filip. 2018. Latitudinal variation in structure and function of conspicuous reef fish assemblages along the western Gulf of California. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 89:1154-1166.

Galván-Magaña, F., L.A. Abitia-Cárdenas, J. Rodríguez-Romero *et al.* 1996. Lista sistemática de los peces de la isla Cerralvo, Baja California Sur, México. *Ciencias Marinas* 22:295-311.

Galván-Magaña, F., F. Gutiérrez-Sánchez, L.A. Abitia-Cárdenas *et al.* 2000. The distribution and affinities of the shore fishes of the Baja California Sur lagoons. En: *Aquatics ecosystems of Mexico: status and scope*. M. Munawar, S.G. Lawrence, I.F. Munawar y D.F. Malley (eds.). Backhuys Publishers, Países Bajos, pp. 383-398.

Gijón-Díaz, D., H. Reyes-Bonilla, T.P. Guerrero-Izquierdo y F.J. Fernández-Rivera Melo. 2017. Potencial económico de la captura de peces de ornato bajo protección federal en México. *Revista de Biología Tropical* 65:195-210.

Gómez Cabrera, I.D. 2012. Pesca deportiva y pesca ribereña en Baja California Sur, México: comparación del valor económico. Tesis de doctorado. UABCS, Baja California Sur.

González-Acosta, A.F., G. Ruiz-Campos y E.F. Balart. 2015. Composition and zoogeography of fishes in mangrove ecosystems of Baja California Sur, México. En: *The arid mangrove forest from Baja California Peninsula*. R. Riosmena Rodríguez, A. González-Acosta y R. Muñiz-Salazar (eds.). Nova Science Publishers, Hauppauge, pp. 63-80.

González-Acosta, A.F., E.F. Balart, G. Ruiz-Campos *et al.* 2018. Diversidad y conservación de los peces de la bahía de La Paz, Baja California Sur, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 89:705-740.

González-Zamorano, P., E.H. Nava-Sánchez, J.L. León de la Luz y S.C. Diaz-Castro. 2011. Patrones de distribución y determinantes ambientales de los manglares peninsulares. En: *Los manglares de la Península de Baja California*. E.F. Félix-Pico, E. Serviere Zaragoza, R. Riosmena Rodríguez y J.L. León de la Luz (eds.). CICIMAR/CIBNOR/UABCS, México, pp. 67-102.

Gutiérrez-Sánchez, F., F. Galván-Magaña, L.A. Abitia-Cárdenas y J. Rodríguez-Romero. 2007. Peces demersales de bahía Magdalena. En: *Estudios ecológicos en bahía Magdalena*. R. Funes Rodríguez, J. Gómez Gutiérrez y R. Palomares García (eds.). IPN/FONMAR/Gobierno de Baja California Sur/CICIMAR-IPN, México, pp. 241-250.

Hastings, P.A., L.T. Findley y A.M. Van der Heiden. 2010. Fishes of the Gulf of California. En: *The Gulf of California. Biodiversity and conservation*. R.C. Brusca (ed.). The University of Arizona Press/The Arizona-Sonora Desert Museum, Tucson, pp. 96-118.

INEGI. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 1995. *Síntesis geográfica del estado de Baja California Sur*. INEGI, México.

—. 2017. *Anuario estadístico y geográfico de Baja California Sur 2017*. INEGI, México.

Jordan, D.S. y B.W. Evermann. 1896-1900. The fishes of North and Middle America: a descriptive catalogue of the species of fish-like vertebrates found in the waters of North America, north of the Isthmus of Panama. *Bulletin of the US Natural Museum* 47(1-4):1-3313.

Lea, R.T.N. y R.H. Rosenblatt. 2000. Observations on fishes associated with the 1997-98 El Niño off California. *CalCOFI Reports* 41:117-129.

Lluch-Belda, D., D.B. Lluch-Cota y S.E. Lluch-Cota. 2003. Baja California's biological transition zones: Refuges for the California sardine. *Journal of Oceanography* 59:503-513.

—. 2005. Changes in marine faunal distributions and ENSO events in the California Current. *Fisheries Oceanography* 14:458-467.

Lluch-Cota, D.B., S. Hernández-Vázquez, E.F. Balart *et al.* 2006. *Desarrollo sustentable de la pesca en México: orientaciones estratégicas*. CIBNOR/Senado de la República, México.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

López-Rasgado, F.J., S.Z. Herzka, P. Del Monte-Luna *et al.* 2012. Fish assemblages in three arid mangrove systems of the Gulf of California: comparing observations from 1980 and 2010. *Bulletin of Marine Science* 88:919-945.

Meza Cuellar, N.A. 2017. *Valoración socioeconómica de la pesca deportiva y preferencia por capturar dorado (Coryphaena hippurus) en la zona de los Barriles-Buenavista, Baja California Sur, por el método costo de viaje*. Tesis de maestría. CIBNOR, La Paz.

Miller, D.J. y R.N. Lea. 1972. Guide to the coastal marine fishes of California. California Department of Fish and Game. *Fishery Bulletin* 157:1-249.

Monteforte Sánchez, M., E.F. Balart, J.C. Pérez-Urbiola y A. Ortega-Rubio. 2013. Rentabilidad empresarial vs. protección contra especies exóticas invasoras: dilema para el desarrollo de la acuacultura, caso bahía de La Paz, Baja California Sur, México. En: *Especies invasoras acuáticas: casos de estudio en ecosistemas de México*. A.M. Low Pfeng, P.A. Quijón y E.M. Peters Recagno (eds.). SEMARNAT/INECC/UPEI, México, pp. 567-601.

Nelson, J.S., T.C. Grande y M.V.H. Wilson. 2016. *Fishes of the world*. John Wiley and Sons, Nueva Jersey.

Ortega-Rubio, A., I. González López, I. March Mifsut *et al.* 2019. Parque Nacional Zona Marina del Archipiélago Espíritu Santo: primer área natural protegida de México con el certificado Lista Verde de UICN. *Áreas Naturales Protegidas Scripta* 5:43-68.

Page, L.M., H. Espinosa-Pérez, L.T. Findley *et al.* 2013. *Common and scientific names of fishes from the United States, Canada, and Mexico*. 7th edition. American Fisheries Society, Maryland.

Priede, I.G. 2017. *Deep-sea fishes. Biology, diversity, ecology and fisheries*. Cambridge University Press, Cambridge.

Ramírez Rodríguez, M. 1996. Pesquería de escama. En: *Estudio del potencial pesquero y acuícola de Baja California Sur*. M. Casas Valdez y G. Ponce Díaz (eds.). SEMARNAT/Gobierno del Estado de Baja California Sur/FAO/UABCS/CIBNOR/CICIMAR/CRIP/CETMAR, México, pp. 287-304.

Ramírez-Ortiz, G., H. Reyes-Bonilla, E.F. Balart *et al.* 2020. Reduced fish diversity despite increased fish biomass in a Gulf of California Marine Protected Area. *PeerJ* 8:e8885.

Reyes-Bonilla, H. 2016. *Situación actual del pez endémico Holacanthus clarionensis (Ángel Clarión), y perspectivas de conservación en México*. SNIB-CONABIO proyecto No. MM003. UABCS, México.

Reyes-Bonilla, H., M.D. Herrero Perezrul y F. Fernández Rivera Melo. 2009. Aspectos económicos de recursos pesqueros no tradicionales, residentes en zonas arrecifales del Golfo de California. En: *Recursos marinos y servicios ambientales en el desarrollo regional*. J.I. Urciaga-García, D. Lluch-Belda y L.F. Beltrán-Morales (eds.). UABCS/CICIMAR-IPN/CIBNOR, México, pp. 245-264.

Rife, A.N., O. Aburto-Oropeza, P.A. Hastings *et al.* 2013. Long-term effectiveness of a multi-use marine protected area on reef fish assemblages and fisheries landings. *Journal of Environmental Management* 117:276-283.

Robertson, D.R. y K.L. Cramer. 2009. Shore fishes and biogeographic subdivisions of the Tropical Eastern Pacific. *Marine Ecology Progress Series* 380:1-17.

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/sftep/es/pages>, última consulta: enero de 2018.

Robertson, D.R., J.S. Grove y J.E. McCosker. 2004. Tropical transpacific shore fishes. *Pacific Science* 58:507-565.

Rodríguez-Romero, J., L.A. Abitia-Cárdenas, J. De la Cruz-Agüero *et al.* 1992. Lista sistemática de los peces marinos de bahía Concepción, Baja California Sur, México. *Ciencias Marinas* 18:85-95.

Rodríguez-Romero, J., A.F. Muhlia-Melo, F. Galván-Magaña *et al.* 2005. Fish assemblages around Espíritu Santo Island and Espíritu Santo seamount in the lower Gulf of California, México. *Bulletin of Marine Science* 64:383-390.

Rodríguez-Romero, J., D.S. Palacios-Salgado, J. López-Martínez *et al.* 2008. Composición taxonómica de los peces demersales de la costa occidental de Baja California Sur, México. *Revista de Biología Tropical* 56:1765-1783.

SAGARPA. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 2015. *Anuario estadístico de pesca 2014*. Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca-SAGARPA, México.

Sánchez-Alcántara, I., O. Aburto-Oropeza, E.F. Balart *et al.* 2006. Threatened fishes of the world: *Holacanthus passer* Valenciennes, 1846 (Pomacanthidae). *Environmental Biology of Fishes* 77:97-99.

Sánchez-Caballero, C.A., J.M. Borges-Souza, G. De La Cruz-Agüero *et al.* 2017. Links between fish community structure and habitat complexity of a rocky reef in the Gulf of California threatened by development: implications for mitigation measures. *Ocean and Coastal Management* 137:96-106.

Sánchez-Ortiz, C., J.L. Arreola-Robles, O. Aburto-Oropeza *et al.* 1997. Peces de arrecife en la región de La Paz, BCS. En: *La bahía de La Paz, investigación y conservación*. J. Urban-Ramírez y M. Ramírez (eds.). UABCS/CICIMAR-IPN/SCRIPPS, La Paz, pp. 177-188.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

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.

Thomson, D.A., L.T. Findley y A.N. Kerstitch. 1979. *Reef fishes of the Sea of Cortes: the rocky-shore fishes of the Gulf of California*. John Wiley and Sons, Nueva York.

—. 2000. *Reef fishes of the Sea of Cortes: the rocky-shore fishes of the Gulf of California*. Revised edition. University of Texas Press, Austin.

UICN. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. 2020. *The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2020-3*. En: <https://www.iucnredlist.org>, última consulta: diciembre de 2020.

Villarreal-Cavazos, A., H. Reyes-Bonilla, B. Bermúdez-Almada *et al*. 2000. Los peces del arrecife de Cabo Pulmo, golfo de California, México: lista sistemática y aspectos de abundancia y biogeografía. *Revista de Biología Tropical* 48:413-424.

Villegas-Sánchez, C.A., L.A. Abitia-Cárdenas, F.J. Gutiérrez-Sánchez *et al*. 2009. Rocky-reef fish assemblages at San José Island, Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 80:169-179.

Von Borstel Juárez, O.S., L.F. Beltrán Morales, G. Ponce Díaz *et al*. 2019. Caracterización socioeconómica de la pesca deportiva en tres localidades de Baja California Sur, México. *Sociedad y Ambiente* 21:207-226.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Peces asociados a ecosistemas de manglar

Adrián Felipe González Acosta, Gorgonio Ruiz Campos y Armando Hernández López

Introducción

Baja California Sur se caracteriza por sus importantes extensiones de manglar de zonas áridas (26 694 ha de cobertura) que bordean sus lagunas costeras o esteros de tipo hiperhalino, con mayor cobertura a lo largo de la costa del Pacífico y de forma discontinua y con menor extensión en la costa del golfo de California (figura 1; Brusca *et al.* 2005, CONABIO 2009). La importancia de los ecosistemas de manglar radica en la contribución que realizan como zonas de crianza, alimentación, desove y reclutamiento para muchas especies de peces de interés económico y conservación ecológica, que de modo regular o estacional ingresan a este tipo de ambientes (González-Acosta 1998, González-Acosta *et al.* 1999, 2001, 2005, 2015).

En este capítulo se presenta una lista actualizada de los peces habitantes de los principales ecosistemas de manglar de la costa sudcaliforniana (figura 1), incluidas la costa del Pacífico u occidental (bahías Magdalena y Tortugas, lagunas Guerrero Negro, Ojo de Liebre y San Ignacio) y la vertiente del golfo de California (bahías Concepción y de La Paz). La lista se sustenta en la información generada por González-Acosta y colaboradores (2015), e incluye registros verificados de literatura, así como ejemplares recolectados y depositados en colecciones de referencia nacional y regional.

El estatus taxonómico y de conservación, además de la distribución de las especies, se sustenta en diferentes fuentes de información (Fischer *et al.* 1995, Castro-Aguirre y Espinosa Pérez 1996, Castro-Aguirre *et al.* 1999, Espinosa-Pérez *et al.* 2004, SEMARNAT 2010, Ebert *et al.* 2013, Last *et al.* 2016, Fricke *et al.* 2025, Froese y Pauly 2025, UICN 2025). La nomenclatura y arreglo taxonómico se basan en Page y colaboradores (2023), mientras la distribución geográfica en registros de colecciones científicas y reportes publicados, así como en el esquema de regiones y provincias es de Briggs (1974). Por último, los patrones de distribución se definieron de acuerdo con el criterio de Castro-Aguirre y colaboradores (2005, 2006).

Diversidad

A partir de la realización de diferentes estudios en zonas estuarino lagunares caracterizadas por la presencia de una extensa vegetación de manglar (Brusca *et al.* 2005, González-Acosta *et al.* 1999, 2005, 2015, Whitmore *et al.* 2005) y la reciente verificación taxonómica, se identificó un total de 233 especies (148 géneros, 72 familias y 2 clases), que integran el conjunto de peces asociados a los biotopos de manglar en el estado (apéndice 35). Destacan los peces óseos (clase Osteichthyes) por su mayor representatividad (91.4%),

González-Acosta, A.F., G. Ruiz-Campos y A. Hernández-López. 2025. Peces asociados a ecosistemas de manglar. En: *La biodiversidad en Baja California Sur. Estudio de Estado*. Vol. II. CONABIO/FFB, México, pp. 381-391.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

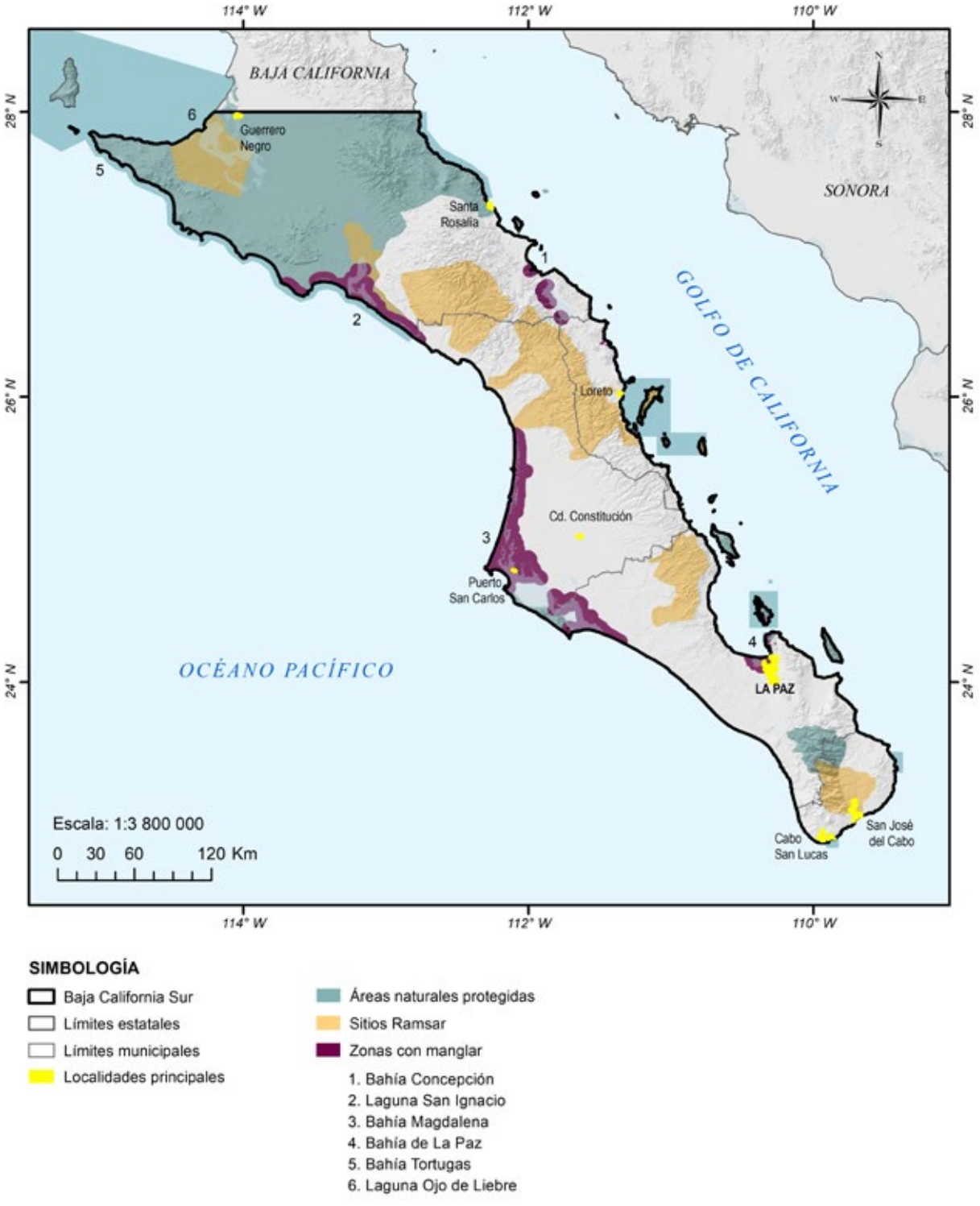


Figura 1. Ecosistemas de manglar de zonas áridas de Baja California Sur y su relación espacial con sitios Ramsar y áreas naturales protegidas. Nota: El 15 de agosto de 2023 se establecieron dos nuevos parques nacionales en el estado: Nopoló (2 076 ha) y Loreto II (6 217 ha), mismos que no se incluyen en el análisis de la presente contribución debido a su relativa reciente creación. Fuente: elaboración propia con datos de CONABIO 2020.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

sobre los peces cartilaginosos (clase Chondrichthyes con 8.6%). De este modo, la riqueza específica para el estado representa 25.5% de las especies para el Golfo de California (Hastings *et al.* 2010, González-Acosta *et al.* 2018a) y 8.4% de la ictiofauna de México (Espinosa-Pérez 2014).

En particular, el grupo de peces cartilaginosos (tiburones y rayas) se compone de 20 especies, incluidas en 15 géneros, 12 familias y 6 órdenes. En los peces cartilaginosos, el orden con mayor riqueza específica es Myliobatiformes (7 especies, 5 géneros y 4 familias), donde 57% de los taxones (4 especies y 2 géneros) pertenecen a la familia Urotrygonidae (cuadro 1). La mayor diversidad de peces cartilaginosos está presente en los ecosistemas de manglar en la vertiente del Pacífico: bahía Magdalena (14 especies) y laguna San Ignacio (11); en comparación con aquellos de la vertiente del golfo de California, en las bahías Concepción (13) y de La Paz (6; cuadro 2). Estas diferencias se deben a la existencia de zonas con mayor cobertura de manglar en el Pacífico, cuya presencia provee una mayor disponibilidad de hábitats someros con sustratos de arena y fango que son propicios para el desarrollo de tiburones y rayas, que penetran a este tipo de ecosistemas durante alguna etapa de su ciclo de vida. De esta forma, los manglares contribuyen al reclutamiento y conservación de especies de interés comercial y ecológico, así como a la formación de importantes vínculos en las cadenas tróficas entre los sistemas estuarino-lagunares y el mar adyacente (González-Acosta *et al.* 2015).

Cuadro 1. Estructura taxonómica de peces asociados a ecosistemas de manglar.

Familia	Géneros	Especies
Clase Chondrichthyes		
Orden Heterodontiformes		
Heterodontidae	1	2
Orden Carcharhiniformes		
Triakidae	2	4
Carcharhinidae	1	1
Orden Torpediniformes		
Platyrhynidae	1	1
Narcinidae	2	2
Orden Rhinopristiformes		
Rhinobatidae	1	1
Trygorrhinidae	1	1
Orden Rajiformes		
Rajidae	1	1
Orden Myliobatiformes		
Urotrygonidae	2	4
Dasyatidae	1	1
Gymnuridae	1	1
Myliobatidae	1	1
Subtotal: 12	**15**	**20**
Clase Osteichthyes		
Orden Elopiformes		
Elopidae	1	1
Orden Albuliformes		
Albulidae	1	1
Orden Anguilliformes		
Ophichthidae	3	3
Congridae	1	1
Orden Clupeiformes		
Engraulidae	4	12
Clupeidae	1	1
Dorosomatidae	3	5
Alosidae	1	1
Orden Gonorynchiformes		
Chanidae	1	1
Orden Siluriformes		
Ariidae	3	4
Orden Aulopiformes		
Synodontidae	1	4
Orden Ophidiiformes		
Ophidiidae	1	2
Orden Batrachoidiformes		
Batrachoididae	1	2
Orden Blenniiformes		
Mugilidae	1	3
Pomacentridae	1	1
Blenniidae	1	1
Labrisomidae	1	3
Orden Atheriniformes		
Atherinopsidae	3	3
Orden Beloniformes		
Exocoetidae	1	1
Hemiramphidae	2	3
Belonidae	3	3

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Cuadro 1. Continuación.

Familia	Géneros	Especies
Orden Cyprinodontiformes		
Fundulidae	1	1
Poeciliidae	1	2
Orden Syngnathiformes		
Syngnathidae	3	5
Fistularidae	1	2
Mullidae	1	1
Orden Perciformes		
Triglidae	2	2
Serranidae	2	7
Epinephelidae	3	3
Lutjanidae	2	5
Haemulidae	11	21
Orden Carangiformes		
Centropomidae	1	4
Carangidae	9	15
Polynemidae	1	1
Sphyraenidae	1	2
Cyclopsettidae	4	5
Paralichthydae	3	5
Bothidae	1	1
Pleuronectidae	1	3
Achiridae	2	2
Cynoglossidae	1	3
Orden Labriformes		
Gerreidae	5	9
Labridae	2	3
Orden Acropomatiformes		
Stereolepididae	1	1
Orden Spariformes		
Sparidae	2	2
Orden Acanthuriformes		
Sciaenidae	8	17
Chaetodontidae	1	1
Pomacanthidae	1	1
Ephippidae	1	1
Orden Centrarchiformes		
Kyphosidae	1	2
Girellidae	1	1
Orden Cichliformes		
Cichlidae	1	1
Orden Gobiiformes		
Eleotridae	4	4
Gobiidae	5	5
Oxudercidae	6	8
Orden Scombriformes		
Scombridae	4	4
Stromateidae	1	1
Orden Tetraodontiformes		
Balistidae	1	1
Tetraodontidae	1	3
Diodontidae	1	2
Subtotal: 60	**133**	**213**
Total: 72	**148**	**233**

Fuente: elaboración propia.

Los peces oseos (Osteichthyes) son los de mayor diversidad con 213 especies (133 géneros, 60 familias y 25 ordenes). El orden Carangiformes es el de mayor riqueza porque representa 18% de la diversidad de peces asociados a manglares (41 especies, 24 géneros y 10 familias); y dentro de él, las familias Carangidae (15 especies), Cyclopsettidae (5) y Paralichthydae (5) conforman 48.8% de la riqueza de especies del orden. La gran riqueza de estas familias se podría relacionar con la alta disponibilidad de hábitats con sustratos blandos (arena y fango), en asociación con los procesos de mezcla de masas de aguas tropicales y templadas del océano Pacífico, que promueven el predominio de grupos de derivación tropical sobre aquellos de origen templado (Brusca *et al.* 2005, Whitmore *et al.* 2005, Hastings *et al.* 2010, González-Acosta *et al.* 2015).

En lo general, se puede establecer que la mayor diversidad de especies de peces óseos se registró para las bahías de La Paz (137) y Magdalena (110), lo cual contribuyó de modo significativo a la riqueza específica del estado; mientras que en los otros ecosistemas de manglar la riqueza específica del grupo fue menor a 30% del total de especies de peces óseos registradas (cuadro 2). Las diferencias entre la diversidad de peces de las bahías de La Paz y Magdalena con respecto a otros ecosistemas de manglar en el estado son resultado, entre otras cosas, del mayor esfuerzo de recolecta realizado en estos sitios, una mayor extensión de zonas de manglar, su ubicación geográfica

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Cuadro 2. Diversidad de peces asociados a ecosistemas de manglar, conforme a su distribución en la entidad.

Categoría taxonómica	Pacífico					Golfo de California	
	Bahía Magdalena	Bahía Tortugas	Laguna Guerrero Negro	Laguna Ojo de Liebre	Laguna San Ignacio	Bahía Concepción	Bahía de La Paz
Peces cartilaginosos (Chondrichthyes)							
Órdenes	5		1		4	4	2
Familias	6		1		8	7	2
Géneros	11		1		9	8	3
Especies	14		1		11	13	6
Peces óseos (Osteichthyes)							
Órdenes	13	1	4	6	13	7	16
Familias	37	1	4	7	35	29	42
Géneros	77	1	4	7	43	40	93
Especies	110	1	5	10	46	49	137
Total de especies	**124**	**1**	**6**	**10**	**57**	**62**	**143**

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 3. Afinidad zoogeográfica de los peces de ecosistemas de manglar en Baja California Sur y patrones de distribución.

Grupo	Provincia										
	OR	SD	CO	MX	PA	GA	AA	AP	CI	EN	EX
Chondrichthyes	2	15	17	15	15	1			1		
Osteichthyes	1	135	182	157	147	2	1	2	12	4	2
Total de especies	**3**	**150**	**199**	**172**	**162**	**3**	**1**	**2**	**13**	**4**	**2**

OR: Oregoniana; SD: San Diego; CO: Cortés; MX: Mexicana; PA: Panámica; GA: Galápagos; AA: anfiamericana; AP: anfipacífica; CI: circumtropical; EN: endémica; EX: exótica. Fuente: elaboración propia.

y más fácil acceso por su cercanía con áreas urbanas (González-Acosta *et al.* 2005, 2015).

Afinidad zoogeográfica

Los peces de los ecosistemas de manglar en el estado (cuadro 3), muestran mayor afinidad a la provincia de Cortés (85%) de la región de California (RC) y en segundo orden a la provincia Mexicana (74%) de la región del Pacífico oriental tropical (POT). Sin embargo, también presentan altos porcentajes de afinidad con las provincias Panámica (69.5%; POT) y de San Diego (64.3%; RC). Lo anterior contrasta con la baja afinidad (1.3%) de la provincia Oregoniana (RC), definida por la presencia compartida del cazón hilacho (*Mustelus henlei*) y la raya látigo diamante (*Hypanus dipterurus*); y la provincia de Galápagos (POT), con presencia compartida de la raya látigo diamante y el robalo plateado (*Centropomus viridis*). Los porcentajes de afinidad zoogeográfica que exhiben los peces de manglar en la entidad, con las provincias de Cortés y San Diego (RC), así como con la Mexicana y Panámica (POT), sugieren la existencia de una zona de transición para grupos faunísticos de derivación templada y tropical (Briggs 1974, Castro-Aguirre *et al.* 1993, Hastings *et al.* 2010, González-Acosta *et al.* 2015).

En relación con los patrones de distribución (cuadro 3), se determinó que los gobios lento (*Aruma histrio*, figura 2a), pantera (*Barbulifer pantherinus*, figura 2b), chiquito (*Gobiosoma chiquita*, figura 2c) y guaymense (*Quietula guaymasiae*), todos de ambientes de manglar, son endémicos del golfo de California (Thomson *et al.* 2000); los cuales en conjunto representan 3.4% de las especies de peces endémicas conocidas

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

en dicho sitio (Brusca *et al.* 2005, Hastings *et al.* 2010, González-Acosta *et al.* 2015). Por ello, se destaca la importancia de los ambientes de manglar del estado para la conservación de la biodiversidad.

Por su parte, el topote del Pacífico (*Poecilia butleri*, figura 3a) con distribución en la bahía de La Paz, y el gupi (*P. reticulata*) registrado en ambientes epicontinentales (oasis) y manglares de la Península de Baja California, se consideran como especies exóticas translocadas.[1] A su vez, la dorada (*Sparus auratus*, figura 3b) con reportes de presencia en la ensenada de La Paz y la tilapia de vientre rojo (*Coptodon* cf. *zillii*, figura 3c) encontrada en aguas dulces y estuarinas del río Mulegé, se consideraran como especies introducidas. De estas especies invasoras introducidas en los ecosistemas costeros del estado y que han alcanzado los ecosistemas de manglar, el topote del Pacífico, el gupi y la tilapia de vientre rojo son de derivación dulceacuícola secundaria (es decir, toleran condiciones oligo y mesohalinas; Ruiz-Campos *et al.* 2003, Palacios-Salgado *et al.* 2011).

La dorada es de estirpe marina, y su presencia es resultado del intento fallido de su cultivo comercial en la bahía de La Paz y su consecuente liberación por abandono de las jaulas que las contenían (Balart *et al.* 2009). Debido al reciente reporte de estas especies exóticas, no ha sido posible todavía conocer el impacto de su presencia sobre las poblaciones nativas. En lo general, no se tiene información a nivel mundial sobre el potencial impacto de la presencia de esta especie en hábitats diferentes al de su origen, aunque se menciona su potencial como transmisor de enfermedades y en la alteración de la calidad del agua. Al tiempo de la publicación de esta contribución, no se cuenta con más registros de la dorada en aguas estatales.

Por otra parte, la lisa hospe (*Mugil hospes*) se distribuye en ambas costas de América (anfiamericana); mientras que el lenguado hoja (*Bothus constellatus*) y la corneta pintada (*Fistularia commersonii*) son anfipacíficas (con presencia en ambas vertientes del Pacífico). Asimismo, 13 especies son de distribución circumtropical (alrededor de las regiones tropicales del océano mundial), entre las que destacan el tiburón toro (*Carcharhinus leucas*) y el agujón sable (*Ablennes hians*). La presencia de especies con distribución anfiamericana, anfipacífica y circumtropical, sugiere la existencia de una antigua conexión del Pacífico nororiental y el golfo de California con otras regiones biogeográficas, durante los diferentes episodios de glaciación y eventos geológico-oceanográficos acontecidos en la evolución de la península (Castro-Aguirre *et al.* 1993, Castro-Aguirre y Balart 1997).

Estado de conservación

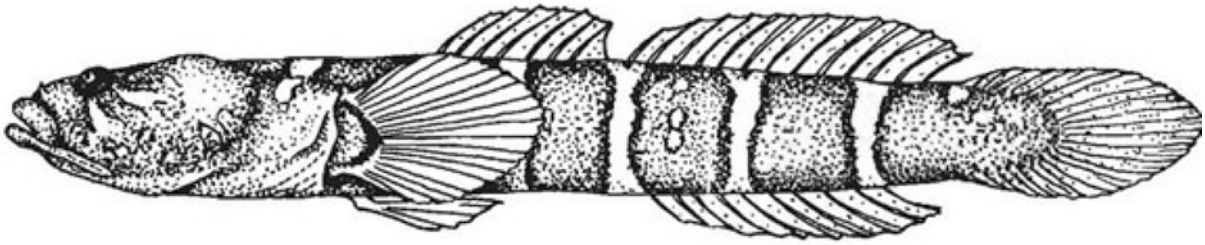
De acuerdo con la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN 2025), 87.5% de las especies enlistadas para los ecosistemas de manglar en aguas sudcalifornianas (apéndice 35) se encuentra en la categoría de preocupación menor (LC), 6% con datos insuficientes (DD), y 2.2% como casi amenazadas (NT); en esta última categoría se encuentran la guitarra viola (*Pseudobatos productus*) y el gobio sombreado (*Quietula guaymasiae*), entre otros. Por su parte, 2.2% de las especies están en la categoría de vulnerables (VU), entre las que destacan el tiburón toro (*Carcharhinus leucas*) y el caballito del Pacífico (*Hippocampus ingens*, figura 4a). Finalmente, cabe señalar que solo el pescara o mero gigante (*Stereolepis gigas*) se encuentra en peligro crítico. De acuerdo con la NOM-059 (SEMARNAT 2010), el topote del Pacífico (*P. butleri*, solamente en su ámbito nativo), el ángel de Cortés (*Pomacanthus zonipectus*, figura 4b) y el caballito del Pacífico (*Hippocampus ingens*) se encuentran sujetas a protección especial (Pr).

Importancia

Con base en la información recabada, 46.4% de las especies (15 de condrictios y 93 de teleósteos) que habitan los ecosistemas de manglar del estado, tienen valor comercial (apéndice 35). De éstas, solo se conocen 10 especies de peces cartilaginosos que se capturan comercialmente en la entidad, entre ellos los pejegatos del género *Mustelus* (Triakidae), los tiburones cornudos del género *Heterodontus* (Heterodontidae), el tiburón toro (Carcharhinidae) y la guitarra viola (Rhinobatidae). En lo que respecta al grupo de peces

1 Especies desplazadas dentro de su área de distribución.

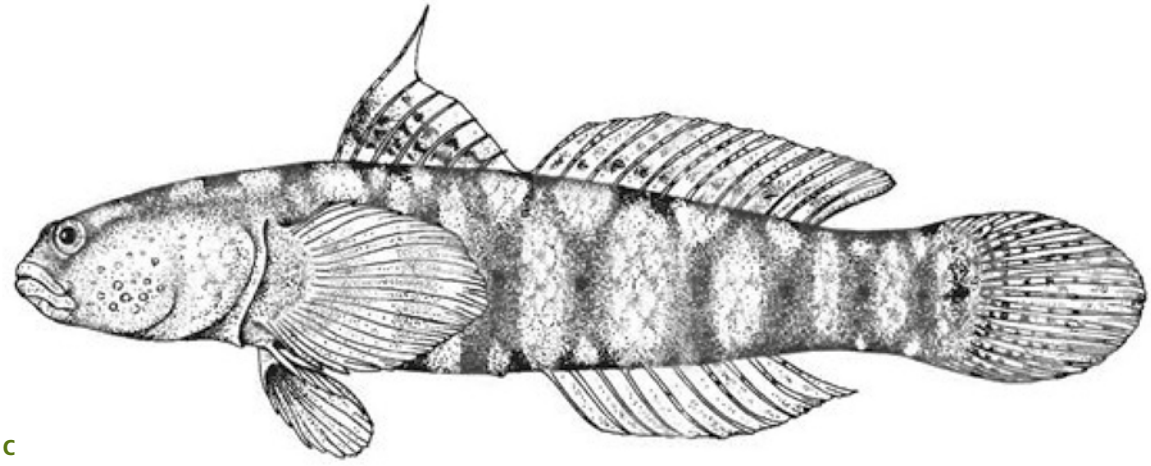
DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



a



b



c

Figura 2. Especies endémicas del golfo de California, con presencia en ecosistemas de manglar: a) gobio lento (*Aruma histrio*); b) gobio pantera (*Barbulifer pantherinus*); c) gobio chiquito (*Gobiosoma chiquita*). Ilustraciones: modificadas de Thomson *et al.* 2000.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Figura 3. Especies exóticas con presencia en ecosistemas de manglar: a) topote del Pacífico (*Poecilia butleri*) registrado en la bahía de La Paz; b) dorada (*Sparus auratus*) con presencia en la bahía de La Paz; c) tilapia vientre rojo (*Coptodon* cf. *zillii*) documentada en el río Mulegé. Fotos: Adrián F. González-Acosta.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Figura 4. Especies sujetas a protección especial, presentes en la bahía de La Paz: a) caballito del Pacífico (*Hippocampus ingens*); b) ángel de Cortés (*Pomacanthus zonipectus*). Fotos: Adrián F. González-Acosta (a), Uriel Rubio Rodríguez y Ma. Isabel Miranda Marín/ Banco de imágenes CONABIO (b).

óseos, al menos 21 especies son reconocidas y capturadas por la pesca artesanal en Baja California Sur; la mayor proporción recae en los miembros del orden Carangiformes, en particular de los jureles y pámpanos (Carangidae).

De las especies de peces cartilaginosos con interés comercial, destacan el tiburón toro (*C. leucas*) y la guitarra viola (*P. productus*) por encontrarse en alguna categoría de riesgo dentro de la Lista Roja de la UICN (apéndice 35). Para el resto de las especies, no existe información que coincida en los rubros de interés comercial y estatus de conservación.

A pesar de que en general existe poca información pesquera en la región, así como de las áreas de distribución de las especies con valor comercial que se pueden encontrar en los manglares, se reconoce que 13.3% (31) de las especies están sujetas a la explotación por pesquerías artesanales. Entre ellas, se encuentra el tiburón puerco (*Heterodontus francisci*), el cazón mamón (*Mustelus californicus*), la raya tecolote (*Myliobatis californica*), la corvina boquinaranja (*Cynoscion xanthulus*) y la cabrilla plomuda (*Mycteroperca xenarcha*). Sin embargo, es necesario realizar más investigación para conocer qué especies se capturan de modo preferente y sobre cuáles se ejerce un mayor esfuerzo pesquero.

Conclusiones

Cabe señalar la importancia de los ecosistemas de manglar sudcalifornianos, como áreas de crianza para una variedad importante de especies que los utilizan como hábitats primarios durante alguna fase de su ciclo biológico. Estos ambientes contribuyen al reclutamiento, crecimiento y conservación de los recursos ícticos estatales, así como en la conexión crítica de las cadenas tróficas entre la zona costera y el mar adyacente. Los continuos cambios en la taxonomía de las especies de peces que habitan en las aguas costeras del estado, sumado al incremento en el número de nuevos registros (González-Acosta *et al.* 2018a, b), requieren de actualización constante en cuanto a la composición específica y del estado de conservación de los conjuntos ícticos que habitan los biotopos de manglar.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

En cuanto a las especies exóticas, es urgente conocer el impacto de su presencia sobre las poblaciones nativas, por lo que se requieren estudios de monitoreo de sus poblaciones para documentar la afectación sobre los grupos de peces locales. En términos del estado de conservación que guardan las especies asociadas a los ecosistemas de manglar, es evidente la falta de información sobre su biología poblacional, debido al elevado porcentaje que suman las categorías de preocupación menor y datos insuficientes de la UICN.

Un punto importante en cuanto a la información sobre las especies consideradas por la NOM-059 en la categoría sujetas a protección especial, es la infundada e inadecuada categoría asignada al topote del Pacífico (*P. butleri*), cuya distribución natural comprende ambientes continentales y costeros del Pacífico central mexicano, desde el río Fuerte (Sonora) hasta Centroamérica en el puerto La Libertad, El Salvador (Miller *et al.* 2006). En este sentido, la condición de ser una especie sujeta a protección especial a nivel nacional no se justifica por la presencia de este pecílido como exótico en los ecosistemas de manglar en el estado.

La conservación de ambientes estuarino-lagunares con amplias zonas de manglar, independientemente de que se localicen en áreas prioritarias o no, es de suma importancia para el reclutamiento de especies que son capturadas por las pesquerías artesanales y recreativas que utilizan este tipo de ecosistemas. Cualquier tipo de alteración del ecosistema provocado por la actividad antropogénica podría afectar a las pesquerías que dependen del desarrollo de estas especies. Por consiguiente, la información que aquí se proporciona habrá de servir de línea base para la formulación de propuestas de manejo y aprovechamiento de los recursos ícticos pesqueros y de aquellos sujetos a conservación ecológica, tasas de captura o planes de maricultivo de especies locales, donde se excluya a aquellas cuya distribución no corresponde a la región del Pacífico oriental tropical.

Agradecimientos

Los autores agradecen los apoyos recibidos a través de los proyectos SIP20160767, 20170860, 20180747, 20195006. Adrián Felipe González Acosta agradece los apoyos de los Programas COFAA y EDI-IPN; Adrián Felipe González Acosta y Gorgonio Ruiz Campos agradecen los apoyos de parte del SNI-CONAHCYT.

Referencias

Balart, E.F., J.C. Pérez-Urbiola, L. Campos-Dávila *et al.* 2009. On the first record of a potentially harmful fish, *Sparus aurata* in the Gulf of California. *Biological Invasions* 11:547-550.

Briggs, J.C. 1974. *Marine Zoogeography*. McGraw-Hill, Nueva York.

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*. J.L. Cartron, G. Ceballos y R.S. Felger (eds.). Oxford University Press, Nueva York, pp. 179-202.

Castro-Aguirre, J.L. y E.F. Balart. 1997. Contribución al conocimiento de la ictiofauna de fondos blandos y someros de la Ensenada y Bahía de La Paz, BCS. En: *La bahía de La Paz, investigación y conservación*. J. Urban y M.E. Ramírez (eds.). UABCS/CICIMAR-IPN/Scripps Institution of Oceanography, La Paz, pp. 139-149.

Castro-Aguirre, J.L. y H. Espinosa Pérez. 1996. *Listados faunísticos de México. VII. Catálogo sistemático de las rayas y especies afines de México (Chondrichthyes: Elasmobranchii: Rajiformes: Batoidideiomorpha)*. Instituto de Biología-UNAM, México.

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

Castro-Aguirre, J.L., A.F. González-Acosta y J. de la Cruz-Agüero. 2005. Lista anotada de las especies ícticas anfipacíficas, de afinidad boreal, endémica y anfipeninsulares del golfo de California, México. *Universidad y Ciencia* 21:85-106.

—. 2006. Ictiofauna marina-costera del Pacífico central mexicano: análisis preliminar de su riqueza y relaciones biogeográficas. En: *Los recursos pesqueros y acuícolas de Jalisco, Colima y Michoacán*. M.C. Jiménez-Quiroz y E. Espino-Barr (eds.). INAPESCA/SAGARPA, Colima, pp. 146-166.

Castro-Aguirre, J.L., J.J. Schmitter-Soto, E.F. Balart *et al.* 1993. Sobre la distribución geográfica de algunos peces bentónicos de la costa oeste de Baja California Sur, México, con consideraciones ecológicas y evolutivas. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas* 38:75-102.

CONABIO. 2009. *Manglares de México: Extensión y distribución*. CONABIO, México.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

—. 2020. *Atlas de manglares de Baja California Sur*. En: <https://www.biodiversidad.gob.mx/atlas/manglar/BCS/>, última consulta: 5 de mayo de 2020.

Ebert, D.A., S. Fowler y L. Compagno. 2013. *Sharks of the world*. Wild Nature Press, Devon.

Espinosa-Pérez, H. 2014. Biodiversidad de peces en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85:450-459.

Espinosa-Pérez, H., J.L. Castro-Aguirre y L. Huidobro-Campos. 2004. *Listados Faunísticos de México. IX Catálogo sistemático de tiburones (Elasmobranchii: Selachimorpha)*. Instituto de Biología-UNAM, México.

Fischer, W., F. Krupp, W. Schneider *et al.* 1995. *Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico centro-oriental*. Vols. II y III. FAO, Roma.

Fricke, R., W.N. Eschmeyer y R. Van der Laan. 2025. *Eschmeyer's catalog of fishes: genera, species, references*. En: <http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>, última consulta: 25 de abril de 2025.

Froese, R. y D. Pauly. 2025. *FishBase. World wide web electronic publication*. En: <http:www.fishbase.org>, última consulta: 25 de abril de 2025.

González-Acosta, A.F. 1998. *Ecología de la comunidad de peces asociada al manglar del estero El Conchalito, Ensenada de La Paz, Baja California Sur, México*. Tesis de maestría. CICIMAR-IPN, La Paz.

González-Acosta, A.F., G. de La Cruz-Agüero, J. de La Cruz-Agüero *et al.* 1999. Ictiofauna asociada al manglar del estero El Conchalito, Ensenada de La Paz, Baja California Sur, México. *Oceánides* 14:121-131.

—. 2001. Unusual occurrence of *Gnathanodon speciosus* (Pisces: Carangidae) in a mangrove swamp habitat of Baja California Sur, Mexico. *Oceánides* 16:143-144.

—. 2005. Seasonal pattern in the structure of fish assemblage of El Conchalito mangrove swamp, La Paz Bay, Baja California Sur, México. *Hidrobiológica* 15:205-214.

González-Acosta, A.F., G. Ruiz-Campos y E.F. Balart. 2015. Composition and zoogeography of fishes in mangrove ecosystems of Baja California Sur, México. En: *The arid mangroves from Baja California Peninsula*. Vol. 1. R. Riosmena-Rodriguez, A.F. González-Acosta y R. Muñiz-Salazar (eds.). Nova Science Publishers, Nueva York, pp. 63-80.

González-Acosta, A.F., M.I. Miranda-Marín, J. De la Cruz-Torres *et al.* 2018a. New records and range extension of three fish species in the Gulf of California. *Marine Biodiversity* 48(3):1625-1629.

González-Acosta, A.F., E.F. Balart, G. Ruiz-Campos *et al.* 2018b. Diversidad y conservación de los peces de la Bahía de La Paz. Baja California Sur, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 89(3):705-740.

Hastings, P.A., L.T. Findley y A.M. van der Heiden. 2010. Fishes of the Gulf of California. En: *The Gulf of California. Biodiversidad and conservation*. R. Brusca (ed.). University of Arizona Press, Arizona, pp. 96-118.

Last, R., W.T. White, M.R. de Carvalho *et al.* 2016. *Rays of the world*. CSIRO Publishing, Victoria.

Miller, R.R., W.L. Minckley y S.M. Norris. 2006. *Freshwater fishes of Mexico*. The University of Chicago Press, Chicago.

Page, L.M., K.E. Bemis, T.E. Dowling *et al.* 2023. *Common and scientific names of fishes from the United States, Canada, and Mexico*. American Fisheries Society, Maryland.

Palacios-Salgado, D.S., A. Ramírez-Valdez y G. Ruiz-Campos. 2011. First record and establishment of an exotic molly (*Poecilia butleri*) in the Baja California Peninsula, México. *California Fish and Game* 97:98-103.

Ruiz-Campos, G., J.L. Castro-Aguirre, S. Contreras-Balderas *et al.* 2003. An annotated distributional checklist of the freshwater fish from Baja California Sur. México. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 12:143-155.

SEMARNAT. Secretaria 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.

Thomson, D.A., L.T. Findley y A.N. Kerstich. 2000. *Reef fishes of the Sea of Cortez: the rocky shore fishes of the Gulf of California*. University of Texas Press, Austin.

UICN. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. 2025. *The IUCN Red List of Threatened Species. versión 2025-1*. En: <htttp:www.iucnredlist.org>, última consulta: 25 de abril de 2025.

Whitmore, R.C., R.C. Brusca, J.L. León de la Luz *et al.* 2005. The ecological importance of mangroves in Baja California Sur: conservation implications for an endangered ecosystems. En: *Biodiversity, ecosystems, and conservation in northern Mexico*. J.L.E. Cartron, G. Ceballos y R.S. Felger (eds.). Oxford University Press, Nueva York, pp. 298-333.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Diversidad de larvas de peces en bahía Sebastián Vizcaíno

Sylvia Patricia Adelheid Jiménez Rosenberg, Gerardo Aceves Medina,
Raymundo Avendaño Ibarra y Ricardo Javier Saldierna Martínez

Introducción

La Reserva de la Biosfera El Vizcaíno es la más grande área de protección de biodiversidad en México. En su parte noroeste coincide con la región marina prioritaria 2. Vizcaíno (municipio de Mulegé), con una extensión de aproximadamente 35 700 km^2, en un polígono que incluye a la bahía Sebastián Vizcaíno, cuyas riberas pertenecen a los municipios de Mulegé y Ensenada (este último en Baja California); además contiene diversas zonas de marismas, dunas costeras, lagunas, playas, islas y la zona oceánica adyacente (figura 1; Arriaga-Cabrera *et al*. 1998).

En términos de biodiversidad, la región oceánica de la bahía es una zona de transición entre las faunas subárticas, templadas y subtropicales (Moser *et al*. 1987, Jiménez-Rosenberg *et al*. 2007). Tal condición se explica por la presencia de las masas de agua que coinciden frente a esta bahía, provenientes del Pacífico central, del Pacífico tropical este y del subártico (Tsuchiya 1982). La Corriente de California, altamente productiva y de origen subártico, es la de mayor influencia en la región. En la región se realiza la pesca artesanal de escama y la explotación, por parte de cooperativas, de abulón y langosta principalmente; también se realizan actividades ecoturísticas de avistamiento de ballenas, tortugas y aves. Se ha detectado en la zona descarga de aguas residuales y existe alta actividad industrial por la minería de sal (Arriaga-Cabrera *et al*. 1998). Sin embargo, se desconoce el efecto directo de estas actividades en la comunidad de larvas de peces.

El área es una zona de crianza de especies de pesca industrial como la sardina Monterey (*Sardinops sagax*) y la anchoveta (*Engraulis mordax*), que desovan de forma masiva dentro de la bahía; así como de especies de pesca a menor escala como la sardina piña (*Oligoplites saurus*). A pesar de que la profundidad máxima es de 200 m, larvas de peces de profundidad (p.e. pez linterna *Vinciguerria lucetia*) son también abundantes dentro de la bahía, debido a que aprovechan la alta productividad de las aguas superficiales. A pesar de la importancia ecológica de esta zona y de la necesidad de protección de su biodiversidad, poco se ha hecho por incrementar el conocimiento sobre las especies marinas, que son objeto de la principal actividad productiva de la región.

Jiménez-Rosenberg, S.P.A., G. Aceves-Medina, R. Avendaño-Ibarra y R.J. Saldierna-Martínez. 2025. Diversidad de larvas de peces en bahía Sebastián Vizcaíno. En: *La biodiversidad en Baja California Sur. Estudio de Estado*. Vol. II. CONABIO/FFB, México, pp. 392-397.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

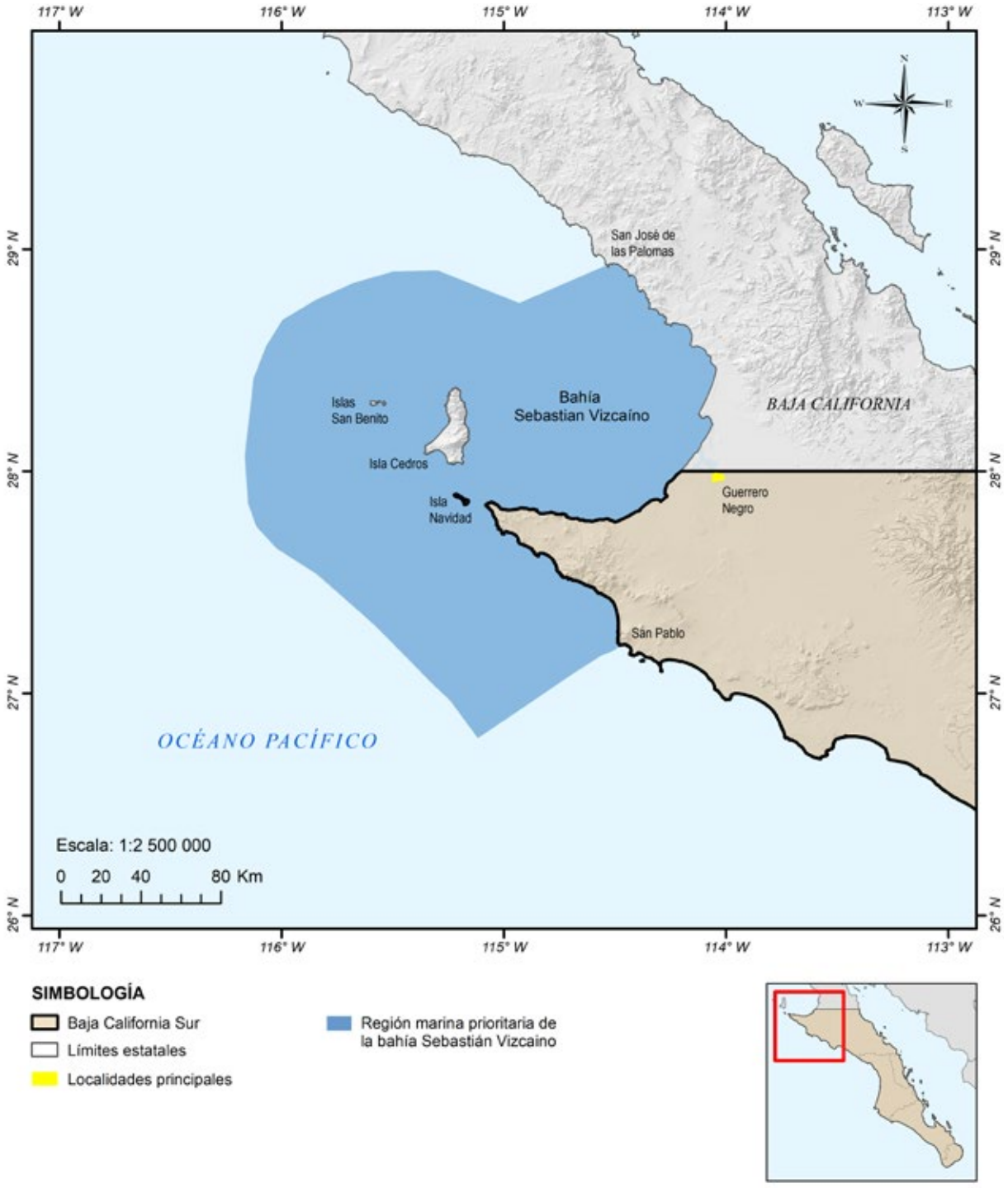


Figura 1. Región marina prioritaria 2. Vizcaíno (solo se muestra la parte marítima). Fuente: elaboración propia con datos de Arriaga-Cabrera *et al.* 1998.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Grupo de larvas de pez en el área

Los estadios de huevo y larva o estadios tempranos, son los más vulnerables en el ciclo de vida de los peces. Durante esta etapa se registran las tasas más altas de mortandad. La limitada movilidad que los caracteriza como organismos del plancton y su pequeño tamaño (micras a milímetros) las hacen presas fáciles para los depredadores.

En general, las larvas son muy distintas a los adultos (figura 2), ocupan un nicho y una función diferente dentro de la comunidad y a lo largo de esta etapa se llevan a cabo transformaciones morfológicas y fisiológicas fundamentales para su supervivencia. Para la sardina Monterey, la anchoveta, la sardina piña y el pez linterna se considera que solo entre 1 y 5% de la producción de huevos durante un desove llega al estadio juvenil, por lo que los estadios tempranos, como en la mayoría de los peces, representan el punto crítico en su ciclo de vida.

Diversidad

La convergencia de masas de agua diferentes, aunada a la alta variabilidad climática en el área, tienen una influencia directa sobre la comunidad de larvas de peces,



Figura 2. Ejemplos de larvas de peces: a) pez platija (familia Bothidae); b) pez diablo (Ceratiidae); c) pez espada (Istiophoridae). Fotos: Sylvia Jiménez-Rosenberg y Fátima Ordoñez-Guillén.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

que resulta en una alta riqueza de especies (Jiménez-Rosenberg *et al.* 2007, Aceves-Medina *et al.* 2019). A lo largo de 20 años de muestreos de plancton por parte del programa de Investigaciones Mexicanas de la Corriente de California (IMECOCAL), en la bahía Sebastián Vizcaíno y la zona oceánica adyacente, se han identificado las larvas de peces de 345 *taxa* (240 especies identificadas), pertenecientes a 101 familias (figura 3, apéndice 36), que contrastan con las 59 especies registradas para adultos en esta misma región (De la Cruz-Agüero *et al.* 1996), y que ponen de manifiesto la falta de estudios ictiológicos para la zona. Gracias a los muestreos de plancton, se considera que la diversidad de larvas de peces de la región representa aproximadamente 70% de las especies que confluyen al sur de la Corriente de California (Jiménez-Rosenberg *et al.* 2007).

Distribución

Las larvas de peces más abundantes en el área pertenecen a especies mesopelágicas o de aguas profundas que habitan hasta los 1 500 m de profundidad, de las familias Phosichthyidae, Myctophidae y Gonostomatidae (peces linterna), que se distribuyen en el área durante todo el año (cuadro 1). En segundo lugar, se encuentran las especies pelágico costeras (presentes en estuarios, lagunas costeras y sitios similares) de la familia Engraulidae, que incluye a las anchoas y anchovetas y la familia Clupeidae, que comprende a las sardinas. En tercer lugar, se encuentran los atunes de la familia Scombridae (figura 4). Estas tres últimas familias en conjunto constituyen pesquerías importantes a lo largo de la costa todo el Pacífico noroeste y su distribución larval cambia con la estación del año (figura 4, cuadro 1). Las larvas de los peces chile (Synodontidae) y los capellanes (Bathylagidae) son especies de bajo valor comercial o de pesca incidental (figura 4, cuadro 1). Sin embargo, sus larvas son importantes indicadores de cambios ambientales de meso escala, como los eventos oceanográficos de El Niño y La Niña (Jiménez-Rosenberg *et al.* 2007, Jiménez-Rosenberg y Aceves-Medina 2009).

Importancia

Los peces son un componente fundamental de los ecosistemas marinos, debido a que gracias a su gran abundancia y diversidad, se posicionan en diferentes niveles de la cadena trófica, desde productores primarios como el plancton, hasta depredadores tope como los tiburones. Las larvas de peces sirven a su vez de alimento a una infinidad de organismos de hábitos carnívoros, como el zooplancton y los peces adultos. Esto posiciona al grupo como un elemento imprescindible en la transferencia de energía de todos los ecosistemas marinos.

Los peces son una de las fuentes más importantes de alimento de alta calidad proteica en el mundo y,

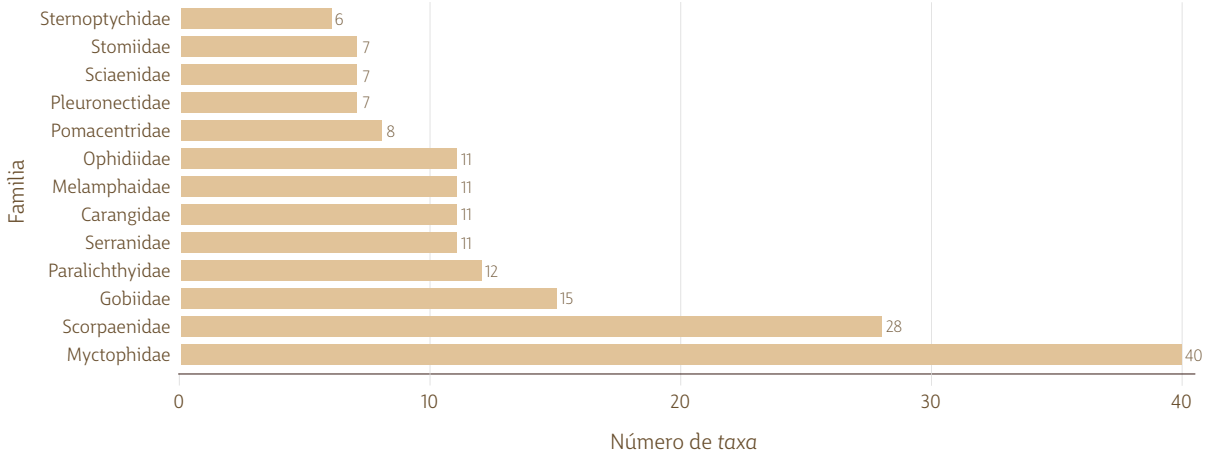


Figura 3. Familias con mayor diversidad de *taxa* en estadio larval dentro de la bahía Sebastián Vizcaíno. Fuente: elaboración propia.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

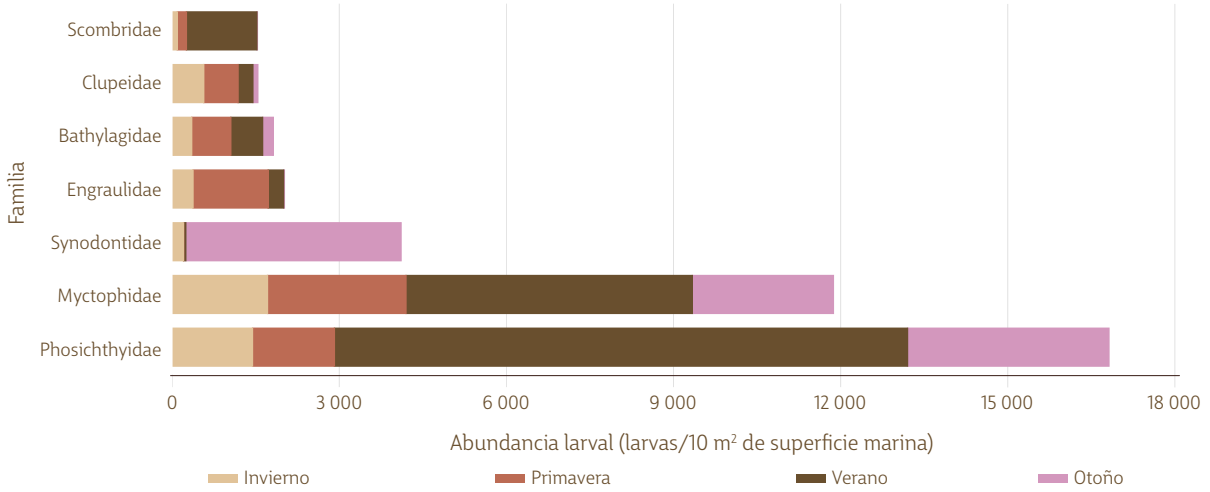


Figura 4. Familias que más contribuyen con la abundancia larval a lo largo de las cuatro estaciones del año en la bahía Sebastián Vizcaíno. Fuente: elaboración propia.

Cuadro 1. Especies dominantes por su abundancia larval en las cuatro estaciones del año en la bahía Sebastián Vizcaíno.

Especie (nombre común)	Familia	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	Total anual
Vinciguerria lucetia (pez linterna)	Phosichthyidae	1 415	1 459	10 297	3 610	16 781
Triphoturus mexicanus (pez linterna mexicano)	Myctophidae	196	1 175	3 692	1 401	6 464
Synodus lucioceps (pez lagarto)	Synodontidae	185	2	40	3 873	4 100
Diogenichthys laternatus (linterna de Diógenes)	Myctophidae	1 099	906	721	762	3 488
*Engraulis mordax** (anchoveta)	Engraulidae	357	1 352	277	14	2 000
*Sardinops sagax** (sardina Monterrey)	Clupeidae	519	611	241	74	1 445
*Scomber japonicus** (caballa)	Scombridae	73	161	1 256	9	1 499
Bathylagoides wesethi (capellán chato)	Bathylagidae	104	390	537	186	1 217
Leuroglossus stilbius (pez hocicón)	Bathylagidae	227	294	35	7	563
Cyclothone signata (pez luminoso)	Gonostomatidae	116	101	150	204	571

*Especies de importancia pesquera en la costa del Pacífico noroeste de la entidad. Fuente: elaboración propia.

aunque sus larvas no son consumidas directamente, de su sobrevivencia depende el número de adultos disponibles para la pesca, así como la permanencia de las especies a lo largo del tiempo. De ahí la importancia de mantener esta zona como región marina prioritaria y como reserva de la biosfera, de tal manera que éste y todos sus recursos sean protegidos y/o explotados de manera sustentable.

El estudio de la distribución de las larvas de peces ha sido de gran utilidad para definir límites en la distribución de especies y comunidades de peces en la región. Asimismo, el análisis conjunto de las variables ambientales que determinan esa distribución ha ayudado a la descripción y la comprensión de la dinámica espacial y temporal de los ecosistemas marinos y los fenómenos que en ellos ocurren, convirtiéndose por ello en una herramienta cualitativa y cuantitativa útil

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

para la toma de decisiones con respecto a su manejo (Aceves-Medina *et al.* 2019).

Situación y estado de conservación

En el área no se identifican especies de peces marinos bajo algún estatus de protección. Sin embargo, bahía Sebastián Vizcaíno es considerada una región marina prioritaria (Arriaga-Cabrera *et al.* 1998), debido a que es un área de reproducción para al menos 70% de las especies de peces que se distribuyen desde la punta sur de la península en Los Cabos, hasta Ensenada, en el extremo norte del Pacífico mexicano (Moser *et al.* 1987, Jiménez-Rosenberg *et al.* 2007).

Amenazas para su conservación

El mayor impacto de origen antropogénico para para la comunidad de larvas de peces en el área, es la incidencia de la actividad pesquera no regulada sobre las poblaciones de adultos. Sin embargo, este impacto no ha sido estudiado rigurosamente con el fin de estimarlo numéricamente y establecer medidas de conservación. Igualmente, el impacto de la extracción de sal no ha sido medido para la mayoría de los recursos marinos en la región, por lo que no se sabe cómo altera a la comunidad de larvas de peces. Se tiene más información con respecto al impacto ambiental. El área es considerada una zona de transición faunística entre la provincia Mexicana y la provincia San Dieguina, por lo que es muy diversa y su composición de especies depende en gran medida de la variabilidad estacional e interanual en la intensidad y la dirección de las corrientes marinas (Aceves-Medina *et al.* 2019).

Acciones de conservación y recomendaciones

Se cuenta con información sobre acciones de conservación en el área terrestre de la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno. Sin embargo, para la bahía Sebastián Vizcaíno (adyacente a esta reserva) no hay estudios encaminados a conservación de recursos, excepto los que se han realizado para el aprovechamiento de recursos ecoturísticos como la ballena gris, las aves y las tortugas marinas. Es evidente la falta de criterios para identificar el desarrollo adecuado para la zona de amortiguamiento de la reserva, así como de normas que regulen actividades dentro de la zona. Arriaga-Cabrera y colaboradores (1998) proponen las mínimas acciones que se necesitan para la conservación de la bahía, que a su vez permitirían asegurar la región como zona de refugio y crianza para la comunidad de larvas de peces. Estas acciones son:

- Elaborar un programa de manejo para las zonas costeras, de plataforma y oceánica de la reserva y la región marina prioritaria adyacente.
- Establecer criterios para un desarrollo adecuado de la zona de amortiguamiento de la reserva, así como normas que regulen actividades en la zona.

Referencias

Aceves-Medina, G., S.P.A. Jiménez-Rosenberg y R. Durazo. 2019. Fish larvae as indicator species of interannual environmental variability in a subtropical transition area off the Baja California peninsula. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography* 169-170:104631.

Arriaga-Cabrera, L., E. Vázquez-Domínguez, J. González-Cano *et al.* 1998. *Regiones prioritarias marinas de México*. CONABIO, México.

De la Cruz-Agüero, J., M. Arellano-Martínez y V.M. Cota-Gómez. 1996. Systematic list of the marine fishes from Ojo de Liebre and Guerrero Negro lagoons, BCS and BC, México. *Ciencias Marinas* 22(1):111-128.

Jiménez-Rosenberg, S.P.A. y G. Aceves-Medina. 2009. Indicadores biológicos en el ambiente pelágico. *CICIMAR Oceánides* 24(2):113-127.

Jiménez-Rosenberg, S.P.A., R.J. Saldierna-Martínez, G. Aceves-Medina *et al.* 2007. Fish larvae in Bahía Sebastián Vizcaíno and the adjacent oceanic region, Baja California, México. *Check List* 3(3):204-223.

Moser, H.G., P.E. Smith y L.E. Eber. 1987. Larval fish assemblages in the California Current region, 1954-1960, a period of dynamic environmental change. *California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations Reports* 28:97-127.

Tsuchiya, M. 1982. On the Pacific upper-water circulation. *Journal of Marine Research* 40:777-799.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Malformaciones en peces óseos y elasmobranquios

Jesús Rodríguez Romero, María Ruth Ochoa Díaz, Felipe Galván Magaña, Leonardo Andrés Abitia Cárdenas, Juana López Martínez y Jesús Alejandro Rodríguez Miranda

Introducción

Un tema que ha generado diferentes interrogantes dentro de los ecosistemas marinos y que se observa con frecuencia en peces óseos, rayas y tiburones, son las malformaciones. Aunque su origen es incierto o especulativo, es de suma importancia y preocupación, debido a que podría ser un detonante de la salud actual en la que se encuentran los océanos.

Berzins y colaboradores (2002) identifican a nivel mundial 35 casos de malformaciones en la espina dorsal de peces de vida libre. Las malformaciones más frecuentes para los elasmobranquios y peces óseos son: 1) la lordosis o desviación en la columna vertebral (Dawson 1964, 1966, 1971, 1976, Galván-Magaña *et al*. 1994, Heupel *et al*. 1999, Rodríguez-Romero *et al*. 2001, Blanco-Parra y Niño-Torres 2011, Escobar-Sánchez *et al*. 2013); 2) la ausencia de aletas (particularmente en peces óseos y de manera aislada; Álvarez-León *et al*. 1980); 3) defectos oculares (Saucedo-Barrón *et al*. 1988); y 4) la malformación mandibular (específicamente en el pez pejerrey; Rodríguez-Romero *et al*. 1990). Otra anormalidad observada es el albinismo, la cuál es una condición hereditaria en donde la proteína de pigmentación denominada melanina puede estar ausente o no funcional (Reum *et al*. 2008, Rubio-Rodríguez *et al*. 2011, Irigoyen-Arredondo *et al*. 2017).

Para la Baja California Sur, se registran más casos de malformaciones en tiburones y rayas que en peces óseos (cuadro 1). En el caso de elasmobranquios, cerca de 41 especies se han reportado con albinismo (Cohen 1973, De Jesús-Roldan 1990, Clark 2002, Sandoval-Castillo *et al*. 2006, Hoare 2009, Escobar-Sánchez *et al*. 2014, Becerril-García *et al*. 2017), y la bicefalia (presencia de dos cabezas que se fusionan en un solo cuerpo) ha sido reportada solo en tiburones (Castro-Aguirre y Torres-Villegas 1979, Mancini *et al*. 2006, Galván-Magaña *et al*. 2011, Ramírez-Amaro *et al*. 2013, Rodríguez-Romero *et al*. 2018). En este trabajo se presenta una revisión de las malformaciones en peces reportadas para el estado.

Malformaciones

Dentro de las principales malformaciones para peces óseos reportadas en la entidad están:

- Albinismo. Ocupa el primer lugar de las malformaciones dentro de los peces óseos y los elasmobranquios (30 y 32% respectivamente, figuras 1 y 2). Dentro de los peces óseos se ha reportado en especies como la platija moteada (*Pleuronichthys ritteri*,

Rodríguez-Romero, J., M.R. Ochoa-Díaz, F. Galván-Magaña, L.A. Abitia-Cárdenas, J. López-Martínez y J.A. Rodríguez-Miranda. 2025. Malformaciones en peces óseos y elasmobranquios. En: *La biodiversidad en Baja California Sur. Estudio de Estado*. Vol. II. CONABIO/FFB, México, pp. 398-405.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Cuadro 1. Malformaciones encontradas en peces óseos y cartilaginosos del territorio sudcaliforniano.

Familia	Especie	Malformación	Vertiente	Referencias
Peces óseos				
Lutjanidae	*Lutjanus argentiventris* (pargo amarillo)	No presenta aletas pélvicas	Pacífico	Álvarez-León 1980
Antennariidae	*Antennarius avalonis* (ranisapo)	Defecto ocular	Pacífico	Saucedo-Barrón *et al.* 1988
Tetraodontidae	*Sphoeroides annulatus* (pez botete)	Defecto ocular	Pacífico	Saucedo-Barrón *et al.* 1988
Atherinopsidae	*Atherinops affinis* (pez pejerrey)	Malformación mandibular	Golfo de California	Rodríguez-Romero *et al.* 1990
Serranidae	*Paranthias colonus* (pez sandía)	Lordosis en la columna vertebral	Golfo de California	Rodríguez-Romero *et al.* 1991
Lutjanidae	*Hoplopagrus guentherii* (pargo coconaco)	Malformación en la columna vertebral	Golfo de California	Galván-Magaña *et al.* 1994
Haemulidae	*Haemulon sexfasciatum* (roncador almejero)	Albinismo	Golfo de California	Aguilar-Palomino *et al.* 1994
Balistidae	*Balistes polylepis* (pez cochito)	Malformación en el esqueleto	Golfo de California	Escobar-Sánchez *et al.* 2013
Serranidae	*Mycteroperca rosacea* (cabrilla sardinera)	Alteración genética en la coloración (xantismo)	Golfo de California	Irigoyen-Arredondo *et al.* 2017
Pleuronectidae	*Pleuronichthys ritteri* (platija moteada)	Ambicoloración parcial	Pacífico	Rodríguez-Romero *et al.* 1991
Peces cartilaginosos				
Rayas				
Myliobatidae	*Rhinoptera steindachneri* (raya gavilán)	Bicefalia	Pacífico	Castro-Aguirre y Torres-Villegas 1979
Myliobatidae	*Myliobatis californica* (raya tecolote)	Albinismo y malformación cefálica	Pacífico	De Jesús-Roldan 1990, Ramírez-Amaro *et al.* 2013
Narcinidae	*Narcine entemedor* (raya eléctrica)	Albinismo	Pacífico	Sandoval-Castillo *et al.* 2006
Dasyatidae	*Dasyatis longa* (raya látigo)	Anormalidad morfológica	Golfo de California	Escobar-Sánchez *et al.* 2009
Urolophidae	*Urobatis halleri* (raya redonda)	Defecto ocular y mucosidad oscura	Golfo de California	Rubio-Rodríguez *et al.* 2011
	U. halleri (raya redonda)	Malformación de la columna vertebral y en las aletas	Pacífico	Ochoa-Díaz *et al.* 2016
Dasyatidae	*Dasyatis dipterura* (raya diamante)	Anormalidad morfológica	Golfo de California	Blanco-Parra y Niño-Torres 2011
Tiburones				
Squatinidae	*Squatina californica* (tiburón angelito)	Sinoftalmia y albinismo	Golfo de California	Escobar-Sánchez *et al.* 2014
Carcharhinidae	*Carcharhinus falciformis* (tiburón piloto)	Momificación en embriones	Golfo de California	Sandoval-Castillo y Villavicencio-Garayzar 2008
	Prionace glauca	Embriones con bicefalia	Pacífico	Bejarano-Álvarez *et al.* 2011
	P. glauca (tiburón azul)	Embriones con una sola narina y con bicefalia	Pacífico	Galván-Magaña *et al.* 2011
	P. glauca (tiburón azul)	Embriones con dos mandíbulas	Pacífico	Rodríguez-Romero *et al.* 2018
	Carcharhinus obscurus (tiburón arenero)	Ciclope y albinismo	Golfo de California	Bejarano-Álvarez y Galván-Magaña 2013
Scyliorhinidae	*Cephaloscyllium ventriosum* (pejegato hinchado)	Albinismo	Pacífico	Becerril-García *et al.* 2017

Fuente: elaboración propia.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

figura 3a), la cabrilla sardinera (*Mycteroperca rosacea*) y el roncador almejero (*Haemulon sexfasciatum*); mientras que en los elasmobranquios se ha documentado en la raya tecolote (*Myliobatis californica*), la raya eléctrica (*Narcine entemedor*), el pejegato (*Cephaloscyllium ventriosum*) y el tiburón arenero (*Carcharhinus obscurus*).

- Bicefalia. Ocupa el segundo lugar de malformaciones con mayor recurrencia y se presenta exclusivamente en elasmobranquios como el tiburón azul (*Prionace glauca*, figura 3b) y en la raya gavilán (*Rhinoptera steindachneri*).
- Defecto ocular. Se observa en los peces botete (*Sphoeroides annulatus*), en el ranisapo (*Antennarius avalonis*) y en la raya redonda (*Urobatis halleri*).
- Deformación en la columna vertebral. Se reporta en el pez sandía (*Paranthias colonus*, figura 3c) y pargo coconaco o mulato (*Hoplopagrus guentherii*, figura 3d), en el esqueleto del pez cochito (*Balistes polylepis*) y en la raya redonda (*U. halleri*, figura 3e).
- Otros registros de malformaciones. En menor proporción se presentan deformaciones en el aparato mandibular del pejerrey (*Atherinops affinis*, figura 4) y la ausencia de aletas pélvicas en el pargo amarillo (*Lutjanus argentiventris*). Por su parte, la anormalidad morfológica ha sido observada en las rayas látigo (*Dasyatis longa*) y diamante (*Dasyatis dipterura*); mientras que la anormalidad cefálica se ha identificado en la raya tecolote (*M. californica*). Por último, existen casos de malformaciones raras en tiburones, como la momificación en embriones del tiburón piloto (*Carcharhinus falciformis*), el tiburón arenero (*Carcharhinus obscurus*) con ciclopía (figura 5a), el tiburón azul (*P. glauca*) con dos mandibulas (figura 5b) y otro con una sola nariz (figura 5c).

Discusión

En estudios sobre malformaciones en peces óseos y tiburones, estas irregularidades se han relacionado con diferentes factores como malnutrición, parasitosis, tumores, anomalías genéticas y durante la reproducción (Heupel *et al.* 1999, Delpiani *et al.* 2011), elevada producción de embriones y degradación ambiental (Mancini *et al.* 2006, Bejarano-Álvarez *et al.* 2011). Cabe señalar que los peces óseos son vulnerables a presentar deformidades en la columna y su registro suele ser común, debido a que sus vértebras se desarrollan a partir de la mineralización segmentada de la notocorda después de la eclosión (Boglione *et al.* 2013). En este sentido, Preziosi y colaboradores (2006) documentaron que la deficiencia de la vitamina C puede llevar a las malformaciones espinales (escoliosis, artritis y lordosis).

Otra anormalidad que se reporta más en los peces óseos que en tiburones, es un defecto ocasionado por una perturbación de la vía enzimática responsable de la producción de melanina (Ball *et al.* 2013), el cual también se puede presentar como albinismo parcial llamado leucismo (Clark 2002). Evangelista-Leal y colaboradores (2013) reportan que el albinismo en peces puede deberse a tres factores: 1) una alteración al azar en los genes; 2) los efectos de la contaminación; o 3) una alteración genética debida al tamaño pequeño de la población. Asimismo, se sugiere que la falta de coloración en individuos albinos aumenta la susceptibilidad a la depredación o los hace menos atractivos para la reproducción y están más expuestos a enfermedades (Sandoval-Castillo *et al.* 2006).

Los casos de bicefalia (o bifurcación axial) se consideran una anomalía del desarrollo que aparece en un solo óvulo fertilizado durante la gastrulación, a menudo como resultado de la duplicación del aspecto rostral del tubo neural y el desarrollo de dos cabezas (De Lahunta y Glass 2009). Esta malformación puede presentarse en tiburones que son más fecundos (p.e. tiburón azul), debido a que el espacio en los úteros es reducido (Bejarano-Álvarez *et al.* 2011).

Las anormalidades registradas como raras las documenta Bejarano-Álvarez y Galván-Magaña (2013), en el tiburón oscuro con cíclopia. Por su parte, Rodríguez-Romero y colaboradores (2018) reportan un embrión de tiburón azul con dos mandíbulas y dos embriones más con una sola narina, siendo algo más complicado de explicar, debido a que no hay factores a los que puedan atribuirse estas malformaciones. Finalmente, diferentes autores sugieren que es necesaria una investigación más profunda en peces óseos y tiburones deformados, para determinar la causa de estos fenómenos (Rodríguez-Romero *et al.* 1991, 2018, Heupel *et al.* 1999, Escobar-Sánchez *et al.* 2009, Galván-Magaña *et al.* 2011, Ochoa-Díaz *et al.* 2016).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

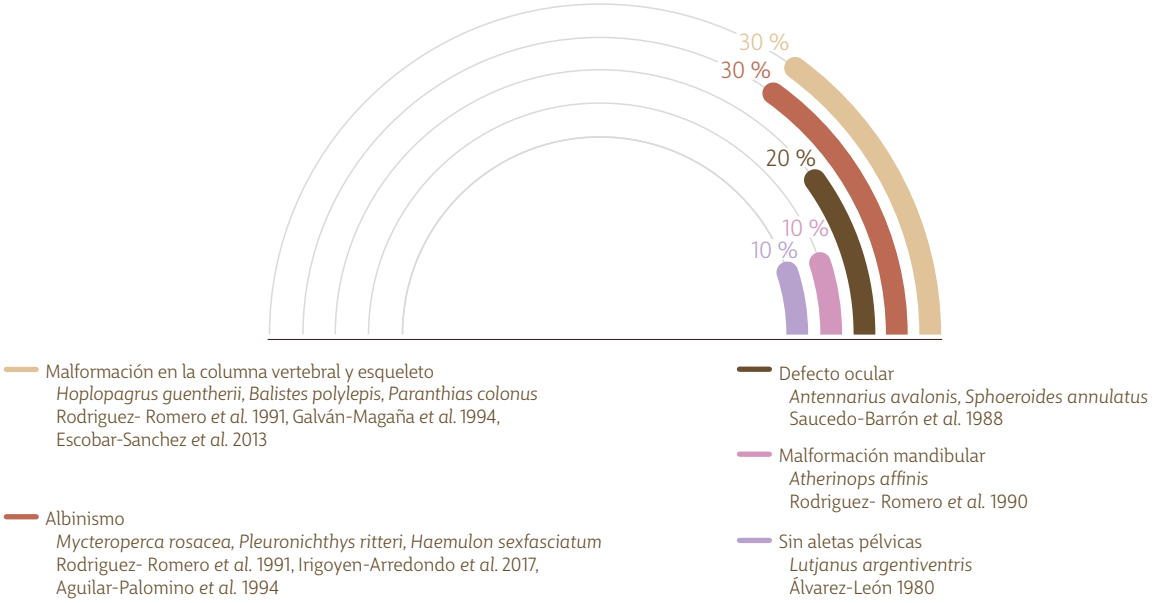


Figura 1. Proporción de malformaciones reportadas en peces óseos. Fuente: elaboración propia.

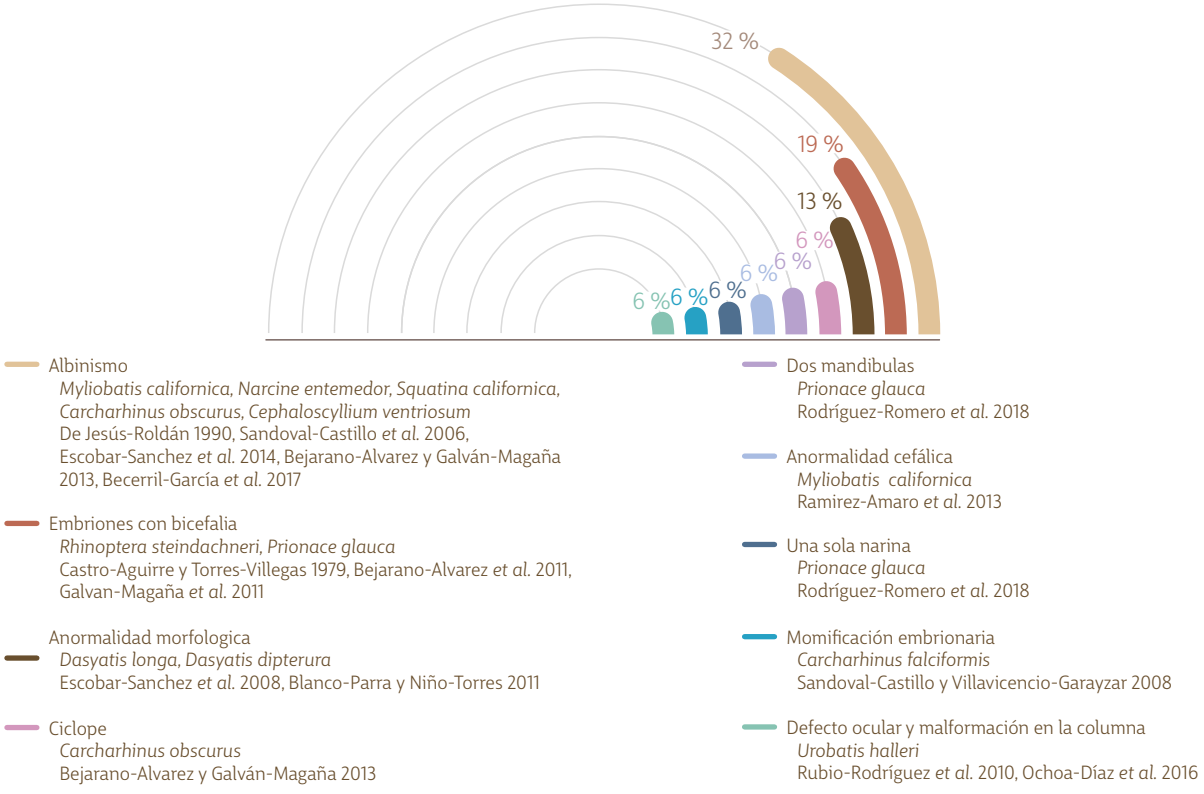


Figura 2. Proporción de malformaciones reportadas en elasmobranquios. Fuente: elaboración propia.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

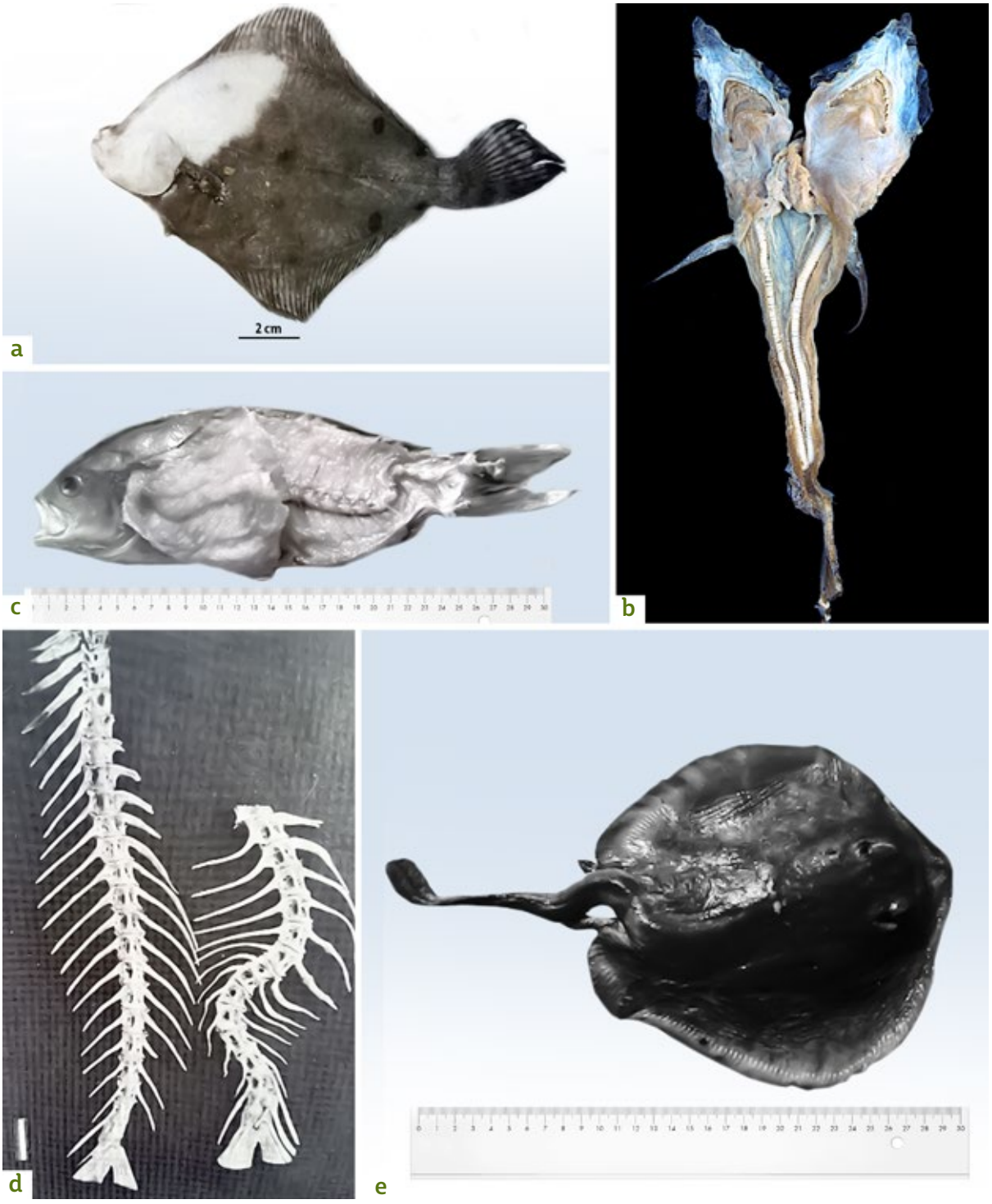


Figura 3. a) Falta de pigmentación en parte de la cabeza de la platija moteada (*Pleuronichthys ritteri*); b) embrión de tiburón azul (*Prionace glauca*) con dos cabezas (bicefalia); c) malformación en la columna vertebral de un pez sandía (*Paranthias colonus*); d) columna vertebral malformada de un individuo de pargo mulato (*Hoplopagrus guentherii*); e) desviación de la columna vertebral en la raya redonda (*Urobatis halleri*). Fotos: Jesús Rodríguez Romero 1991 (a), Ruth Ochoa Díaz y Jesús Rodríguez Romero 2018 (b), Jesús Rodríguez Romero 2001 (c), Felipe Galván 1994 (d), Jesús Rodríguez Romero y Ruth Ochoa Díaz 2016 (e).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

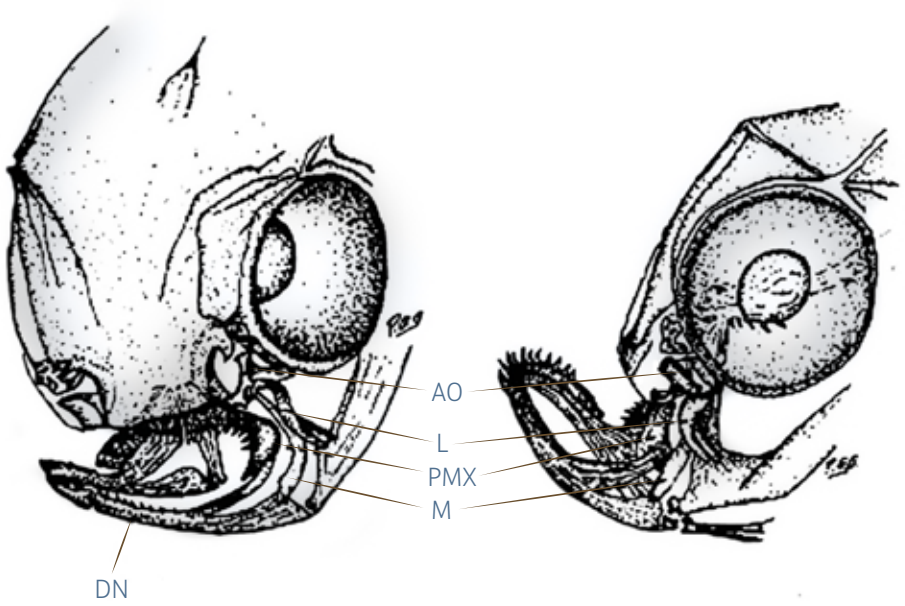


Figura 4. Estructuras óseas más afectadas del pez pejerrey (*Atherinops affinis*). AO: anteorbital; L: lacrimal; PMX: premaxilar; M: maxilar; DN: dentario. Ilustración: modificado de Rodríguez-Romero y González Ramírez 1990.

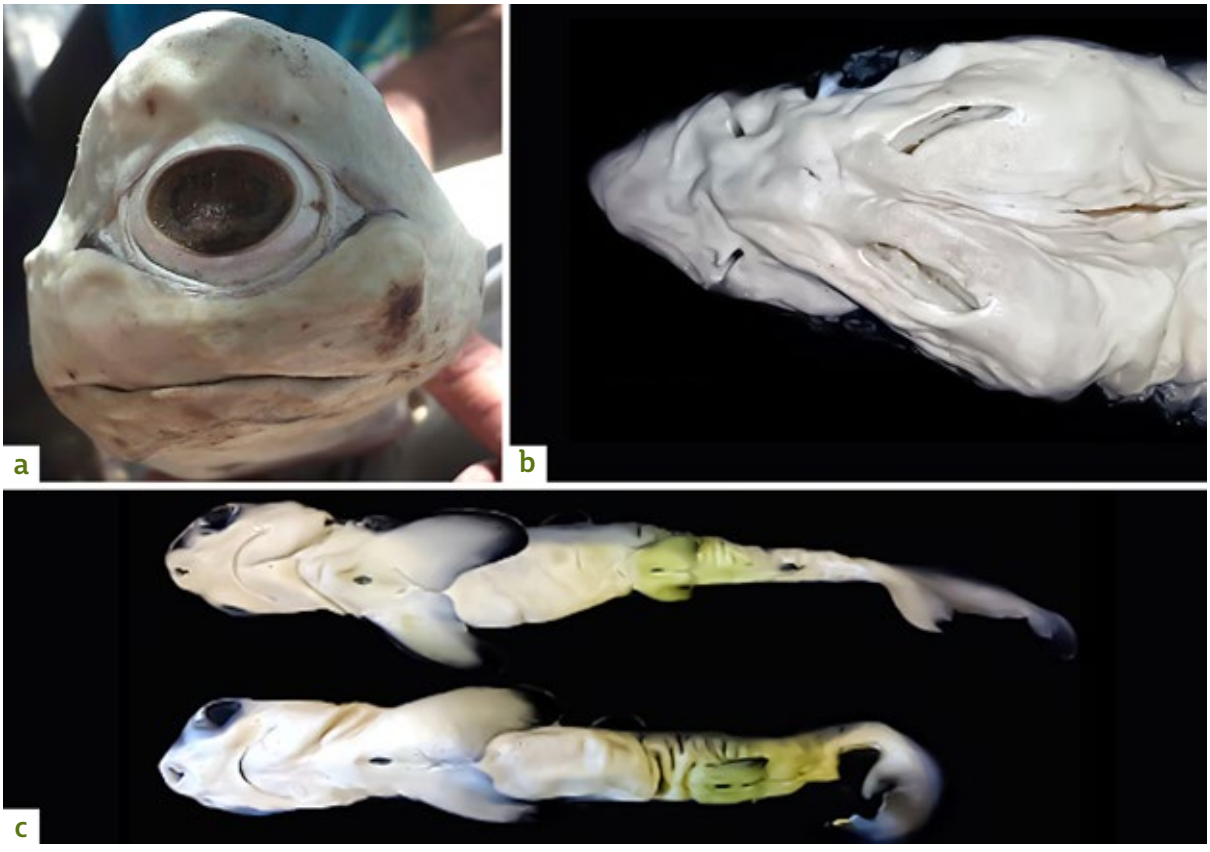


Figura 5. a) Tiburón arenero (*Carcharhinus obscurus*) con cíclopia; b) embrión de tiburón azul (*Prionace glauca*) con dos mandíbulas; c) dos embriones de tiburón azul (*P. glauca*) con una sola nariz. Fotos: Marcela Bejarano y Felipe Galván 2013 (a), Ruth Ochoa Díaz y Jesús Rodríguez Romero 2018 (b, c).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Conclusiones

Las malformaciones en peces es un tema biológico importante para conocer las posibles causas que las ocasionan, debido a que se han reportado miles de anormalidades en peces óseos y elasmobranquios en el mundo. Para el caso de Baja California Sur, las malformaciones en peces se han registrado en zonas someras, oceánicas y profundas, donde la mayor parte de las causas podrían ser atribuibles a alteraciones genéticas. Sin embargo, es importante desarrollar investigaciones más profundas sobre las posibles causas y sus efectos en los organismos. Algunos de estos causantes pueden ser la desnutrición durante su desarrollo, alteraciones al azar de genes, lesiones e inclusive exceso de embriones, entre otras. Por ello, se requiere desarrollar mejores medidas precautorias debido a que, de no hacerlo, se estarían invisibilizando muchos procesos que actualmente acontecen en los ecosistemas.

Agradecimientos

Agradecemos al barco Damasta y al pescador Antonio Simeón por la colecta de las muestras. Al Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C. y al Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas-IPN.

Referencias

Álvarez-León, R. 1980. A specimen of *Lutjanus argentiventris* (Peters) lacking pelvic fins. *Journal of Fish Biology* 16:563-564.

Ball, R.E., C.S. Jones, A. Lynghammar *et al.* 2013. The first confirmed cases of full albinism in rajid species. *Journal of Fish Biology* 82:1433-1440.

Becerril-García, E.E., E. Tamburin, R. González-Armas *et al.* 2017. First record of albinism in the swell shark, *Cephaloscyllium ventriosum* (Elasmobranchii: Carcharhiniformes: Scyliorhinidae). *Acta Ichthyologica et Piscatoria* 47:201-204.

Bejarano-Álvarez, O.M. y F. Galván-Magaña. 2013. First report of an embryonic dusky shark (*Carcharhinus obscurus*) with cyclopia and other abnormalities. *Marine Biodiversity Records* 6(e11):1-4.

Bejarano-Álvarez, O.M., F. Galván-Magaña y R.I. Ochoa-Báez. 2011. Further observations on foetal abnormalities in the blue shark *Prionace glauca* (Chondrichtyes: Carcharhinidae) from north-west México. *Marine Biodiversity Records* 4(e82):1-3.

Berzins, I.K., M. Walsh y M. Richards. 2002. Spinal deformities in captive sandtiger sharks (*Carcharias taurus*). En: *Proceedings of the 27th Annual Eastern Fish Health Workshop*. Mount Pleasant SC, EUA, pp.18-20.

Blanco-Parra, M.P. y C.A. Niño-Torres. 2011. Morphological abnormality in a diamond stingray, *Dasyatis dipterura* (Jordan & Gilbert, 1880) (Chondrichthyes: Dasyatidae), from the Gulf of California, Mexico. *Cahiers de Biologie Marine* 52:357-360.

Boglione, C., P. Gavaia, G. Koumoundouros *et al.* 2013. Skeletal anomalies in reared European fish larvae and juveniles. Part 1: normal and anomalous skeletogenic processes. *Reviews in Aquaculture* 5:S99-S120.

Castro-Aguirre, J.L. y J.R. Torres-Villegas.1979. Sobre un caso de bicefalia funcional en *Rhinoptera steindachneri* Evermann y Jenkins (Chondrichthyes, Elasmobranchii, Batoidea), capturado en la costa occidental de Baja California, México. *Ciencias Marinas* 6:27-41.

Clark, S. 2002. First report of albinism in the white-spotted bamboo shark, *Chiloscyllium plagiosum* (Orectolobiformes: Hemiscyllidae), with a review of reported color aberrations in elasmobranchs. *Zoo Biology* 21:519-524.

Cohen, J.L. 1973. An albino grey smoothhound *Mustelus californicus*, Gill. *California Fish and Game* 59:210-211.

Dawson, C.E. 1964. A bibliography of anomalies of fishes. *Gulf Research Reports* 1:308-399.

—. 1966. A bibliography of anomalies of fishes. Supplement 1. *Gulf Research Reports* 2:169-176.

—. 1971. A bibliography of anomalies of fishes. Supplement 2. *Gulf Research Reports* 3:215-239.

—. 1976. A bibliography of anomalies of fishes. Supplement 3. *Gulf Research Reports* 5:35-41.

De Jesús-Roldan, M. 1990. An albino bat ray *Myliobatis californica*, from the Pacific coast of Baja California Sur, Mexico. *California Fish and Game* 76:126-127.

De Lahunta, A. y E.N. Glass. 2009. *Veterinary neuroanatomy and clinical neurology*. Saunders/Elsevier, Missouri.

Delpiani, S.M., M.Y. Deli Antoni, S.A. Barbini *et al.* 2011. First record of a dicephalic specimen of tope *Galeorhinus galeus* (Elasmobranchii: Triakidae). *Journal of Fish Biology* 78:941-944.

Escobar-Sánchez, O., X.G. Moreno-Sánchez y M. Carrera-Fernández. 2013. Skeletal deformity in *Balistes polylepis*

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

(Balistidae) from the southern Gulf of California, Mexico. *Cahiers de Biologie Marine* 52:293-295.

Escobar-Sánchez, O., F. Galván-Magaña, C. Downton-Hoffmann *et al.* 2009. First record of a morphological abnormality in the long-tail stingray *Dasyatis longa* (Myliobatiformes: Dasyatidae) in the Gulf of California, Mexico. *Marine Biodiversity Records* 2(e26):1-3.

Escobar-Sánchez, O., X.G. Moreno-Sánchez, C.A. Aguilar-Cruz *et al.* 2014. First case of synophtalmia and albinism in the Pacific angel shark *Squatina californica*. *Journal of Fish Biology* 85:494-501.

Evangelista-Leal, M., U. Horst-Schulz, P. Lehmann-Albornoz *et al.* 2013. First record of partial albinism in two catfish species of Genidens (Siluriformes: Ariidae) in an estuary of Southern Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 56:237-240.

Galván-Magaña, F., O. Escobar-Sánchez y M. Carrera-Fernández. 2011. Embryonic bicephaly in the blue shark, *Prionace glauca*, from the Mexican Pacific Ocean. *Marine Biodiversity Records* 4:1-4.

Galván-Magaña, F., J. Rodríguez-Romero y L.A. Abitia-Cardenas. 1994. First record of abnormal vertebral column in the green bar snapper *Hoplopagrus guentheri* (Osteichthyes: Lutjanidae). *Revista de Biología Tropical* 4:388-389.

Heupel, M.R., C.A. Simpfendorfer y M.B. Bennett. 1999. Skeletal deformities in elasmobranchs from Australian waters. *Journal of Fish Biology* 54:1111-1115.

Hoare, D. 2009. First record of albinism in the lesser spotted dogfish *Scylirhinus canicula* (L. 1758) (Chondrichthyes Scyliorhinidae) and a review of albinism in the others elamosbranch. *Irish Naturalist Journal* 30:115-118.

Irigoyen-Arredondo, M.S., O. Escobar-Sánchez, L.A. Abitia-Cárdenas *et al.* 2017. Incidence of xanthism in the leopard grouper *Mycteroperca rosacea* (Perciformes: Serranidae) in the Gulf of California. *Marine Biodiversity* 48:2255-2258.

Mancini, P.L., A.L. Casas y A.F. Amorim. 2006. Morphological abnormalities in a blue shark *Prionace glauca* (Chondrichthyes: Carcharhinidae) *foetus* from southern Brazil. *Journal of Fish Biology* 69:1881-1884.

Ochoa-Díaz, M.R., J. Rodríguez-Romero, J. López-Martínez *et al.* 2016. First record of spine malformation of the round stingray *Urobatis halleri* off the Western Coast of Baja California Sur, Mexico. *Marine Biodiversity Records* 9(70):1-5.

Preziosi, R., S. Gridelli, P. Borghetti *et al.* 2006. Spinal deformity in a sandtiger shark, *Carcharias taurus* Rafinesque: a clinical-pathological study. *Fish Diseases* 29:49-60.

Ramírez-Amaro, S.R., G. González-Barba, F. Galván-Magaña *et al.* 2013. First record of abnormal cephalic horns in the California bat ray *Myliobatis californica*. *Marine Biodiversity Records* 6(e24):1-4.

Reum, J.C.P., C.E. Paulsen, T.W. Pietsch *et al.* 2008. First record of an albino chimaeriform fish, *Hydrolagus colliei*. *Northwestern Naturalist* 89:60-62.

Rodríguez-Romero, J., L.A. Abitia-Cardenas, F. Galván-Magaña. 1991. First record of partial ambicoloration in spotted turbot (*Pleuronichthys ritteri*). *California Fish and Game* 77(4):212-213.

Rodríguez-Romero, J., R. Ramírez-Sevilla y G. Nuñez-Márquez. 1990. Deformación de la boca en un juvenil de *Atherinops affinis* (Ayres) (Pisces: Atherinidae) desarrollado en laboratorio. *Investigaciones Marinas* CICIMAR 5:143-146.

Rodríguez-Romero, J., L. Cárdenas, J.C. Pérez-Urbiola *et al.* 2001. A spinal column malformation in the creolefish *Paranthias colonus* (Osteichthyes:Serranidae). *Revista de Biología Tropical* 49:1267-1268.

Rodríguez-Romero, J., A. De La Cruz-Simeón, M.R. Ochoa-Díaz *et al.* 2018. New report of malformations in blue shark embryos (*Prionace glauca*) from the western coast of Baja California Sur. *Journal of Marine Biological Association of the United Kingdom* 99(2):497-502.

Rubio-Rodríguez, U., J.A. Navarro-González y F. Vergara-Solana. 2011. First record of black mucus and ocular malformations in the round stingray *Urobatis halleri* (Rajiformes: Urotrygonidae) at the southern Gulf of California, Mexico. *Marine Biodiversity Records* 3:1-3.

Sandoval-Castillo, J., E. Mariano-Meléndez y C.J. Villavicencio-Garayzar. 2006. New records of albinism in two elasmobranchs: the tiger shark *Galeocerdo cuvier* and the giant electric ray *Narcine entemedor*. *Cybium* 30:191-192.

Saucedo-Barrón, C.J., H. Chávez y F. Galván-Magaña. 1988. Observación de ejemplares con defectos oculares de *Antennarius avalonis* Jordan y Starks, *Sphoeroides annulatus* (Jenyns) y *Diodon holocanthus* Linnaeus (Pisces: Antennariidae, Tetraodontidae y Diodontidae), colectados en Baja California Sur. *Ciencias Marinas* 14:113-124.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Peces de oasis

Gorgonio Ruiz Campos, Adrián Felipe González Acosta, Hortencia Obregón Barboza,
Eduardo Francisco Balart Páez, Faustino Camarena Rosales y Lucía Campos Dávila

Introducción

Aunque Baja California Sur se tipifica como una región árida y con escasas corrientes fluviales de tipo perenne en sus vertientes (Pacífico y golfo de California; Tamayo 1962), existen numerosos cuerpos de agua permanentes conocidos como oasis o aguajes, los cuales constituyen verdaderas reliquias de ecosistemas de tipo mesófilo con afinidad subtropical (Axelrod 1948, 1979, Grismer y McGuire 1993). Estos oasis junto con otros cuerpos de agua de tipo superficial o epicontinental (arroyos, ríos y embalses) son habitados por una variedad de peces con diferentes historias ecológicas y evolutivas, que diversificaron las aguas superficiales durante la evolución tectónica y climática del macizo peninsular.

Los oasis sudcalifornianos fueron escenarios de endemismos autóctonos de especies como la sardinilla (*Fundulus lima*) y la cucharita (*Gobiesox juniperoserrai*), o de eventos de colonización de los ríos por especies marinas como los eleótridos *Gobiomorus maculatus*, *Dormitator latifrons* y *Eleotris picta*, con capacidad eurihalina (amplio intervalo de tolerancia a la salinidad) durante periodos de altos flujos (Follett 1960, Ruiz-Campos *et al.* 2003, Bernardi *et al.* 2007, Ruiz-Campos 2012).

En cuanto al origen de los peces en las aguas continentales estrictamente dulceacuícolas en el estado (>1 UPS o partes por mil de salinidad), basado en su tolerancia a la salinidad, destaca la ausencia de especies dulceacuícolas de tipo primario (aquellas que son exclusivas de agua dulce) o secundario (que pueden tolerar el agua marina en periodos cortos de tiempo), lo cual representa un fenómeno vinculado a procesos multifactoriales. Entre estos factores se encuentran: a) la discontinuidad hidrológica histórica de los arroyos del sur de California y del norte de la Península de Baja California durante la glaciación del Pleistoceno tardío; b) la aridez prevaleciente desde el inicio del Holoceno y lo abrupto de gran parte de la costa oriental, que evita la formación de lagunas costeras y frena la dispersión de peces por vía estuarina a lo largo de la costa peninsular; c) la dispersión de los peces hacia aguas interiores; y d) la inminente barrera que representa el golfo de California para la entrada de peces dulceacuícolas procedentes del macizo continental.

El número actual de especies de peces que habitan en las aguas dulces sudcalifornianas, se basa en registros de recolecta del periodo 1991-2017, aunado a la revisión exhaustiva de registros en la literatura, así como de especímenes *voucher* o testigo deposi-

Ruiz-Campos, G., A.F. González-Acosta, H. Obregón-Barboza, E.F. Balart, F. Camarena-Rosales y L. Campos-Dávila. 2025. Peces de oasis. En: *La biodiversidad en Baja California Sur. Estudio de Estado*. Vol. II. CONABIO/FFB, México, pp. 407-417.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

tados en colecciones nacionales y del extranjero. De esta forma, Baja California Sur presenta 29 especies (27 identificadas, apéndice 37), de las cuales 21 son nativas y 8 exóticas (Ruiz-Campos *et al*. 2003, 2014a).

Estudios de la ictiofauna

El archivo histórico referente a los peces de las aguas dulces sudcalifornianas fue escaso y discontinuo hasta inicios del siglo XXI (cuadro 1), hecho que contrasta con el conocimiento que se ha generado para otras regiones del norte de México (Norris y Castro-Aguirre 2005) con cercanía a la frontera con los Estados Unidos de América, en las cuencas hidrológicas compartidas entre ambas naciones, como es el caso de las relativas a los ríos Colorado y Bravo. Por lo anterior, el número actual de peces en Baja California Sur es bastante menor si se compara con otras entidades del noroeste del país, como Sonora que cuenta con 79 especies, de las cuales 53 son nativas y 26 exóticas (Varela-Romero y Hendrickson 2010). El número de especies dulceacuícolas nativas registradas para el estado representa 4.2% de la riqueza a nivel nacional (Espinosa-Pérez 2014).

Consideraciones biogeográficas y ecogeográficas

La ictiofauna que habita en las aguas dulces de la entidad se compone en su mayoría de elementos de derivación marina (aquellos originados a partir de ancestros marinos) y de naturaleza eurihalina o de amplia capacidad de tolerancia a la salinidad (Follett 1960, Miller 1966, Castro-Aguirre *et al*. 1999, Ruiz-Campos *et al*. 2003), con solo dos casos de endemismos autóctonos (*F. lima* y *G. juniperoserrai*) que ejemplifican a especies que se originaron en la región que actualmente ocupan. Los peces marinos eurihalinos que son llamados aquí peces periféricos, históricamente han colonizado o incursionado en las aguas continentales sudcalifornianas a través de dispersión fluvial, posiblemente después de la última glaciación (Ruiz-Campos 2012). Este conjunto está localmente representado por miembros de la familia Eleotridae (*D. latifrons*, *G. maculatus* y *E. picta*) y Gobiidae (*Awaous transandeanus* y *Ctenogobius sagittula*), los cuales cuentan con poblaciones complementarias establecidas en los oasis y arroyos del estado, debido a la ausencia de peces dulceacuícolas primarios y secundarios (Myers 1938, 1951, Follett 1960, Ruiz-Campos *et al*. 2003).

Cuadro 1. Antecedentes referentes a los peces de las aguas dulces en Baja California Sur.

Autor	Año	Principales aportaciones
León Diguet	1892	Primeros registros de peces dulceacuícolas (Vaillant 1894), reporta 37 especies; dos de ellas nuevas: el fundúlido endémico o sardinilla (*Fundulus lima*) y la lisa de montaña (*Dajaus monticola*; Follett 1960)
Edward W. Nelson	1896 a 1902	Explora y recolecta ejemplares de peces en diferentes puntos de la península; con este material Barton W. Evermann describe la sardina *Fundulus meeki* del oasis del río San Ignacio (Evermann 1908), ahora sinónimo de la sardinilla peninsular (*F. lima*; Myers 1930)
Cloudsley Rutter	1896	Reporta varias especies de peces en ambientes de agua dulce de las desembocaduras de los ríos Mulegé y San José del Cabo; destaca el registro de *Siphostoma starksii* (= *Pseudophallus starksii*) en el arroyo San José del Cabo (Rutter 1896)
Wilbur Irving Follett	1960	Reporta un total de 21 especies nativas en las aguas dulces en el estado (Follett 1960), con base en registros de unas cuantas localidades y con nula representación de las cuencas que drenan al Pacífico entre Ciudad Constitución y La Paz
Gorgonio Ruiz-Campos y Salvador Contreras-Balderas	1987	Aportan registros para 21 especies a partir de 8 localidades muestreadas a lo largo del territorio peninsular en 1977 (Ruiz-Campos y Contreras-Balderas 1987)
Gorgonio Ruiz Campos	2014	Documenta un total de 29 especies (21 nativas y 8 exóticas) para las aguas dulces en la entidad, con base en registros de recolecta (1991-2011), la literatura y revisiones en colecciones nacionales y del extranjero (Ruiz-Campos *et al*. 2014a)

Fuente: elaboración propia.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Desde el punto de vista biogeográfico, cerca de 80% de las especies que habitan las aguas continentales en la entidad son de afinidad tropical, con dos casos de exclusividad o endemismos: la sardinilla peninsular (*F. lima*) y el pez cucharita bajacaliforniano (*G. juniperoserrai*). Se asume que la primera derivó de la forma costera eurihalina *Fundulus parvipinnis brevis*, que es una especie con distribución desde el sur de Punta Eugenia a bahía Magdalena (Camarena-Rosales *et al.* 2001); mientras que el pez cucharita, tuvo su probable origen durante el Mioceno, cuando la Península de Baja California se separó del macizo continental debido a eventos tectónicos (Espinosa-Pérez y Castro-Aguirre *et al.* 1996).

Características de los ambientes dulceacuícolas

La entidad se divide en cuatro regiones hidrológicas (RH) que se distinguen de acuerdo con las características fisiográficas y climáticas de las ecorregiones donde se ubican (cuadro 2, figura 1; INEGI 1996). Los sistemas de oasis en el estado presentan salinidades de 0.1 a 4.3 UPS, y se incrementan de acuerdo con su cercanía al mar; el gradiente es más evidente durante la época seca, cuando el flujo del río disminuye y se forman pozas aisladas que son mantenidas por la exudación del manto freático.

Es en la época de huracanes cuando el nivel de inundación se incrementa y se conectan nuevamente las pozas, para generar un efecto de dilución de las sales. Existe una localidad en la cuenca del río Las Pocitas (Pozas del Vado) con una salinidad muy alta (8 UPS) debido a la disolución de la caliza del sustrato con alto contenido de sales (Ruiz-Campos 2012). En la época de lluvias, cuando los ríos se conectan con el mar, existe incursión de especies eurihalinas como mugílidos (*Mugil cephalus* y *Mugil curema*) y eleótridos (*Dormitator latifrons*, *Gobiomorus maculatus* y *Eleotris picta*) río arriba, las cuales permanecen en las pozas aisladas que se forman durante el periodo de estiaje.

Los valores de potencial de hidrógeno (pH) registrados en los cuerpos de agua estudiados, son en su mayoría ligeramente alcalinos (entre 7 y 9), aunque hay sitios en las cuencas de los ríos San Luis y Las Pocitas que alcanzan valores mayores de 9 unidades. El pH también varía de acuerdo con el contenido de sales y los cambios de volumen de agua; así en la época seca, este parámetro aumenta (es decir, el pH se vuelve más alcalino) por la concentración de las sales y disminuye (lo que significa que el pH se vuelve más ácido) en la época de lluvias.

En cuanto a la vegetación ribereña en los cuerpos de agua dulce del estado, ésta se compone de 11 especies nativas y 5 exóticas (cuadro 3; Arriaga *et al.* 1997, Ruiz-Campos *et al.* 2014b). En los cuerpos de agua se encuentran plantas sumergidas o flotantes como *Ceratophyllum demersum*, *Chara* spp., *Potamogeton illinoensis*, *Echinodorus berteroi* e *Hydrocotyle umbellata*, las cuales sirven como refugio y área de forrajeo para especies que se alimentan de organismos asociados a las estructuras de las plantas.

Cuadro 2. Características de las regiones hidrológicas dentro de la entidad.

Región hidrológica (RH)	Extensión (km²)	Características generales
RH2 Centro-Oeste (Vizcaíno)	25 892.01	Se ubica en la porción norte del estado desde la latitud 28° hasta la población de Cadejé; la representan dos cuencas: Batequi y San Ignacio (figura 2a)
RH3 Sur-Oeste (desde San Juanico hasta Cabo Falso)	28 470.00	Constituye la RH de mayor extensión, posee siete cuencas: Comondú, La Purísima (figura 2b), Las Pocitas (figura 2c), San Hilario, Santa Rita (figura 2d), Santo Domingo y Todos Santos
RH5 Centro-Este (parte noreste de la vertiente hasta golfo de California)	4 927.72	Es la más pequeña de las regiones hidrológicas del estado, con tres cuencas: Boca de Magdalena, La Trinidad y Mulegé (figura 2e)
RH6 Sur-Este (extremo sureste de la vertiente hasta golfo de California)	6 922.50	Las corrientes se originan en las sierras La Laguna, San Lorenzo y La Victoria, son principalmente efímeras y torrenciales, e incluye a las cuencas de Buenos Aires-La Bocana, La Tinaja, San Bartolo, San José (figura 2f) y Tecolotes

Fuente: elaboración propia.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

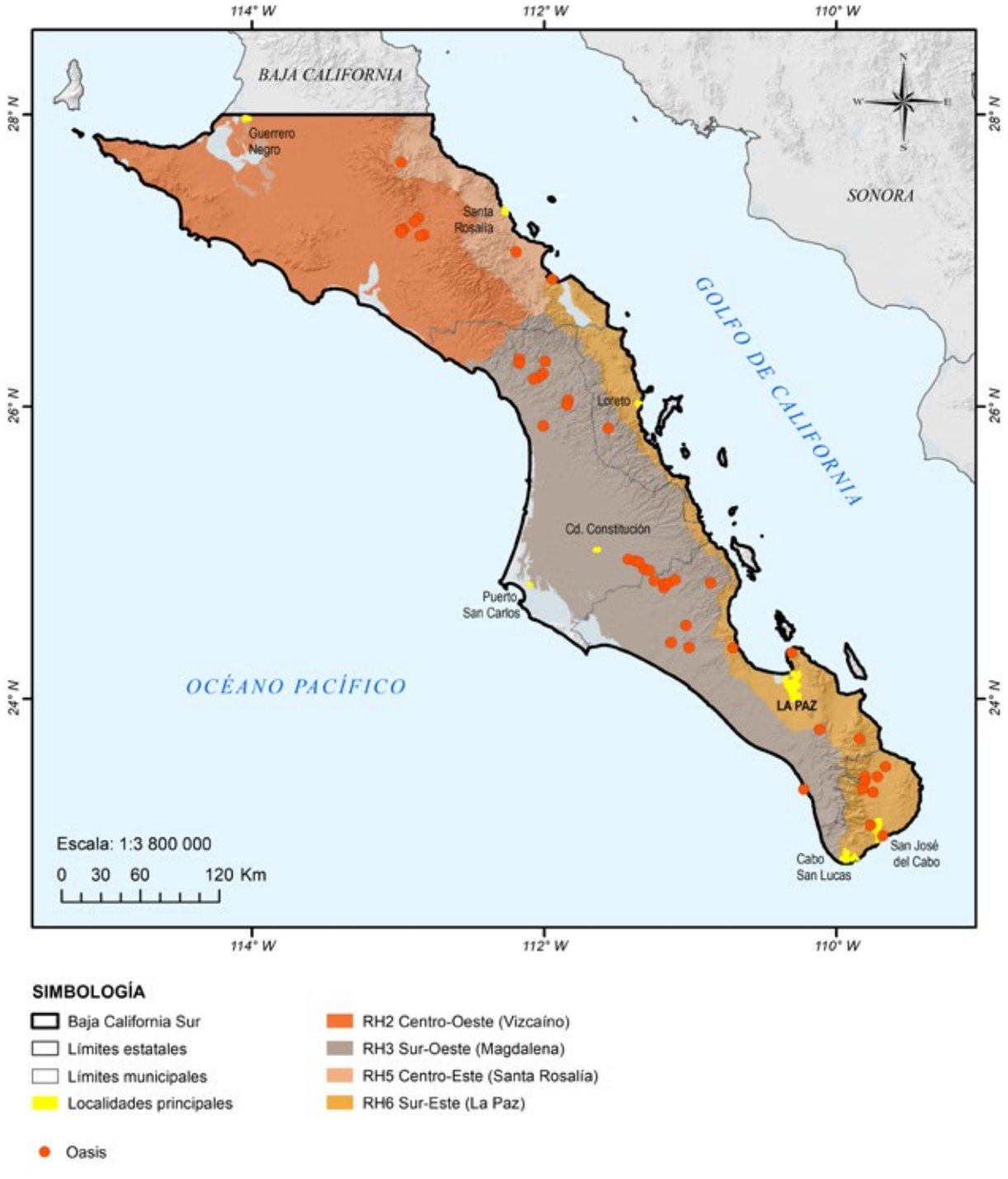


Figura 1. Regiones hidrológicas (RH) de Baja California Sur y ubicación de los oasis con presencia de peces. Fuente: elaboración propia con datos de Ruiz-Campos *et al.* 2014a.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Figura 2. Oasis en las diferentes regiones hidrológicas del estado: a) oasis San Sabas (cuenca San Ignacio); b) Presa Carambuche (cuenca La Purísima); c) oasis El Caracol (cuenca Las Pocitas); d) río Mulegé (cuenca Mulegé); e) oasis Las Cuerdas (cuenca Santa Rita); f) oasis San José del Cabo (cuenca San José). Fotos: Gorgonio Ruiz-Campos.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Cuadro 3. Vegetación ribereña en los cuerpos de agua dulce del estado.

Familia	Especie	Nombre común	Tipo de distribución
Arecaceae	*Washingtonia robusta*	Palma real	Nativa
	Phoenix dactylifera	Palma datilera	Exótica
Typhaceae	*Typha domingensis*	Espadaña tropical	Nativa
Cyperaceae	*Schoenoplectus californicus*	Junco	Nativa
Juncaceae	*Juncus acutus*	Junco espinoso	Nativa
Poaceae	*Arundo donax*	Carrizo	Exótica
	Phragmites australis	Carricito	Nativa
Fabaceae	*Acacia brandegeana*	Teso	Nativa
	A. farnesiana	Vinorama	Exótica
	Prosopis articulata	Mezquite amargo	Nativa
	P. palmeri	Mezquite	Nativa
	Pithecellobium dulce	Guamúchil	Exótica
Salicaceae	*Salix laevigata*	Sauz	Nativa
	S. bonplandiana	Sauce	Nativa
	Populus brandegeei	Álamo	Nativa
Tamaricaceae	*Tamarix ramosissima*	Pino salado	Exótica

Fuente: elaboración propia.

Especies y su distribución por región hidrológica

RH2 Centro-Oeste (Vizcaíno)

Esta región se tiene un total de seis especies. Tres exóticas están presentes en la cuenca de Batequí (*Poecilia reticulata*, *Xiphophorus hellerii* y *Coptodon* cf. *zillii*; figura 3); seis en la cuenca de San Ignacio, de las cuales cinco son exóticas (*P. reticulata*, *X. hellerii*, *Gambusia affinis*, *Cyprinus carpio* y *C.* cf. *zillii*) y una nativa (*F. lima*; Ruiz-Campos *et al.* 2003, 2014a, b).

RH3 Sur-Oeste (Magdalena)

Es la más extensa, es relativamente abundante con 19 especies, de las cuales destacan dos endémicas (*F. lima* y *G. juniperoserrai*); asimismo, están presentes seis periféricas o de afinidad marina (*D. monticola, D. latifrons, E. picta, G. maculatus, A. transandeanus* y *M. cephalus*) y seis exóticas (*Poecilia butleri, P. reticulata, X. hellerii, X. maculatus, C.* cf. *zillii* y *Oreochromis* cf. *aureus*; Ruiz-Campos 2012, Ruiz-Campos *et al.* 2014a).

La cuenca de Las Pocitas sobresale por el mayor número de especies (13); mientras que en otras cuencas el número de especies oscila entre una en San Hilario y cuatro en Santo Domingo y Santa Rita (cuadro 4). La cuenca de Todos Santos (San Pedrito) contiene una sola forma exótica (*P. butleri*; Maeda-Martínez *et al.* 2012), debido a que el resto de las especies registradas son de afinidad marino-eurihalina (Ruiz-Campos 2012).

RH5 Centro-Este (Santa Rosalía)

Es la región de menor extensión, y en sus tres cuencas se registra la presencia de la especie exótica *P. reticulata*; adicionalmente en la cuenca Boca de Magdalena se registra *Coptodon* cf. *zillii* (exótica). En el río Mulegé (aguas abajo de la cortina frente a la misión) se cuenta con 12 especies nativas de naturaleza marina eurihalina (*Harengula thrissina*, *Lile stolifera*, *Gerres cinereus*, *Centropomus nigrescens*, *Lutjanus argentiventris*, *L. novemfasciatus*, *D. latifrons*, *E. picta*, *Ctenogobius sagittula*, *Citharichthys gilberti*, *Pleuronichthys guttulatus* y *Achirus mazatlanus*; Ruiz-Campos *et al.* 2014b).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Figura 3. Especies nativas (a-e) y exóticas (f-j) de las aguas continentales de Baja California Sur. a) *Fundulus lima*; b) *Awaous transandeanus;* c) *Dormitator latifrons*; d) *Gobiomorus maculatus*; e) *Dajaus monticola*; f) *Cyprinus carpio*; g) *Poecilia butleri*; h) *Poecilia reticulata*; i) *Xiphophorus hellerii*; j) *Coptodon* cf. *zillii*. Fotos: Gorgonio Ruiz-Campos.

RH6 Sur-Este (La Paz)

En esta región hay una especie registrada (*Pseudophallus starksii*) que pertenece al componente vicario,[1] cuatro al exótico (*P. reticulata*, *X. maculatus*, *G. affinis* y *C.* cf. *zillii*) y cinco al periférico (*D. latifrons*, *G. maculatus*, *E. picta*, *A. transandeanus* y *D. monticola*; Ruiz-Campos 2012, Maeda-Martínez *et al.* 2012, Ruiz-Campos *et al.* 2014a, b). La mayor diversidad se presenta en la cuenca San José, particularmente en el arroyo San José del Cabo. En otros arroyos de esta misma cuenca, más allá de sus cabeceras, sus flujos son estacionales

1 Especies que tienen un ancestro de origen marino pero que han evolucionado sus características en el agua dulce.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

o intermitentes, por lo que la diversidad de especies es baja y dominada por exóticas como *G. affinis*, *P. reticulata* y *C.* cf. *zillii*.

Efectos de peces exóticos sobre la ictiofauna nativa

La presencia de peces exóticos en las aguas interiores de Baja California Sur, fue inicialmente registrada por Ruiz-Campos y Contreras-Balderas (1987), con los poecílidos *P. reticulata* y *X. maculatus*, en localidades de la porción sur del estado. Durante la implementación del Programa Nacional de Piscicultura Rural en la década de los setenta, se introdujeron la carpa espejo (*Cyprinus carpio*) y las tilapias de los géneros *Coptodon* y *Oreochromis* en los oasis de San Ignacio y La Purísima, respectivamente. Las eventuales introducciones de tilapia en otros cuerpos de agua, a través de los programas de extensionismo acuícola o por los mismos lugareños, dio como resultado su rápida diseminación en casi todos los oasis en el estado (Ruiz-Campos *et al.* 2014a).

El número actual de especies de peces exóticos en los sistemas de aguas continentales del estado asciende a ocho (cuadro 4), de las cuales, el guppy (*P. reticulata*) y la tilapia panza roja (*C.* cf. *zillii*) son de amplia distribución. Las tilapias panza roja y azul (*O.* cf. *aureus*), actualmente son fuertes competidores para la sardinilla peninsular (*F. lima*), endémica en gran parte de su ámbito de distribución (Ruiz-Campos *et al.* 2014a, c). Además, se cuenta con casos de extirpación confirmada en los oasis de San Javier, San Pedro de la Presa, misión de San Luis Gonzaga, El Frijolito y Las Cuerdas; y en la cuenca del río San Ignacio, por efecto competitivo con la tilapia introducida en 1996, su abundancia se redujo sustancialmente en los últimos 20 años (Ruiz-Campos 2012, Ruiz-Campos *et al.* 2014b, c). En 2017, se encontró una baja incidencia en localidades donde su distribución era abundante tres lustros atrás (Ruiz-Campos *et al.* 2006, Meza-Matty 2017).

En el sur de la península existe otro poecílido exótico (*P. butleri*), con un alto potencial de expansión, cuya primera presencia se reportó en los esteros de la bahía de La Paz (Palacios-Salgado *et al.* 2011), y subsecuentemente se encontró en las cuencas de San José del Cabo, Todos Santos y Pescadero (Maeda-Martínez *et al.* 2012).

Desafortunadamente, ningún programa federal o estatal de conservación se ha enfocado en la recuperación de las poblaciones de peces nativos de los sistemas de oasis, y tampoco se fomentan debidamente actividades para el control de especies exóticas. Por ello, se deben establecer de manera permanente programas de erradicación o control de peces exóticos en las seis cuencas de distribución del pez endémico *F. lima* (cuadro 4). Con esta acción se fomentará la recuperación de sus poblaciones en peligro de extinción, especialmente en la localidad tipo (manantial oasis de San Ignacio) donde la especie se encuentra casi extirpada (Ruiz-Campos *et al.* 2014c, Castro-Aguirre *et al.* 2016) y existe el mayor número de especies exóticas (5) en todo el estado, por introducciones deliberadas a través de programas de piscicultura rural (*C. carpio*, *C.* cf. *zillii*) y por acuarismo (*X. hellerii*, *P. reticulata*, *G. affinis*).

Conclusiones y recomendaciones

La ictiofauna dulceacuícola de Baja California Sur está compuesta por 29 especies (21 nativas y 8 exóticas, apéndice 37), agrupadas en 24 géneros y 16 familias. La RH3 Sur-Oeste (Magdalena) es la más extensa y con un importante número de especies nativas registradas (13), donde destacan dos endémicas (*Fundulus lima* y *Gobiesox juniperoserrai*). La mayoría de las especies que habitan en las aguas dulces estatales son de derivación marina, de naturaleza eurihalina y 80% son de afinidad tropical.

Se registran ocho especies de peces exóticos en las aguas continentales estatales, de la cuales *Poecilia reticulata* y *Coptodon* cf. *zillii* son de amplia distribución y alto nivel de invasión; por ello, es urgente desarrollar programas permanentes de erradicación y/o control de peces exóticos en las cuencas de distribución del pez endémico en peligro de extinción, *F. lima*. Dicha atención se requiere de forma inmediata en la localidad tipo (manantial oasis de San Ignacio) y en otros sitios de extirpación. En el contexto social, la participación de los pobladores de los oasis es fundamental para el cuidado y uso sustentable de los recursos y servicios ecosistémicos que los oasis proveen, así como dimensionar el valor histórico-cultural que representan estos ecosistemas que han sido las fuentes de las misiones sudcalifornianas.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Cuadro 4. Distribución de peces nativos y exóticos en Baja California Sur.

Familia	Especie	Cuencas hidrológicas															
		RH2	RH 2	RH 3	RH 3	RH 3	RH 3	RH 3	RH 3	RH 3	RH 5	RH 5	RH 5	RH6	RH6	RH6	RH6	RH6
		BT	SI	CO	PU	PO	SH	SR	SD	TS	BM	LT	MU	BA*	TI*	SB*	SJ	TE
Nativos																		
Clupeidae	*Harengula thrissina*									●			●				●	
	Lile stolifera												●					
Gobiesocidae	*Gobiesox juniperoserrai*					●												
Fundulidae	*Fundulus lima*		●	●	●	●		●	●									
Syngnathidae	*Pseudophallus starksii*																●	
Centropomidae	*Centropomus nigrescens*												●				●	
	C. viridis				●													
Lutjanidae	*Lutjanus argentiventris*									●			●				●	
	L. novemfasciatus									●			●				●	
Gerreidae	*Gerres cinereus*												●				●	
Mugilidae	*Dajaus monticola*					●											●	
	Mugil cephalus					●											●	
	M. curema									●							●	
Eleotridae	*Dormitator latifrons*					●				●			●				●	
	Eleotris picta					●							●				●	
	Gobiomorus maculatus					●				●							●	
Gobiidae	*Awaous transandeanus*					●				●							●	
	Ctenogobius sagittula												●					
Paralichthyidae	*Citharichthys gilberti*												●				●	
Pleuronectidae	*Pleuronichthys guttulatus*												●					
Achiridae	*Achirus mazatlanus*												●					
Exóticos																		
Cyprinidae	*Cyprinus carpio*		●															
Poeciliidae	*Gambusia affinis*		●														●	●
	Poecilia butleri									●								
	P. reticulata	●	●	●	●	●	●	●	●		●	●	●					●
	Xiphophorus maculatus					●		●										●
	X. hellerii	●	●			●												
Cichlidae	*Coptodon* cf. *zillii*	●	●	●	●	●		●	●		●						●	●
	Oreochromis cf. *aureus*					●			●									

Nota: las 29 especies de peces (21 nativas y 8 exóticas) comprenden 16 familias y 24 géneros, y se encuentran temporal o permanente en las aguas dulces del estado. BT: Batequi, SI: San Ignacio, CO: Comondú, PU: La Purísima, PO: Las Pocitas, SH: San Hilario, SR: Santa Rita, SD: Santo Domingo, TS: Todos Santos, BM: Boca de Magdalena, LT: La Trinidad, MU: Mulegé, BA: Buenos Aires-La Bocana, LT: La Tinaja, SB: San Bartolo, SJ: San José, TE: Tecolotes. *Sin registro de especímenes. Fuente: Ruiz-Campos *et al.* 2003, 2014a, Ruiz-Campos 2012.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Referencias

Arriaga, L., S. Díaz, R. Domínguez *et al.* 1997. Composición florística y vegetación. En: *Los oasis de la Península de Baja California*. L. Arriaga y R. Rodríguez-Estrella (eds.). CIBNOR, La Paz, pp. 69-106.

Axelrod, D.I. 1948. Climate and evolution in western North America during middle Pliocene time. *Evolution* 2:127-144.

—. 1979. Age and origin of Sonoran Desert vegetation. *Occasional Papers of the California Academy of Sciences* 132:1-74.

Bernardi, G., G. Ruiz-Campos y F. Camarena-Rosales. 2007. Genetic isolation and evolutionary history of oases populations of the Baja California killifish *Fundulus lima*. *Conservation Genetics* 8:547-554.

Camarena-Rosales, F., J. De La Rosa-Vélez, G. Ruiz-Campos *et al.* 2001. Biometric and allozymic characterization of three coastal and inland killifish populations (Pisces: Fundulidae) from the Peninsula of Baja California, México. *International Review of Hydrobiology* 86:229-240.

Castro-Aguirre, J.L., H.S. Espinosa-Pérez y J.J. Schmitter-Soto. 1999. *Ictiofauna estuarina-lagunar y vicaria de México*. Noriega-Limusa, México.

Castro-Aguirre, J.L., G. Ruiz-Campos y A. Varela-Romero. 2016. *Fundulus lima* Vaillant, 1894. Sardinilla peninsular, Baja killifish. En: *Los peces dulceacuícolas de México en peligro de extinción*. G. Ceballos, E. Díaz-Pardo, L. Martínez-Estévez y H. Espinosa-Pérez (coords.). FCE, México, pp. 371-374.

Espinosa-Pérez, H. 2014. Biodiversidad de peces en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* supl. 85:450-459.

Espinosa-Pérez, H. y J.L. Castro-Aguirre. 1996. A new freshwater clingfish (Pisces: Gobiesocidae) from Baja California Sur, México. *Bulletin of the Southern California Academy of Sciences* 95:120-126.

Evermann, B.W. 1908. Descriptions of a new species of trout (*Salmo nelsoni*) and a new cyprinodont (*Fundulus meeki*) with notes on other fishes from lower California. *Proceedings of the Biological Society of Washington* 21:19-30.

Follett, W.I. 1960. The freshwater fishes: their origins and affinities. Symposium on biogeography of Baja California and adjacent seas. *Systematic Zoology* 9:212-232.

Grismer, L.L. y J.A. McGuire. 1993. The oases of central Baja California, México. Part I. A preliminary account of the relict mesophilic herpetofauna and the status of the oases. *Bulletin of the Southern California Academy of Sciences* 92:2-24.

INEGI. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 1996. *Estudio hidrológico del estado de Baja California Sur, México*. INEGI, México.

Maeda-Martínez, A.M., H. Obregón-Barboza, E.F. Balart *et al.* 2012. Fauna acuática. En: *Evaluación biológica y ecológica de la Reserva de la Biosfera Sierra La Laguna, Baja California Sur: avances y retos*. A. Ortega-Rubio, M. Lagunas-Vasques y L. Beltrán-Morales (eds.). CIBNOR, La Paz, pp. 133-150.

Meza-Matty, I.A. 2017. *Propuesta de plan de manejo de la sardinilla peninsular (Fundulus lima) en los oasis de la cuenca del río* San Ignacio, Baja California Sur, México. Tesis de maestría. Facultad de Ciencias-UABCS, Baja California Sur.

Miller, RR. 1966. Geographical distribution of Central American freshwater fishes. *Copeia* 1966:773-802.

Myers, G.S. 1930. The killifish of San Ignacio and the stickleback of San Ramon, lower California. *Proceedings of the California Academy of Sciences* 19:95-104.

—. 1938. Fresh-water fishes and West Indian zoogeography. *Annual Report Smithsonian Institution* 1937:339-364.

—. 1951. Fresh-water fishes and East Indian zoogeography. *Stanford Ichthyological Bulletin* 4:11-21.

Norris, S.M. y J.L. Castro-Aguirre. 2005. History of Mexican freshwater ichthyology. En: *Freshwater fishes of México*. R.R. Miller, D.L. Minckley y S.M. Norris (eds.). The University of Chicago Press, Chicago, pp. 48-59.

Palacios-Salgado, D.S., A. Ramírez y G. Ruiz-Campos. 2011. First record and establishment of an exotic molly, *Poecilia butleri*, in the Baja California Peninsula, Mexico. *California Fish and Game* 97:98-103.

Ruiz-Campos, G. 2012. *Catálogo de peces dulceacuícolas de Baja California Sur*. INE-SEMARNAT, México.

Ruiz-Campos, G. y S. Contreras-Balderas. 1987. Ecological and zoogeographical check-list of the continental fishes of the Baja California peninsula. *Proceedings of the Desert Fishes Council* 17:105-117.

Ruiz-Campos, G., J.L. Castro-Aguirre, S. Contreras-Balderas *et al.* 2003. An annotated distributional checklist of the freshwater fishes from Baja California Sur, Mexico. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 12:143-155.

Ruiz-Campos, G., F. Camarena-Rosales, S. Contreras-Balderas *et al.* 2006. Distribution and abundance of the endangered killifish, *Fundulus lima* (Teleostei: Fundulidae), in oases of central Baja California Peninsula, México. *The Southwestern Naturalist* 51:502-509.

Ruiz-Campos, G., A. Andreu-Soler, M.R. Vidal-Abarca *et al.* 2014a. *Catálogo de humedales dulceacuícolas de Baja California Sur*. INECC-SEMARNAT, México.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Ruiz-Campos, G., A. Varela-Romero, S. Sánchez-Gonzáles *et al*. 2014b. Peces invasores del noroeste de México. En: *Especies Acuáticas Invasoras en México*. R.E. Mendoza-Alfaro y P. Koleff (eds.). CONABIO, México, pp. 375-399.

Ruiz-Campos, G., F. Camarena-Rosales, A.F. González-Acosta *et al*. 2014c. Estatus actual de conservación de seis especies de peces dulceacuícolas de la Península de Baja California, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85:1235-1248.

Rutter, C. 1896. Notes on freshwater fishes of the Pacific slope of North America. *Proceedings of the California Academy of Sciences* 6:245-267.

Tamayo, J.L. 1962. *Geografía general de México: geografía física*. Vol. II. Instituto Mexicano de Investigaciones Económicas, México.

Vaillant, M.L. 1894. Sur une collection de poissons recueillie en Basse-Californie et dans le Golfe par M. Léon Diguet. *Extrait du Bulletin de la Société Philomathique de Paris* 6:69-75.

Varela-Romero, A. y D.A. Hendrickson. 2010. Peces dulceacuícolas. En: *Biodiversidad del estado de Sonora*. F. Molina-Freaner y T. Van Devender (eds.). UNAM, México, pp. 339-356.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Herpetofauna (anfibios y reptiles)

Patricia Galina Tessaro, Bradford Damion Hollingsworth y Jorge Heriberto Valdez Villavicencio

Introducción

El estudio de los anfibios y reptiles (herpetofauna) en Baja California Sur se enfoca en el conocimiento de la diversidad, origen y evolución de los grupos dentro del contexto de la Península de Baja California (Murphy 1983, Grismer 2002, Murphy y Méndez de la Cruz 2010), y en zonas específicas (Asplund 1967, Álvarez *et al.* 1988, Galina-Tessaro *et al.* 2002, Venegas 2008), por mencionar algunos. No obstante, aún falta mucho por conocer de estos fascinantes animales.

En medio del ambiente árido predominante en el estado, se ubican oasis y algunos arroyos intermitentes, especialmente en las sierras que corren a lo largo del estado (La Laguna, La Giganta, Guadalupe y San Francisco), donde hay cuerpos de agua permanentes, que junto con la vegetación propia de dichos sitios (palmares, vegetación riparia-mezquitales y vegetación acuática), permiten la existencia de anfibios, además de una gran variedad de reptiles, algunos de ellos restringidos (endémicos) a estos ambientes húmedos (mésicos) particulares. Sin embargo, los sapos y gran parte de los reptiles se distribuyen a lo largo del territorio sudcaliforniano en diversos tipos de vegetación y hábitats. En este capítulo se describe la diversidad de anfibios (ranas y sapos) y reptiles terrestres y marinos (lagartijas, serpientes y tortugas) tanto de especies nativas como introducidas, presentes en el estado e islas, y se hace un análisis de su estatus, conservación y amenazas.

Descripción

Anfibios

Son vertebrados que tienen la piel lisa (carente de escamas, pelos o plumas), muy vascularizada y con numerosas glándulas mucosas que la mantienen húmeda, lo que permite el intercambio de gases (respiración cutánea). Dependen de la presencia de cuerpos de agua (permanentes o temporales) para su reproducción y desarrollo; la fecundación es externa, sus huevos carecen de membrana extraembrionaria o cascarón que los proteja (Pough *et al.* 1998), pero están envueltos por sustancias mucosas que evitan su desecación. En la primera etapa de su desarrollo o etapa larvaria, los renacuajos son acuáticos y respiran por branquias.

Éstos sufren cambios (metamorfosis) para llegar a la etapa adulta, consistentes en la aparición de las patas traseras, después las delanteras y, finalmente, la cola en forma de aleta se reabsorbe hasta desapa-

Galina-Tessaro, P., B.D. Hollingsworth y J.H. Valdez-Villavicencio. 2025. Herpetofauna (anfibios y reptiles). En: *La biodiversidad en Baja California Sur. Estudio de Estado*. Vol. II. CONABIO/FFB, México, pp. 419-437.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

recer. Además, cambian sus estructuras bucales e internamente se desarrollan los pulmones para iniciar su vida terrestre en la etapa adulta durante la cual regresan al agua para alimentarse, termorregular y reproducirse.

Reptiles

Presentan el cuerpo cubierto de escamas o engrosamientos del estrato córneo o parte externa de la piel (epidermis), las cuales varían en forma y textura (granulares, redondeadas, cuadrangulares, lisas, quilladas, acanaladas, entre otras) que varían de acuerdo con la especie. En todos, la capa externa de la piel es renovada y su pérdida o muda puede ser en forma completa (serpientes), o en partes o parches (lagartijas). Su respiración es pulmonar, la reproducción es interna y los huevos ya presentan un cascarón protector que los independiza del agua (Vitt y Caldwell 2009). De los reptiles que se encuentran en el estado, todas las lagartijas y la mayor parte de las serpientes son inofensivas; solo las serpientes de cascabel y la serpiente marina poseen veneno.

Los anfibios y reptiles son organismos ectotermos, es decir, dependen principalmente de fuentes de calor externas (radiación solar, calor ambiental), para mantener su temperatura corporal dentro del rango requerido (que varía en cada especie) para activarse, alimentarse, digerir, reproducirse y sobrevivir. Su temperatura corporal cambia con la temperatura del medio ambiente, de modo que para regularla recurren a conductas como cambios de postura, selección de sitios sombreados (que son muy importantes para disminuir su temperatura) o expuestos al sol, dependiendo de las características de su hábitat (sitios donde guarecerse del sol o termorregular), lo que los hace vulnerables ante cualquier cambio climático y perturbación ambiental (Sinervo *et al*. 2010).

Diversidad

La comprensión de la diversidad de anfibios y reptiles en el estado todavía es un trabajo en progreso, debido a que los avances en las técnicas moleculares y la secuenciación genómica del ácido desoxirribonucleico (ADN o DNA por sus siglas en inglés) utilizadas en estudios taxonómicos implica la reevaluación de la diversidad en los próximos años, con el posible incremento de especies, detección de nuevos endemismos y otros hallazgos. Numerosos estudios de este tipo han identificado rupturas evolutivas en distintas regiones del estado como en San Ignacio, Loreto y La Paz; las cuales implican la presencia de antiguas barreras, como la elevación del nivel medio del mar, que permitieron el aislamiento y la diferenciación de especies o subespecies a uno y otro lado (Riddle *et al.* 2000, Bezy *et al.* 2008, Blair *et al.* 2009, Murphy y Méndez de la Cruz 2010, Leavitt *et al*. 2017). Esto ha tenido implicaciones en la diversidad herpetofaunística, ya que gracias a estas herramientas moleculares ha sido posible determinar o corroborar especies antes no reconocidas, aumentado el número de especies para el estado y la península. No obstante, aunque estas investigaciones han determinado la diferenciación de subespecies y sus límites de distribución, aún se requiere mayor investigación para esclarecer otros conflictos taxonómicos como en la rana *Pseudacris hypochondriaca*.

Desde Grismer (2002), se han realizado cambios taxonómicos en especies de anfibios y reptiles con base en estudios filogenéticos o revisiones taxonómicas (Flores-Villela y Canseco-Márquez 2004, Lovich *et al*. 2009, Murphy y Méndez de la Cruz 2010), que incluyen grupos de la Península de Baja California. Con lo anterior, se ha incrementado el número de especies al validarse las subespecies descritas. Hasta el momento, se tiene el caso de las lagartijas de los géneros *Phyllodactylus* (Phyllodactylidae), *Phrynosoma* (Phrynosomatidae) y *Xantusia* (Xantusiidae; Montanucci 2004, Leaché y McGuire 2006, Devitt *et al*. 2008, Leaché *et al*. 2009), y de las serpientes del género *Crotalus* (Viperidae), *Hypsiglena* (Dipsadidae) y *Rena* (Leptotyphlopidae) presentes en la península (Mulcahy 2008, Adalsteinsson *et al*. 2009, Blair *et al*. 2009, Meik *et al.* 2015, 2018); además de cambios en algunos nombres de géneros y especies (Lovich *et al*. 2009, Duellman *et al*. 2016).

Las sinonimias (es decir, los distintos nombres con los que se ha descrito una misma especie a través del tiempo) se deben considerar para todos los trabajos o revisiones bibliográficas relacionados con la diversidad de especies y/o su conservación, para evitar errores al describir el número de taxones presentes en un sitio determinado. De no tomarse en

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

cuenta, se pueden originar conteos engañosos para una sola especie con distintos nombres; por ejemplo, *Pseudacris regilla* e *Hyliola hypochondriaca* son nombres dados a la rana de coro de Baja California (apéndice 38).

México es uno de los siete países megadiversos; se ubica en el quinto lugar a nivel mundial en cuanto a diversidad de anfibios y en el segundo en reptiles (Flores-Villela y García-Vázquez 2014, Parra-Olea *et al*. 2014). Por las condiciones de aridez y escases de agua superficial en Baja California Sur, su ubicación geográfica y su historia evolutiva, la diversidad de anfibios es pobre: ocupa el último lugar entre las entidades federativas y contribuye con 1% de la riqueza del país (Parra-Olea *et al*. 2014). Por su parte, en cuanto a reptiles ocupa el lugar 22 a nivel nacional (cuadro 1; Flores-Villela y García-Vázquez 2014).

Sin embargo, la herpetofauna del estado es importante y de gran interés por su elevado número y el grado de endemismos (56 especies), particularmente en la región Del Cabo, en el extremo sur del estado desde el Istmo de La Paz (10 especies), y en las Islas del Golfo de California (26; apéndice 38; Ochoa-Ochoa y Flores-Villela 2006). Esto es resultado de su compleja historia geológica y evolutiva, con fluctuaciones climáticas que dieron origen a una gran diversidad de ambientes y aislamientos (Axelrod 1979). Lo anterior, junto con el hecho de pertenecer a una larga península, lo convierte en un sitio de interés para estudios biogeográficos y filogeográficos, que revelan esta intrincada historia y permiten entender los distintos eventos evolutivos (vicarianza, dispersión, aislamientos, entre otros), resultado de la tectónica de placas y responsables de esta diversidad de especies.

En cuanto a la diversidad de anfibios y reptiles, el trabajo más completo sobre la herpetofauna de la Península de Baja California y sus islas asociadas mencionaba alrededor de 84 especies nativas para el estado (Grismer 2002); no obstante, el número se incrementó en los últimos años gracias a distintos estudios filogeográficos y taxonómicos, y actualmente se registran 96 especies nativas para la entidad e islas asociadas, distribuidas en 3 órdenes y 24 familias, entre las cuales se incluyen 6 especies marinas (una serpiente y cinco tortugas; cuadro 2, apéndice 38).

Cuadro 1. Especies de la herpetofauna por entidad federativa.

Estado	Anfibios[a]	Reptiles[b]
Aguascalientes	15	61
Baja California	18	98
Baja California Sur	**6 (3, 50%)**	**98 (5, 5.1%)**
Campeche	20	97
Chiapas	100	220
Chihuahua	36	141
Ciudad de México	16	36
Coahuila	16	96
Colima	23	78
Durango	29	97
Estado de México	34	68
Guanajuato	13	43
Guerrero	67	164
Hidalgo	32	88
Jalisco	43	100
Michoacán	44	139
Morelos	34	79
Nayarit	30	88
Nuevo León	23	92
Oaxaca	140	262
Puebla	64	129
Querétaro	22	75
Quintana Roo	20	105
San Luis Potosí	36	107
Sinaloa	36	108
Sonora	34	132
Tabasco	23	83
Tamaulipas	41	114
Tlaxcala	16	31
Veracruz	96	200
Yucatán	16	92
Zacatecas	14	64

Entre paréntesis se indica el número de especies introducidas y su porcentaje conforme al total reportado para el estado. Fuente: elaboración propia con datos de [a]Parra-Olea *et al*. 2014, [b]Flores-Villela y García-Vázquez 2014.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Cuadro 2. Diversidad de anfibios y reptiles nativos del estado e islas asociadas.

Infraorden	Familias	Géneros	Especies
Clase Amphibia			
Orden Anura			
Sin infraorden	3	3	3
Clase Reptilia			
Orden Squamata			
Lacertilia	10	18	49
Serpentes	7	17	37
Orden Testudines			
Cryptodira	4	7	7
Total	**24**	**45**	**96**

Fuente: elaboración propia con datos Grismer 2002, Murphy y Méndez de la Cruz 2010.

En el territorio sudcaliforniano, los anfibios se encuentran representados únicamente por el grupo de los anuros con tres especies nativas: la rana arborícola o de coro de Baja California (*Pseudacris hypochondriaca*, ver sinonimias en el apéndice 38; Duellman *et al.* 2016) y los sapos de puntos rojos (*Anaxyrus punctatus*) y cavador (*Scaphiopus couchii*), pertenecientes a distintas familias (figura 1, apéndice 38). El sapo de puntos rojos se distingue por la presencia de manchas o puntos rojos en el dorso del cuerpo; mientras que el sapo cavador tiene ojos prominentes y un espolón negro en las patas traseras. Las tres especies son de talla pequeña (entre 44 y 90 mm de longitud hocico-cloaca); los sapos son de amplia distribución tanto en el territorio nacional y estatal, como en Estados Unidos de América. Sin embargo, a nivel de subespecie, la rana de coro de San Lucas o rana arborícola de San Lucas (*P. hypochondriaca curta*), se considera endémica a Baja California Sur con presencia limitada en los escasos cuerpos de agua superficial como oasis y arroyos permanentes, por lo que su distribución es discontinua a lo largo del territorio (Recuero *et al.* 2006, Luja y Rodríguez-Estrella 2016).

Los sapos se distribuyen en los diversos tipos de vegetación, entre los que se incluye el matorral desértico, y se hacen evidentes después de las lluvias cuando al formarse charcas, éstos salen de sus refugios para aprovecharlas como sitios donde se reproducen, ponen huevos y nacen las larvas (renacuajos), que completan su metamorfosis en el corto tiempo que duran estos pequeños cuerpos de agua. El resto del año, en la época de secas, se mantienen ocultos entre rocas, vegetación o bajo tierra hasta que se presentan las condiciones adecuadas de humedad; también se pueden observar en sitios donde hay pilas o almacenamientos de agua o bastante humedad como jardines.

En el caso de los reptiles, en la entidad se distribuyen 93 especies nativas, incluidas las marinas y las endémicas insulares. Éstas se distribuyen en 21 familias (24 si se consideran especies exóticas o introducidas), siendo Colubridae (culebras) y Phrynosomatidae (lagartijas espinosas) las que cuentan con el mayor número de especies (figura 2, apéndice 38). En el caso de la familia Teiidae (huicos), la diversidad de especies se debe al elevado número de endemismos del género *Aspidoscelis* presentes en las islas.

Gran parte de los reptiles sudcalifornianos son de amplia distribución y abarcan diversos tipos de vegetación o ecosistemas. En el apéndice 38, se muestra la distribución de la riqueza en los cinco municipios, 42 islas (8 del Pacífico y 34 del golfo de California), 7 regiones fitogeográficas y 4 subprovincias fisiográficas (INEGI 1995). No obstante, hay especies restringidas a ambientes húmedos como los oasis, entre las que sobresalen la lagartija nocturna (*Xantusia sherbrookei*), la lagartija lagarto de Baja California Sur (*Elgaria velazquezi*), el eslizón de Baja California Sur (*Plestiodon lagunensis*) y la culebra de agua (*Thamnophis validus*), todas endémicas del estado. Otras especies se encuentran restringidas a algún tipo de sustrato en particular, como los cocodrilos de piedra (*Petrosaurus thalassinus* y *P. repens*), las chacahualas (*Sauromalus ater*, *S. klauberi*, *S. slevini*) y los bejoris de la región Del Cabo (*Sceloporus hunsakeri* y *S. licki*), las cuales están estrictamente asociados con hábitats rocosos (afloramientos rocosos y paredes rocosas), importantes porque albergan también a otras especies endémicas de la región como iguanas (*Ctenosaura hemilopha*), cachoras de árbol cola negra (*Urosaurus nigricaudus*) y salamanquesas del Cabo (*Phyllodactylus xanti*), que al destruirse o modificarse, ponen en riesgo la existencia de estos animales.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Figura 1. Anfibios nativos de Baja California Sur: a) ranita de coro de Baja California (*Pseudacris hypochondriaca*); b) sapo de puntos rojos (*Anaxyrus punctatus*); c) sapo cavador (*Scaphiopus couchii*). Fotos: Bradford Hollingsworth.

La conservación y el estudio del grupo de reptiles presentes en las islas es importante por el alto número de endemismos existentes, resultado de la historia geológica de las islas y su distancia al continente, y porque en algunas de éstas existen especies que se comparten con la zona peninsular, y constituyen modelos para estudios ecológicos, evolutivos y biogeográficos (Murphy y Aguirre-León 2002). Las islas son ecosistemas frágiles y las especies más vulnerables han estado, en algunas islas, bajo la presión de especies introducidas, particularmente mamíferos (cabras, borregos, perros, gatos y ratones) que han afectado la vegetación, los suelos y a las especies directamente por su depredación (Aguirre-Muñoz *et al.* 2005).

En el presente trabajo se consideraron 34 islas del golfo de California y 8 islas en el Pacífico (apéndice 38). Existen 26 especies endémicas de las islas (17 lagartijas y 9 serpientes, apéndice 38), como el bejori de isla Cerralvo (*Sceloporus grandaevus*), la chacahuala de isla Monserrat (*Sauromalus slevini*), y la serpiente de cascabel de Santa Catalina (*Crotalus catalinensis*) que carece de cascabel, por mencionar algunas (figura 3).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

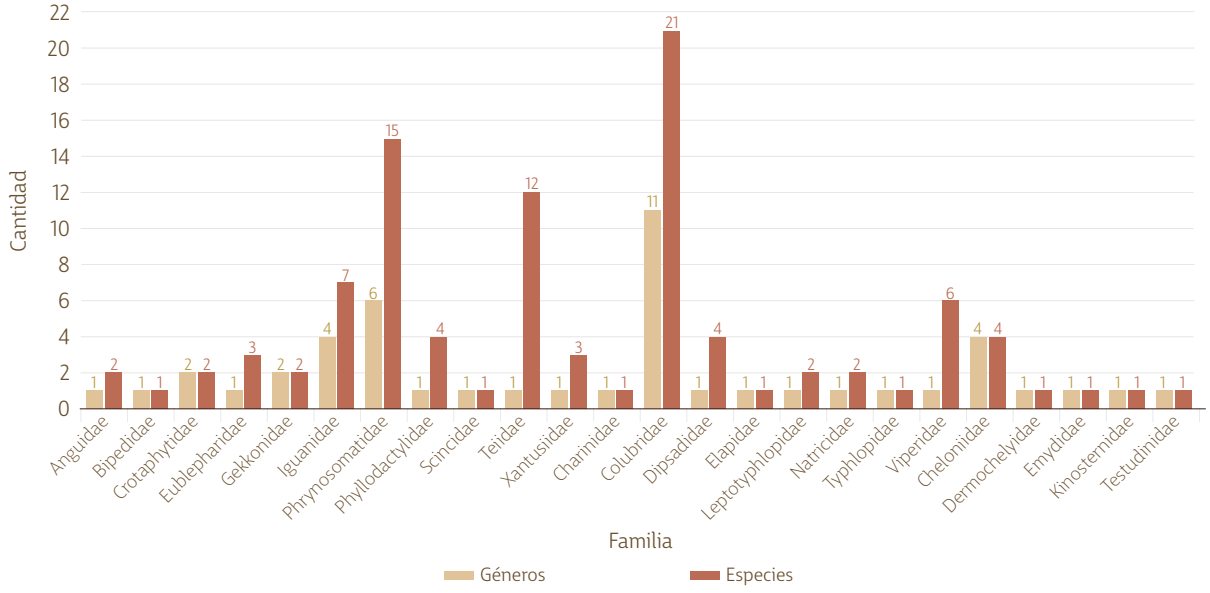


Figura 2. Número de géneros y especies por familia de reptiles (terrestres y marinos, nativos e introducidos) presentes en el estado. Fuente: elaboración propia con datos de Grismer 2002.



Figura 3. Especies endémicas de islas de Baja California Sur: a) macho de *Sceloporus grandaevus*; b) hembra de *S. grandaevus*; c) *Sauromalus slevini*; d) *Crotalus catalinensis*. Fotos: Bradford Hollingsworth.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Importancia

Los anfibios y reptiles son parte importante en las cadenas tróficas, debido a que son presas de otros vertebrados (mamíferos, aves e incluso algunos reptiles), o pueden ser depredadores (al ser en su mayoría carnívoros) que pueden incluso fungir como control de artrópodos, aves, pequeños mamíferos e incluso otros reptiles y anfibios, algunos de los cuales pueden alcanzar el nivel de plagas o transmitir enfermedades. Asimismo, existen especies que se alimentan de plantas y frutos, y actúan como dispersoras de semillas (Godínez-Álvarez 2004), como la iguana (*Ctenosaura hemilopha*).

La importancia cultural y económica de ambos grupos biológicos en el estado no está bien documentada, aunque hay registros de su relevancia para los antiguos pobladores plasmada en las pinturas rupestres y petroglifos que hay particularmente en la parte media y norte del estado, donde destacan imágenes de serpientes y tortugas marinas (Crosby 1997).

Los reptiles en el territorio sudcaliforniano no han sido aprovechados económicamente como en otros estados, y no existen trabajos al respecto. No obstante, se sabe que algunas personas utilizan serpientes de cascabel e iguanas con fines medicinales (contra el cáncer y el asma, respectivamente) de acuerdo con las creencias locales (Cota 2020) y tradiciones, que carecen de bases científicas. Cabe señalar que existen investigaciones sobre estos mitos, así como de las propiedades de los venenos de las serpientes de cascabel al estudiar la acción de sus componentes (péptidos) para el potencial uso médico en medicamentos para la prevención de trombosis, y tratamiento de neoplasias o tumores (Casas 2000, Tay *et al*. 2002, Vivas *et al*. 2012, Fuentes-Mascorro 2014). La crianza (en lugar de su eliminación) de las serpientes de cascabel para extraer y estudiar el veneno, puede encaminarse a este importante fin de salud pública, al igual que con especies raras o amenazadas.

Los reptiles son atractivos como mascotas, particularmente las especies endémicas (especialmente las insulares) o raras como es el caso del ajolote de dos manos (*Bipes biporus*, figura 4), que son objeto del comercio ilegal (Mellink 1995, Lovich *et al*. 2009), el cual es un grave problema en el país (Alvarado *et al*. 2017), debido a que tan solo para el Desierto Chihuahuense (México-Estados Unidos de América) se estima que 63% (82 especies) de las cerca de 130 especies de reptiles que ahí se encuentran están sujetas a algún tipo de comercio (Fitzgerald *et al*. 2004).



Figura 4. Ajolote de cinco dedos o ajolote de dos manos (*Bipes biporus*), especie endémica de la península (casi exclusiva del estado) y que vive bajo el suelo la mayor parte de su vida. Foto: Bradford Hollingsworth.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Situación y estado de conservación

Los anfibios a nivel mundial presentan una preocupante disminución e incluso desaparición de especies (Blaustein *et al.* 2011) y México no es la excepción, debido que hasta ahora se registran 164 especies como amenazadas o críticamente amenazadas (poco más de 43%) y 42 como vulnerables. En el estado, el anfibio más amenazado es la rana de coro (*P. hypochondriaca curta*), pues su distribución discontinua está restringida a cuerpos de agua permanente (arroyos y oasis), en algunos de los cuales se ha introducido la rana toro (voraz y depredadora), de ahí su inclusión en la NOM-059 (SEMARNAT 2019) como especie en peligro de extinción (P). En cuanto a reptiles, esto no es menos preocupante: se estima que el porcentaje real de reptiles amenazados en el mundo afecta a 19% de las 9 084 especies descritas y de 1 500 especies analizadas, una de cada cinco está en peligro de extinción (Böhm *et al*. 2013).

Baja California Sur se distingue por su elevado número de reptiles endémicos, hasta ahora con 56 especies (60.2% del total de los reptiles nativos del estado), de las cuales poco menos de la mitad son insulares (26, 28%). Asimismo, 8 son endémicas de la península, 13 al estado y 9 a la región Del Cabo (apéndice 38). Como ejemplo de estas últimas están la lagartija lagarto del Cabo (*Elgaria paucicarinata*) y el huico del Cabo (*Aspidoscelis maximus*, figura 5). Cabe señalar que otras 7 especies son prácticamente endémicas de la península en términos geológicos, si no se consideraran los límites políticos, porque tienen una pequeña parte de su distribución en Estados Unidos de América, en particular la culebra ratonera de Baja California (*Bogertophis rosaliae*) de quien solo hay un registro en California (Grismer 2002). Las especies endémicas son más vulnerables por su área de distribución restringida y sus tamaños poblacionales.

La herpetofauna, así como otros grupos, recibe protección del gobierno cuando las especies son incluidas en listados que son instrumentos legales para su salvaguarda; tal es el caso de la NOM-059 a nivel nacional, emitida por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT 2010, 2019), y la Lista Roja de la Unión Internacional de la Conservación de la Naturaleza (UICN 2012) a nivel internacional. Sin embargo, esto no es suficiente garantía para evitar la autorización de desarrollos o proyectos que amenazan, modifican o destruyen el hábitat de las especies, y por ende su permanencia en el área donde se distribuyen, carentes de una estricta vigilancia, seguimiento de las obras y medidas de mitigación como los rescates o bien, sin las justas sanciones por parte de las autoridades responsables ante incumplimientos de las empresas responsables.

En la NOM-059 se incluyen 58 especies de reptiles en distintas categorías (figura 6, apéndice 38); por su parte, 2 especies de anfibios se encuentran enlistadas: la ranita de coro de San Lucas (*P. hypochondriaca curta*) y la rana de Forrer (*Lithobates forreri*), esta última considerada como introducida en el estado. Cabe mencionar que conforme a la última modificación del anexo normativo III (SEMARNAT 2019), cambiaron su estatus a amenazadas las lagartijas escamosas *S. licki* y *S. hunsakeri*.

Por otro lado, en la Lista Roja (UICN 2012) están las 6 especies de anfibios del estado (3 de ellas nativas); además, 66 de reptiles se encuentran dentro de la categoría de preocupación menor, 5 en la categoría de vulnerable, 3 en peligro crítico y 2 en peligro. Murphy y Méndez de la Cruz (2010) estimaron el índice de vulnerabilidad, y tomando en cuenta esto, identificaron que 25 especies del estado tienen baja vulnerabilidad, 25 mediana y 30 alta, lo cual debe tomarse en consideración para su protección y manejo (apéndice 38).

Otro criterio de protección son las áreas naturales protegidas (ANP) que cuentan con resguardo federal. Más de 90% de las 87 especies nativas de reptiles (no marinas) se encuentran protegidas en alguna de las reservas de la biosfera en el estado (Sierra La Laguna, El Vizcaíno e Islas del Pacífico de la Península de Baja California) y el Área de Protección de Flora y Fauna Islas del Golfo de California. No obstante, hay que tomar en cuenta que 26 de ellas se encuentran exclusivamente en las islas, que son ecosistemas muy frágiles y poco vigilados en los que ya existen amenazas como el saqueo y el tráfico de especies, así como la introducción de especies exóticas (Arnaud 2015). Asimismo, al igual que en las otras ANP en el país, existen amenazas por parte de mineras con proyectos a cielo abierto y desarrollos turísticos aledaños, que en conjunto reducen la garantía de una protección a largo plazo, más aún ante un escenario de cambio climá-

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Figura 5. Reptiles endémicos de la región Del Cabo, cuyo límite de distribución es el istmo de La Paz: a) lagartija lagarto del Cabo (*Elgaria paucicarinata*); b) el huico del Cabo (*Aspidoscelis maximus*). Fotos: Bradford Hollingsworth.

tico que requiere de conectividad entre las ANP y los ecosistemas de las serranías para garantizar corredores donde las especies puedan desplazarse en busca de hábitats adecuados.

Si bien existen trabajos que abordan la conservación de especies presentes en las ANP en la península (Lovich *et al*. 2009, Ramírez-Acosta *et al*. 2012), hace falta más investigación para conocer la situación actual de la herpetofauna en el estado. Esta información ayudaría a incluir nuevas especies en las listas de protección de la NOM-059, con el fin de protegerlas y para cuantificar los efectos del acelerado deterioro ambiental por el crecimiento urbano, los mega desarrollos turísticos, el cambio de uso de suelo (agricultura) y la construcción de vías de comunicación, que sucede en el estado y particularmente la región Del Cabo, que es la zona con el mayor número de endemismos en diversos grupos (Santiago-León *et al*. 2015).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

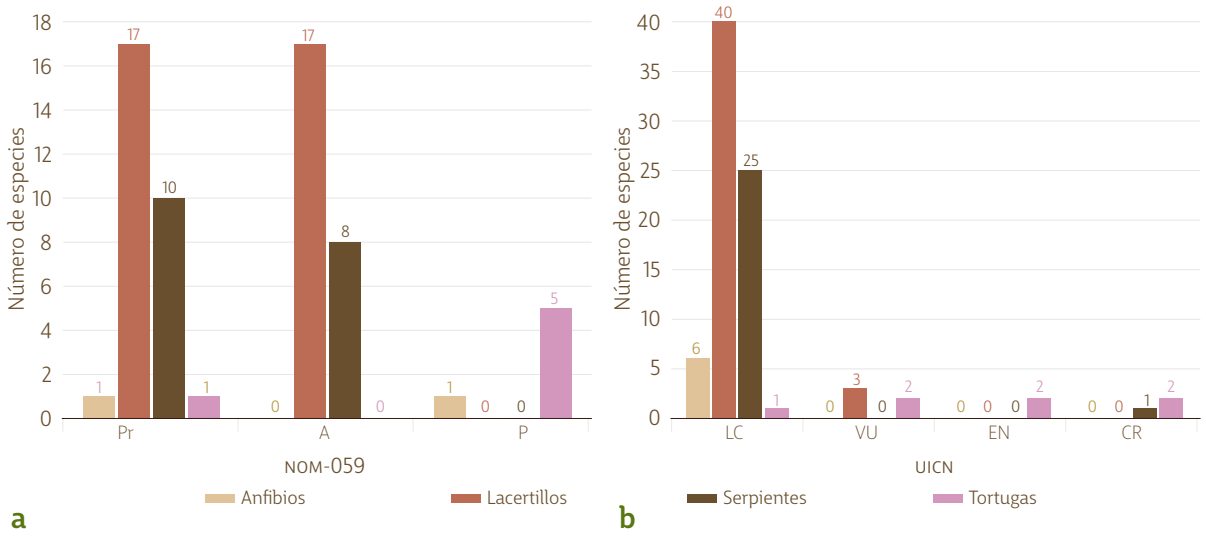


Figura 6. Especies en Baja California Sur por categoría de riesgo de acuerdo con: a) la NOM-059 (P: en peligro de extinción; A: amenazada; Pr: sujeta a protección especial); b) la Lista Roja de especies amenazadas de la UICN (CR: en peligro crítico; EN: en peligro; VU: vulnerable; LC: preocupación menor). Fuente: elaboración propia con datos de SEMARNAT 2010, 2019, UICN 2012.

Factores de presión

Las amenazas reconocidas para la herpetofauna en el estado, al igual que en el país y el mundo, son en su mayoría causa directa o indirecta de los seres humanos. Entre ellas están la pérdida y fragmentación del hábitat; la introducción de especies invasoras; la contaminación ambiental; la transmisión de enfermedades; los resultados perniciosos de mitos y leyendas; la colecta y comercio ilegales; y el cambio climático global, cuyo efecto se intensificará al disminuir la vegetación que les permite refugiarse para reducir la temperatura corporal y así termorregular y sobrevivir (Gibbons *et al.* 2000, Fitzgerald *et al.* 2004, Sinervo *et al.* 2010, Böhm *et al.* 2013, Flores-Villela y García-Vázquez 2014, Mayani-Parás *et al.* 2019).

Desarrollo de infraestructura

Es una de las principales causas de la pérdida de biodiversidad en el mundo. Tan solo en la parte sur del estado, el desarrollo urbano se incrementó en más de 130% en los últimos 25 años, en las ciudades de San José del Cabo, Cabo San Lucas y La Paz (INEGI 2015). El aumento de desarrollos turísticos e inmobiliarios, la apertura de nuevas vías de comunicación, la ampliación de carreteras, la explotación de bancos de material (piedra, arena y otros), la canalización de arroyos, el cambio de uso del suelo para la agricultura y el sobrepastoreo por ganado han causado deforestación del matorral desértico y de la selva baja caducifolia en una región de alto endemismo.

Ganadería

Maya (2004) estimó que 5% de la superficie de la Sierra La Laguna se encontraba erosionada, particularmente la selva baja caducifolia por la presencia de ganado y actividades productivas, especialmente la infraestructura para ganadería extensiva, apertura de caminos y ranchos que han reducido la cubierta vegetal. En 18 años analizados, la superficie erosionada aumentó en más de 100% y seguramente se incrementará si no se frenan los factores que la ocasionan.

Carreteras a campo traviesa

En el estado una actividad arraigada y cada vez más frecuente que contribuye a la destrucción de los ecosistemas son las carreras a campo traviesa (*off-road*) a distintas escalas locales, nacionales e internacionales. Los vehículos todo terreno que participan en carreras

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

como la *Baja 1000*, contribuyen a la apertura de caminos de terracería, perturbación de dunas y playas, fragmentación de los ecosistemas que atraviesan por la península y diversas áreas en la región Del Cabo (Murphy y Méndez de la Cruz 2010). Lo mismo sucede con el uso de otros vehículos motorizados (cuatrimotos y motos) en actividades turísticas recreativas en las zonas de costa, dunas y arroyos que son ecosistemas frágiles particularmente en la región Del Cabo. Su efecto negativo sobre la fauna y en particular sobre los reptiles está documentada en otros lugares (Luckenbach y Bury 1983), lo cual es necesario evaluarlo en la península con la finalidad de regular dicha actividad.

Minería

Una fuerte amenaza para los hábitats y la biodiversidad del estado es la minería y megaminería a cielo abierto en la región Del Cabo (San Antonio y arroyo La Junta, norte de Sierra La Laguna). Aunque por el momento no está activa, su desarrollo representa un importante factor de destrucción de cientos de hectáreas, con riesgos adicionales de contaminación donde se encuentran más de 10 especies endémicas de reptiles y cientos de otras especies de distintos grupos (Vanderplank *et al.* 2016).

La minería de material (bancos de materiales) para construcción de viviendas y carreteras contribuye, de igual forma, con la destrucción de afloramientos rocosos y de ecosistemas importantes para especies endémicas como las lagartijas espinosas de la región Del Cabo. En 2016, se reportó que 5.8% de la superficie del estado estaba concesionada; mientras que para 2018 el porcentaje aumentó a 11.9% (FUNDAR 2016, 2018). En el estado hay alrededor de 211 concesiones mineras de diversos materiales; los municipios de La Paz y Los Cabos concentran la mayoría de las concesiones y muchas son para la explotación de metales (megaminería). Con base en la anterior, es que surge la preocupación por la amenaza para todas las especies, y particularmente las endémicas de la región con la destrucción de los ecosistemas. En este sentido, existen estudios que prueban el efecto de esta actividad sobre la herpetofauna en el país (Mayani-Parás *et al.* 2019).

Especies exóticas

Otro factor de amenaza es la introducción de especies exóticas (no nativas) a un nuevo ambiente fuera de su distribución natural, ya sea por acción directa o indirecta del humano y por la propia actividad de estas especies. La introducción de especies exóticas a los cuerpos de agua ha ocasionado la declinación o desplazamiento de diversas especies de anfibios y reptiles en el mundo. Hasta el momento se han registrado en el territorio sudcaliforniano ocho especies de anfibios y reptiles introducidos por el humano: tres anfibios y cinco reptiles (tres especies de lagartijas, una culebra y una tortuga acuática, cuadro 3; Grismer 2002).

Entre las tres especies de ranas establecidas en el estado, la rana toro (*Lithobates catesbeianus*) se considera como una de las especies invasoras más agresivas y peligrosas en el mundo, y cuenta con registros en varios oasis en el estado. Las otras dos especies introducidas son la rana leopardo (*Lithobates forreri*) y la rana de árbol (*Smilisca baudinii*), de las cuales, aunque no hay reportes, son especies de tamaño mediano considerablemente mayor que las ranas nativas y seguramente afectan a las poblaciones nativas.

En otros sitios del país se encuentran poblaciones de anfibios y peces nativos endémicos que se han visto reducidas ante la presencia de la rana toro (*L. catesbeianus*), debido a que depreda o compite por los recursos (Casas *et al.* 2001). Asimismo, es responsable de la transmisión del hongo quítrido *Batrachochytrium dendrobatis* (*Bd*), causante de la quitridiomicosis y responsable de la desaparición de poblaciones de anfibios en el mundo (Mendoza-Almeralla *et al.* 2015).

En el estado la presencia de la rana toro (*L. catesbeianus*) se registra en al menos 10 oasis de los 40 estudiados por Rodríguez-Estrella y colaboradores (2018), donde además están peces exóticos como la tilapia (*Coptodon zilli*), el langostino rojo (*Procambarus clarkii*). En los oasis, en su conjunto estas especies han mermado poblaciones de peces endémicos como la sardinilla peninsular (*Fundulus lima*), ranas y serpientes, como la rana de coro de Baja California (*P. hypochondriaca*) y la culebra de agua (*Thamnophis hammondii*; Grismer y McGuire 1993, Grismer 2002, Ruiz-Campos *et al.* 2002, Luja y Rodríguez-Estrella 2010, 2016, Rodríguez-Estrella *et al.* 2018).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Afortunadamente, en el caso de la rana toro, existen esfuerzos para su erradicación en El Vizcaíno y en otros oasis del estado (Martínez *et al.* 2016, Rodríguez-Estrella *et al.* 2018), lo cual es necesario replicar en todos los cuerpos de agua donde se encuentren. Para el caso de la herpetofauna insular, las especies exóticas invasoras (mamíferos domésticos y otros reptiles) son una fuerte amenaza, debido a que carecen de mecanismos de defensa ante ellos (CANEI 2010).

De los reptiles introducidos, la especie más exitosa es la besucona (*Hemidactylus frenatus*), que cuenta con una amplia distribución en el estado y se asocia a los asentamientos humanos por lo que parecería no afectar a los geckos nativos; sin embargo, dicha especie se considera como exótica invasora. La iguana verde (*Iguana iguana*; Luja 2015) es de reciente introducción, tiene mayor tamaño que la iguana nativa (*Ctenosaura hemilopha*), y se clasifica como especie invasora por el daño que causa a la fauna y flora nativa de los sitios en los que se encuentra, como Florida y algunas islas del Pacífico (Falcón *et al.* 2013). Los primeros registros en la entidad fueron en Los Cabos, donde se introdujeron para atracción turística, pero actualmente se les encuentra en diversos sitios en la ciudad de La Paz y alrededores (observación personal), por lo que urge se tomen acciones y se erradique antes de que llegue a las islas del golfo o del Pacífico.

Las otras especies introducidas (cuadro 3) hasta el momento no parecen haber afectado a la fauna nativa; sin embargo, la culebra ciega tropical (*Indotyphlops braminus*) se cataloga como especie exótica invasora. Aunque en ninguno de los casos hay estudios de su efecto en las comunidades nativas en el estado, se conocen los efectos negativos de algunas especies exó-

Cuadro 3. Especies de anfibios y reptiles introducidos.

Especie	Nombre común	Distribución natural / estatal	Referencias
Lithobates catesbeianus[a]	Rana toro	Canadá y Estados Unidos de América / oasis San Ignacio, San José de Magdalena, Mulegé, Santiago, Santa Rita, El Chorro, Sol de Mayo, El Sauzal, San Joaquín y Todos Santos	Grismer y McGuire 1993, Grismer 2002, Recuero *et al.* 2004, Luja y Rodríguez-Estrella 2010
Lithobates forreri	Rana leopardo de Forrer	Centroamérica y México / región de La Presa	Grismer 2002
Smilisca baudinii	Rana arborícola mexicana	Centroamérica y México / Todos Santos	Recuero *et al.* 2004
Gehyra mutilata	Gecko plano	Asia y Oceanía e islas de África / La Paz	Reynoso 1990
Hemidactylus frenatus[b]	Besucona	Noroeste de la India, Nepal y Bangladesh, Burma, Tailandia, Indochina, sur de China, Malasia, Indonesia, Filipinas y el este del archipiélago Indo Australiano, islas del Pacífico / en la mayor parte de las ciudades y algunos poblados (La Paz, Ciudad Constitución, La Purísima, Los Cabos, San José, entre otros) en construcciones, casas habitación principalmente	Farr 2011, Lara-Reséndiz *et al.* 2017, Valdez-Villavicencio *et al.* 2024
Iguana iguana[b]	Iguana verde	Norte de Veracruz y Sinaloa hasta Centro y Sudamérica / estero San José, San José del Cabo, La Paz y áreas aledañas	Luja 2015
Indotyphlops braminus[b]	Culebrita de las macetas	Originaria de África y Asia / San Ignacio, La Paz, Loreto y Los Cabos	Murphy y Ottley 1979, Carbajal-Márquez *et al.* 2013
Kinosternon integrum	Casquito de fango mexicano	Endémica de la Meseta de México, desde Sonora a Oaxaca y de Tamaulipas a Veracruz / Sierra La Laguna	Luja *et al.* 2007

[a]Especie invasora de las más peligrosas; [b]especie invasora. Nota: algunas de estas especies pueden ser nativas a alguna parte México, pero la Península de Baja California no se encuentra dentro de su distribución natural. Fuente: elaboración propia con datos de Grismer 2002, NaturaLista 2020 y referencias indicadas.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

ticas invasoras, por lo que se consideran como una fuerte amenaza para la fauna nativa (Gibbons *et al.* 2000, Álvarez-Romero *et al.* 2008).

Comercio ilegal

Aunque no existen estudios específicos de la colecta ilegal, el comercio y tráfico de especies en el estado, existen reportes de ello (Grismer 2002, Lovich *et al.* 2009, Murphy y Méndez de la Cruz 2010, Arnaud 2015). Dichas actividades constituyen una amenaza importante y peligrosa, especialmente en organismos habitantes de las islas y especies endémicas cuyas poblaciones son reducidas y frágiles.

Cambio climático

Los efectos del cambio climático en anfibios y reptiles han sido documentados en el país y el mundo (Sinervo *et al.* 2010). En el estado se realizan estudios sobre ecología térmica y modelos de simulación, donde se observa que los efectos dependerán de cada especie, debido a que algunas son más susceptibles y vulnerables que otras (Lara-Reséndiz *et al.* 2019). Por ello, es indispensable conocer los requerimientos térmicos y limitantes de las especies en el estado a través del monitoreo de sus poblaciones y la temperatura ambiental a largo plazo, para detectar cambios, y así prevenir y mitigar los efectos, principalmente al reducir la perturbación de su hábitat.

Mitos y creencias

La prevalencia de mitos y creencias sobre el conocimiento objetivo de la herpetofauna, ha provocado que muchas personas generen rechazo e incluso aniquilen a diversas especies, sin tomar encuentra su importancia en los ecosistemas como consumidoras que mantienen bajo control las poblaciones de otros animales. Los mitos y leyendas que la población sudcaliforniana tiene sobre estos grupos, como en otros estados (Casas 2000), ocasiona temor y repugnancia hacia ellos, y propicia su eliminación directa, por considerarse como venenosos o peligrosos, aun cuando la gran mayoría no son perjudiciales para las personas.

En la entidad dichas prácticas son muy comunes (Grismer 2002), tal es el caso de diversas culebras como la falsa coralillo (*Pituophis vertebralis*) y la culebra arenera (*Sonora straminea*), que se consideran venenosas cuando no lo son, lo cual se explica por su semejanza de coloración con la verdadera coralillo venenosa (*Micrurus* sp.). Lo mismo sucede con la víbora sorda (*Trimorphodon lyrophanes*), que es totalmente inofensiva, pero es muy temida por la gente por presentar patrones de coloración parecidos a la víbora de cascabel.

Entre las lagartijas temidas por ser venenosas o causar daños serios en la piel, cuando son totalmente inofensivas, se destacan las salamanquesas (*Phyllodactylus unctus*, *P. xanti*), la besucona (*Hemidactylus frenatus*) y las lagartijas espinosas como los bejoris (*Sceloporus zosteromus*, *S. hunsakeri*). Asimismo, las que poseen colores llamativos se consideran venenosas como el eslizón (*Plestiodon lagunensis*), las lagartijas cocodrilo de roca (*Petrosaurus thalassinus*) y los machos de los bejoris que tienen colores metálicos en el pecho y garganta. En los casos del ajolote de dos patas (*Bipes biporus*, por su apariencia de lombriz y coloración) y la lagartija lagarto (*Elgaria paucicarinata*), existe la creencia de que se introducen en las cavidades rectales de niños y adultos, y producen enfermedades, respectivamente, por lo que se les elimina al verlos (Grismer 2002).

Entre las serpientes, se considera que algunas como la falsa coralillo (*Pituophis vertebralis*) se alimentan de la leche de las vacas, al igual que de los pechos de mujeres que amamantan. En el caso de las serpientes de cascabel, existen creencias de que se quitan unas supuestas bolsas de veneno, cuando beben agua y luego se las vuelven a poner cuando terminan (Casas 2000), lo que podría ocasionar un accidente por envenenamiento si se pisa dicha bolsa de veneno.

Acciones de conservación

En la entidad, los anfibios y la gran riqueza de especies y endemismos en reptiles requiere atención e inmediata protección aun cuando las actuales ANP albergan cerca del 95% de las especies; en el porcentaje restante, se incluyen especies microendémicas sin protección que se distribuyen fuera de las ANP: la lagartija nocturna (*Xantusia sherbrookei*) que habita en las sierras del centro del estado (Bezy *et al.* 2008).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Por lo anterior, al igual que lo propusieron Murphy y Méndez de la Cruz (2010) es necesario establecer un área protegida en las sierras La Giganta y Guadalupe, y para ello se hacen esfuerzos (CONANP 2014) al reconocer la importancia de sus recursos y su función en la conectividad entre las ANP al proteger los corredores biológicos que permitan a las especies desplazarse a otras áreas ante amenazas naturales (cambio climático) o humanas.

Asimismo, se requiere ampliar la protección de la selva baja caducifolia, que comprende una superficie de 3 325 km^2 (León de la Luz *et al*. 2012), ecosistema único en el estado y restringido a la región Del Cabo. De igual forma, es indispensable proteger el matorral árido tropical que rodea a la selva baja caducifolia en dicha región (González-Abraham *et al*. 2010), por el elevado número de microendemismos de reptiles, así como de otros grupos de flora y fauna, y en particular por ser una de las regiones con mayor amenaza por los planes de desarrollo urbano, turístico y grandes proyectos mineros a cielo abierto; de hecho, esta zona es reconocida como una de las regiones terrestres prioritarias del país (Arriaga *et al*. 2000).

Conclusiones y recomendaciones

Baja California Sur contribuye de manera importante a la biodiversidad del país y del mundo, debido a que cuenta con una herpetofauna rica en endemismos, siendo la región Del Cabo la zona con el mayor número de éstos (algunos restringidos). Lo anterior se favorece por la presencia de ecosistemas únicos como la selva baja caducifolia y el bosque de pino-encino; pero la pérdida y fragmentación del hábitat por el acelerado crecimiento urbano, desarrollos turísticos y minería, amenazan su permanencia.

Para garantizar su conservación y manejo en el largo plazo se requiere incrementar las áreas protegidas o destinadas voluntariamente a la conservación en zonas con selva baja caducifolia y bosque en la Sierra La Laguna, así como en las sierras La Giganta y Guadalupe a manera de corredores biológicos. Además, es indispensable fortalecer las políticas de conservación e instituciones que garanticen la vigilancia y el manejo sustentable del patrimonio natural e involucrar a las autoridades responsables de la salvaguarda de los recursos y a la comunidad (propietarios y habitantes).

Es indispensable continuar el estudio de la herpetofauna, debido a que aún se desconoce la biología, distribución y ecología de muchas especies (p.e. sus requerimientos alimenticios, térmicos y ciclos reproductivos, sus interacciones y su situación actual en muchas partes del territorio), información que permitirá, de ser el caso, incluirlas en la NOM-059 y protegerlas. De igual manera, es necesario realizar el monitoreo a largo plazo de las poblaciones al menos dentro de las ANP e islas, con la finalidad de conocer el estado que guardan y detectar cualquier cambio en respuesta a factores como el calentamiento global o cambio climático (sequías, intensidad y frecuencia de huracanes y otros fenómenos meteorológicos), deforestación o modificación del hábitat, tráfico ilegal e introducción de especies. Esto permitirá establecer mejores estrategias para su conservación, así como detectar sitios clave para el establecimiento de nuevas áreas de protección.

En el caso de los anfibios es importante mantener el caudal ecológico en oasis y arroyos, y más aún en aquellos cerca de los cuales hay desarrollos agrícolas y/o poblados o desarrollos urbanos o turísticos (p.e. La Purísima, Los Comondú, Mulegé, San Pedro, Todos Santos, Santiago, San Bartolo, entre otros). Asimismo, se considera obligatorio la implementación de programas de erradicación de especies exóticas e invasoras, en particular de la rana toro y la tilapia que afectan fuertemente la biodiversidad, para permitir la permanencia de los anfibios y otros animales nativos que son sus presas. Ante el riesgo de perder especies nativas, se requiere de evitar la transmisión de enfermedades, para lo que adicionalmente será necesario realizar estudios sobre la presencia del hongo patógeno, de ser posible en todas las poblaciones de anfibios nativos e introducidos.

Por la importancia de la NOM-059 como estrategia de conservación, es fundamental trabajar en su frecuente actualización, a través de la realización de investigaciones y la elaboración de documentos que tomen en cuenta los cambios taxonómicos ocurridos y las sinonimias de las especies, así como priorizar trabajos enfocados en los endemismos (apéndice 38) y las especies raras no protegidas como las lagartijas nocturnas (*Xantusia sherbrookei*, *X. gilberti* y *X. wigginsi*) y la culebra cabeza negra (*Tantilla planiceps*), entre otras.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Para el caso de reptiles, es urgente tomar medidas de erradicación de todas las especies introducidas, particularmente de aquellas que han demostrado ser invasoras y problemáticas, a fin de evitar su dispersión e introducción en nuevos lugares, en particular a las islas que están cerca de la península. Se sugiere evaluar el impacto que tienen sobre anfibios y reptiles, no solo las especies introducidas sino también ciertas actividades humanas comunes en la entidad, como el uso de vehículos a campo traviesa y el desarrollo de proyectos mineros (p.e. extracción de roca o bancos de arena para la construcción), entre otros.

Se requiere de incrementar los programas de educación ambiental a todos los niveles y mediante diversos medios de comunicación, de tal manera que se difunda el conocimiento que se tiene de estos organismos, para resaltar su importancia en el ecosistema y los servicios ecosistémicos, así como eliminar las falsas creencias y resaltar las amenazas que enfrentan, con el fin de involucrar a la comunidad y tener una mayor protección de las especies. Se recomienda que las autoridades sean más rigurosas con los estudios de impacto ambiental y sean avalados por instituciones académicas, especialmente en los casos donde se reporte la presencia de especies endémicas o bajo algún estatus de conservación. De este modo, previo a cualquier proyecto, se tomarían las acciones pertinentes y efectivas para asegurar la conservación, rescate y reubicación de especies, o incluso la cancelación o modificación de los proyectos. En este sentido, se propone establecer sanciones más severas ante el incumplimiento de las leyes y procedimientos.

De acuerdo con Benítez (2014), ninguna medida de mitigación o programa que se implemente en el estado podrá contrarrestar los impactos generados por los proyectos (urbanos y turísticos), de la magnitud de los contemplados en el territorio sudcaliforniano, y en particular en la región Del Cabo, por lo que es indispensable que las autoridades encargadas de la planeación urbana y ecológica establezcan las restricciones requeridas a estos proyectos. De igual forma, debieran prohibirse las actividades mineras de materiales pétreos y minerales, especialmente la megaminería metálica en la porción media sur del estado por los riesgos de impacto en las especies como ha sido observado en otras partes del país (Mayani-Parás *et al*. 2019)

Es necesario que las diferentes entidades gubernamentales coordinen sus programas de apoyo a la población local, para que sean asesorados por las autoridades pertinentes en materia de conservación y manejo de los recursos, y se ejecuten de forma controlada, además de evaluar sus riesgos y efectos sobre el medio ambiente. Lo anterior, con la finalidad de evitar la alteración de las comunidades naturales como ha ocurrido en el pasado con programas de introducción de especies exóticas, como la tilapia en cuerpos de agua que terminó con peces nativos endémicos; o el zacate buffell (*Pennisetum ciliare* = *Cenchrus ciliaris*) y el ganado caprino que han alterado los ecosistemas, efecto que debe evaluarse en relación con las comunidades de anfibios y reptiles.

Con la extinción de estas especies, se perderá la posibilidad de continuar las investigaciones sobre su aprovechamiento en el campo de la medicina para la cura de enfermedades como el cáncer, tumores, o procesos como la coagulación sanguínea (estudios sobre el veneno de serpientes); en el campo de la tecnología (estudios sobre regeneración de tejidos, mecanismos de desplazamiento o adhesión que han sido utilizados en robótica), entre otros. Además, sin su presencia no sería posible el control de poblaciones de otros animales que pueden ser plaga para los cultivos o causar enfermedades al humano, ni se mantendrían poblaciones de grandes depredadores (por ser alimento de aves, mamíferos y otros reptiles).

Referencias

Adalsteinsson, S.A., W.R. Branch, S. Trapé *et al*. 2009. Molecular phylogeny, classification, and biogeography of snakes of the Family Leptotyphlopidae (Reptilia, Squamata). *Zootaxa* 2244:1-50.

Aguirre-Muñoz, A., A. Samaniego-Herrera, C. García-Gutiérrez *et al.* 2005. El control y la erradicación de fauna introducida como instrumento de restauración ambiental: historia, retos y avances en México. En: *Temas sobre restauración*

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

ecológica. O. Sánchez y E. Peters (eds.). SEMARNAT/INE/USFWS/ Unidos para la Conservación A.C., México, pp. 215-229.

Alvarado, E., A.M. Estrada y A. Melgoza. 2017. *Tráfico de animales. Comercio ilegal en México*. Ediciones B S.A. de C.V., México.

Álvarez, S., P. Galina, A. González *et al.* 1988. Herpetofauna. En: *La Sierra de la Laguna de Baja California Sur.* L. Arriaga y A. Ortega (eds.). CIBNOR, La Paz, pp. 167-184.

Álvarez-Romero, J.G., R.A. Medellín, A. Oliveras de Ita *et al.* 2008. *Animales exóticos en México: una amenaza para la biodiversidad*. CONABIO/Instituto de Ecología-UNAM/SEMARNAT, México.

Arnaud, G. 2015. Conservación de serpientes de cascabel de la península e islas del golfo de California y del Pacífico. Informe final SNIB-CONABIO, proyecto No. HK051. CIBNOR, La Paz.

Arriaga, L., J.M. Espinoza, C. Aguilar *et al.* 2000. *Regiones terrestres prioritarias de México*. CONABIO, México.

Asplund, K.K. 1967. Ecology of lizards in the relictual Cape flora, Baja California. *American Midland Naturalist* 77:462-475.

Axelrod, D.I. 1979. Age and origin of Sonoran Desert vegetation. *Occasional Papers of the California Academy of Sciences* 132:1-74.

Benítez, J. 2014. *Impactos ambientales por los megadesarrollos turísticos propuestos aledaños al área natural protegida: Parque Nacional Cabo Pulmo*. Tesis de maestría. CIBNOR, La Paz.

Bezy, R.L., K.B. Bezy y K. Bolles. 2008. Two new species of night lizards (*Xantusia*) from Mexico. *Journal of Herpetology* 42:680-688.

Blair, C., F.R. Méndez de la Cruz, A. Ngo *et al.* 2009. Molecular phylogenetics and taxonomy of leaf-toed geckos (Phyllodctylidae: *Phyllodactylus*) inhabiting the Peninsula of Baja California. *Zootaxa* 2027:28-42.

Blaustein, A.R., B.A. Han, R.A. Relyea *et al.* 2011. The complexity of amphibian population declines: understanding the role of cofactors in driving amphibian losses. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1223:108-119.

Böhm, M., B. Collen, J.E. Baillie *et al.* 2013. The conservation status of the world´s reptiles. *Biological Conservation* 157(2013): 372-385.

CANEI. Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras. 2010. *Estrategia nacional sobre especies invasoras en México, prevención, control y erradicación*. CONABIO/CONANP/SEMARNAT, México.

Casas, G. 2000. Mitos, leyendas y realidades de los reptiles de México. *Ciencia Ergo Sum* 7(3):286-291.

Casas, G., X. Aguilar, R. Cruz. 2001. La introducción y cultivo de la rana toro (*Rana catesbeiana*). ¿Un atentado a la biodiversidad de México? *Ciencia Ergo Sum* 8(1):62-67.

Carbajal-Márquez, R.A., J.H. Valdez-Villavicencio y T. Chávez-Sánchez. 2013. *Ramphotyphlops braminus*. Geographical distribution. *Herpetological Review* 44(1):110.

CONANP. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 2014. *Estudio Previo Justificativo para el establecimiento del área natural protegida de competencia de la Federación con la categoría de Reserva de la Biosfera "Sierras La Giganta y Guadalupe", en el estado de Baja California Sur*. CONANP/ NIPARAJA, México.

Cota, A. 2020. Técnico de campo CIBNOR. Comunicación personal, enero.

Crosby, H.W. 1997. *Cave paintings of Baja California. Discovering the great murals of an unknown people*. Sunbelt Publications, El Cajón.

Devitt, T.J., T.J. LaDuc y J.A. McGuire. 2008. The *Trimorphodon biscutatus* (Squamata: Colubridae) species complex revisited: a multivariate statistical analysis of geographic variation. *Copeia* 2008(2):370-387.

Duellman, W.E., A.V. Marion y A.B. Hedges. 2016. Phylogenetics, classification and biogeography of the treefrogs (Amphibia: Anura: Arboranae). *Zootaxa* 4104:1-109.

Falcón, W., J. Ackerman, W. Recart González y C. Daehler. 2013. Biology and impacts of Pacific island invasive species. 10. *Iguana iguana*, the green iguana (Squamata: Iguanidae). *Pacific Science* 67(2):157-186.

Farr, W. 2011. Distribution of *Hemidactylus frenatus* in Mexico. *The Southwestern Naturalist* 56:265-273.

Fitzgerald, L.A., C.W. Painter, A. Reuter y C. Hoover. 2004. *Collection, trade, and regulation of reptiles and amphibians of the Chihuahuan Desert Ecoregion*. TRAFFIC North America/ WWF, Washington D.C.

Flores-Villela, O. y L. Canseco-Márquez. 2004. Nuevas especies y cambios taxonómicos para la herpetofauna de México. *Acta Zoológica Mexicana* 20:115-114.

Flores-Villela, O. y U.O. García-Vázquez. 2014. Biodiversidad de reptiles en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85:467-475.

Fuentes-Mascorro, G. 2014. La serpiente de cascabel como recurso zoogenético. *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal* 4(2014):303-304.

FUNDAR. Centro de Análisis e Investigación A.C. 2016. *Actividades extractivas en México. Estado actual. Anuario 2016*. FUNDAR, México.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

—. 2018. *Actividades extractivas en México. Desafíos para la 4T. Anuario 2018*. FUNDAR, México.

Galina-Tessaro, P., L.L. Grismer, B.D. Hollingsworth *et al.* 2002. Distribution and conservation of lizards in The Vizcaino Biosphere Reserve, Baja California Sur, México. *The Southwestern Naturalist* 47:40-55.

Gibbons, J.W., D.E. Scott, T.J. Ryan *et al.* 2000. The Global decline of reptiles, *déjá vu* amphibians. *Bioscience* 50:653-666.

Godínez-Álvarez, H. 2004. Polinización y dispersión de semillas por lagartijas: una revisión. *Revista Chilena de Historia Natural* 77:569-577.

González-Abraham, C., P.P. Garcillán, E. Ezcurra *et al.* 2010. Ecorregiones de la Península de Baja California: una síntesis. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 87:69-82.

Grismer, L.L. 2002. *Amphibians and reptiles of Baja California including its Pacific islands and the islands in the Sea of Cortés*. University of California Press, California.

Grismer, L.L. y J.A. McGuire. 1993. The oasis of central Baja California, México. Part I: A preliminary account of the relict mesophilic herpetofauna and the status of the oases. *Bulletin of the Southern California Academy of Sciences* 92:2-24.

INEGI. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 1995. *Síntesis geográfica del Estado de Baja California Sur*. INEGI, México.

—. 2015. *Encuesta Intercensal 2015*. INEGI, México.

Lara-Reséndiz, P. Galina-Tessaro, A.F. Pérez-Delgadillo *et al.* 2019. Efectos del cambio climático en una especie de lagartija termófila de amplia distribución (*Dipsosaurus dorsalis*): un enfoque ecofisiológico. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 90(2019):e902888.

Lara-Reséndiz, R., F.I. Valle-Jiménez, Y. Ramírez-Enríquez *et al.* 2017. *Hemidactylus frenatus*. Distribution notes. *Mesoamerican Herpetology* 4:951-952.

Leaché, A.D. y J.A. McGuire. 2006. Phylogenetic relationships of horned lizards (*Phrynosoma*) based on nuclear and mitochondrial data: evidence for a misleading mitochondrial gene tree. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 39(3):628-644.

Leaché, A.D., M.S. Koo, C.L. Spencer *et al.* 2009. Quantifying ecological, morphological, and genetic variation to delimit species in the coast horned lizard species complex (*Phrynosoma*). *PNAS* 106:12418-12423.

Leavitt, D.H., A.B. Marion, B.D. Hollingsworth *et al.* 2017. Multilocus phylogeny of alligator lizards (*Elgaria*, Anguidae): Testing mtDNA introgression as the source of discordant molecular phylogenetic hypotheses. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 110:104-121.

León de la Luz, J.L., R. Domínguez-Cadena y A. Medel-Narváez. 2012. Florística de la selva baja caducifolia de la Península de Baja California, México. *Botanical Sciences* 90:143-162.

Lovich, R.E., L.L. Grismer y G. Danemann. 2009. Conservation status of the herpetofauna of Baja California, México and associated islands in the Sea of Cortez and Pacific Ocean. *Herpetological Conservation and Biology* 4:358-378.

Luckenbach, R.A. y B. Burry. 1983. Effects of off-road vehicles on the biota of the Algodones Dunes, Imperial County, California. *Journal of Applied Ecology* 20:265-286.

Luja, V.H. 2015. Geographic distribution: *Iguana iguana* (common green iguana). *Herpetological Review* 46(2):217.

Luja, V.H. y R. Rodríguez-Estrella. 2010. The invasive bullfrog *Lithobates catesbeianus* in oases of Baja California Sur, Mexico. Potential effects in a fragile ecosystem. *Biological Invasions* 12:2979-2983.

—. 2016. *La rana arborícola Pseudacris hypochondriaca curta: Historia natural y conservación de una especie dependiente de los oasis de Baja California Sur*. CONABIO/CIBNOR, México.

Luja, V.H., M.C. Blázquez y R. Rodríguez-Estrella. 2007. Tortuga introducida: Reporte de *Kinosternon integrum* (Leconte, 1854) en Baja California Sur. *Boletín de la Sociedad Herpetológica Mexicana* 15(2):40-41.

Martínez, F.J., D.A. Cuevas Montaño, C. García Gutiérrez *et al.* 2016. *Desarrollar la línea base para la planeación del manejo efectivo de las EEI en la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno: Plan de Manejo y Control de Especies Exóticas Invasoras en la Reserva de la Biosfera el Vizcaíno: caso rana toro (Lithobates catesbeianus) dentro del proyecto GEF 00089333. Aumentar las capacidades de México para el manejo de las especies exóticas invasoras a través de la implementación de la Estrategia Nacional de Especies Exóticas Invasoras*. Costa Salvaje, Ensenada.

Maya, Y. 2004. *La erosión en la Sierra de La Laguna, Baja California Sur*. Tesis de doctorado. Facultad de Ciencias-UNAM, México.

Mayani-Parás, F., F. Botello, S. Castaeda y V. Sánchez-Cordero. 2019. Impact on habitat loss and mining on the distribution of endemic species of amphibians and reptiles in Mexico. *Diversity* 11(11):210.

Meik, J.M., J.W. Streicher, A.M. Lawing *et al.* 2015. Limitations of climatic data for inferring species boundaries: insights from speckled rattlesnakes. *PLOS ONE* 10(6):e0131435.

Meik, J.M., S. Schaack, O. Flores-Villela y J.W. Streicher. 2018. Integrative taxonomy at the nexus of population divergence and speciation in insular speckled rattlesnakes. *Journal of Natural History* 52:989-1016.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Mellink, E. 1995. The potential effect of commercialization of reptiles from Mexico's Baja California peninsula and its associated islands. *Herpetological Natural History* 2:95-99.

Mendoza-Almeralla, C., P. Burrowes y G. Parra-Olea. 2015. La quitridiomicosis en anfibios de México: una revisión. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 86:238-248.

Montanucci, R.R. 2004. Geographic variation in *Phrynosoma coronatum* (Lacertilia, Phrynosomatidae) further evidence for a peninsular Archipielago. *Herpetologica* 60:117-139.

Mulcahy, D.G. 2008. Phylogeography and species boundaries of the western North American nightsnake (*Hypsiglena torquata*): revisiting the subspecies concept. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 46:1095-1115.

Murphy, R.W. 1983. Paleobiogeography and genetic differentiation of the Baja California Herpetofauna. *Occasional Papers of the California Academy of Sciences* 137:1-48.

Murphy, R.W. y G. Aguirre-León. 2002. The nonavian reptiles: Origins and evolution. En: *A new island biogeography of the Sea of Cortés*. T. Case, M. Cody y E. Ezcurra (eds.). Oxford University Press, Nueva York, pp. 181-220.

Murphy, R.W. y F.R. Méndez de la Cruz. 2010. The herpetofauna of Baja California and its associated islands: A conservation assessment and priorities. En: *Conservation of Mesoamerican amphibians and reptiles*. L.D. Wilson, J.H. Towsend y J.D. Johnson (eds.). Eagle Mountain Publishing, Utah, pp. 239-273.

Murphy, R.W. y J.R. Ottley. 1979. *Ramphotyphlops braminus*. Geographic Distribution. *Herpetological Review* 10:119.

NaturaLista. 2020. *Naturalista* CONABIO. En: <www.naturalista.mx>, última consulta: octubre de 2020.

Ochoa-Ochoa, L.M. y O. Flores-Villela. 2006. *Áreas de diversidad y endemismo de la herpetofauna mexicana*. UNAM/CONABIO, México.

Parra-Olea, G., O. Flores-Villela y C. Mendoza-Almeralla. 2014. Biodiversidad de anfibios en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 8:460-466.

Peralta-García, A., J.H. Valdez-Villavicencio, L.A. Fucsko *et al.* 2023. The herpetofauna of the Baja California Peninsula and its adjacent islands, Mexico: composition, distribution, and conservation status. *Amphibian & Reptile Conservation* 17:57-142.

Pough, F.H., R.M. Andrews, J.E. Candle *et al.* 1998. *Herpetology*. Pearson Prentice Hall, Nueva Jersey.

Ramírez-Acosta, J., A. Castellanos, G. Arnaud *et al.* 2012. Conservation of endemic terrestrial vertebrates in the protected areas of the Baja California Peninsula, México. *Natural Areas Journal* 32:15-30.

Recuero, E., I. Martínez-Solano, G. Parra-Olea *et al.* 2004. *Smilisca baudinii* (Anura: Hylidae) in Baja California Sur, México. *Herpetological Review* 35:296.

—. 2006. Phylogeography of *Pseudacris regilla* (Anura: Hylidae) in western North America, with a proposal for a new taxonomic rearrangement. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 39:293-304.

Reynoso, F. 1990. *Gehyra mutilata*: Geographic distribution. *Herpetological Review* 21:22.

Riddle, B.R., D.J. Hafner, L.F. Alexander *et al.* 2000. Cryptic vicariance in the historical assembly of a Baja California peninsular desert biota. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 97(26):14438-14443.

Rodríguez-Estrella, R., J.J. Pérez-Navarro, V.H. Luja *et al.* 2018. *Propuesta de diagnóstico, erradicación y monitoreo post-erradicación de especies exóticas invasoras en oasis de Baja California Sur, centrándose en las dos más relevantes: rana toro Lithobates catesbeianus y manto de cristo Cryptostegia grandiflora*. Informe final SNIB-CONABIO, proyecto No. JE018. CIBNOR, La Paz.

Ruiz-Campos, G., J.L. Castro-Aguirre, S. Contreras-Balderas *et al.* 2002. An annotated distributional checklist of the freshwater fish from Baja California, Sur, México. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 12:143-155.

Santiago-León, F., G.A. Tena-González, M. Lagunas-Vazques *et al.* 2015. Diagnosis of degraded areas and proposals for ecological restoration in Baja California Sur. En: *Conservation science in México´s northwest. Ecosystem status and trends in the Gulf of California*. E.V. Wehncke, J.R. Lara-Lara, S. Álvarez-Borrego y E. Ezcurra (eds.). Institute for Mexico and the United States (UC Mexus)/SEMARNAT, México, pp. 391-406.

SEMARNAT. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. *Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010*. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación. Última reforma publicada el 14 de noviembre de 2019.

—. 2019. *Modificación del Anexo Normativo III, Lista de especies en riesgo de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010*. Publicada el 14 de noviembre de 2019 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.

Sinervo, B., F. Méndez de la Cruz, D.B. Miles *et al.* 2010. Erosion of lizard diversity by climate change and altered thermal niches. *Science* 328:894-899.

Tay, Z.J., S.J.G. Díaz, V.J.T. Sánchez *et al.* 2002 Snakes and reptiles of medical importance in Mexico. *Revista de la Facultad de Medicina-UNAM* 45(5):212-219.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

UICN. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. 2012. *Categorías y criterios de la Lista Roja de la UICN*. Versión 3.1. UICN, Suiza y Reino Unido.

Vanderplank, S., B.T. Wilder y E. Ezcurra. 2016. *Arroyo La Junta. Una joya biodiversa en la Reserva de la Biósfera Sierra La Laguna*. Botanical Research Institute of Texas and Next Generation Sonoran Desert Researchers, Texas.

Valdez-Villavicencio, J.H., B.D. Hollingsworth, C.R. Mahrdt *et al.* 2024. Geographic expansion of the Common House Gecko, *Hemidactylus frenatus* (Squamata, Gekkonidae), in Baja California Sur, Mexico. *Reptiles & Amphibians* 31(1):e20262.

Venegas, C.S. 2008. *Ecología geográfica de las lagartijas diurnas del Parque Nacional Bahía de Loreto, Baja California Sur*. Tesis de doctorado. CIBNOR, La Paz.

Vitt, L.J. y P. Caldwell. 2009. *Herpetology: An introductory biology of amphibians and reptiles*. Academic Press, Massachusetts.

Vivas, D., R. Inga y A. Yarlequé. 2012. Uso potencial de componentes del veneno de serpientes en el tratamiento del cáncer. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública* 29(3):396-401.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Serpientes de cascabel

Gustavo Alberto Arnaud Franco e Ivan Fernando Pozas Ocampo

Descripción

Las serpientes de cascabel pertenecen a la familia Viperidae, subfamilia Crotalinae, la cual agrupa a los géneros *Sistrurus* y *Crotalus*. Se les reconoce por la estructura que se encuentra en la parte terminal de su cuerpo (cascabel), que agitan cuando perciben una amenaza. Cabe señalar que la serpiente de la isla Catalana (*Crotalus catalinensis*) es la única que no presenta cascabel (Martins *et al.* 2008). Todas las especies son venenosas, tienen colmillos retráctiles (solenoglifos) y fosetas termoreceptoras ubicadas en el rostro, entre los orificios nasales y los ojos, con las cuales perciben oscilaciones de temperaturas entre 0.2 y 5°C, que les ayudan a detectar a sus presas (Klauber 1972). Tienen un bajo número de crías, crecimiento lento, maduración tardía y períodos prolongados entre tiempos de cría (Klauber 1972, Baupre y Duval 1998).

Como todos los reptiles, estas serpientes son organismos ectotermos o de sangre fría, esto es que requieren del calor del sol para regular su temperatura corporal. Sus ojos inmóviles no tienen párpados, pero están protegidos por una escama traslúcida. Su cuerpo está cubierto en el dorso por escamas quilladas (protuberancia o cresta al centro de cada escama); su coloración varía entre especies e incluso entre una misma especie, de acuerdo con el hábitat y el sustrato en que se encuentre (Greene 1997). La serpiente *C. catalinensis* presenta dos coloraciones en la isla Catalana: gris y café obscuro (Grismer 2002).

Diversidad

Se han descrito 53 especies del género *Crotalus*, de las cuales 45 (84.9%) se encuentran en territorio nacional (Uetz *et al.* 2020), por ello se reconoce a México como el centro de diversificación del género (Campbell y Lamar 2004). En Baja California Sur y sus islas, las serpientes de cascabel están representadas por seis especies (cuatro en la península y dos exclusivas en islas, figura 1, cuadro 1).

Distribución

Los principales factores que determinan la distribución de las serpientes de cascabel son el alimento, el clima y la disponibilidad de refugios (Klauber 1972). En general, las especies se encuentran en las ocho ecorregiones del estado (González-Abraham *et al.* 2010): Desierto Central, Desierto Vizcaíno, Costa Central del Golfo, Sierra La Giganta, Planicies de Magdalena, Selvas Bajas del Cabo, Matorrales Tropicales y Bosque de la Sierra La Laguna, y su distribución particular varía en función de los hábitats que prefiere cada especie;

Arnaud, G. e I. Pozas-Ocampo. 2025. Serpientes de cascabel. En: *La biodiversidad en Baja California Sur. Estudio de Estado*. Vol. II. CONABIO/FFB, México, pp. 438-443.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

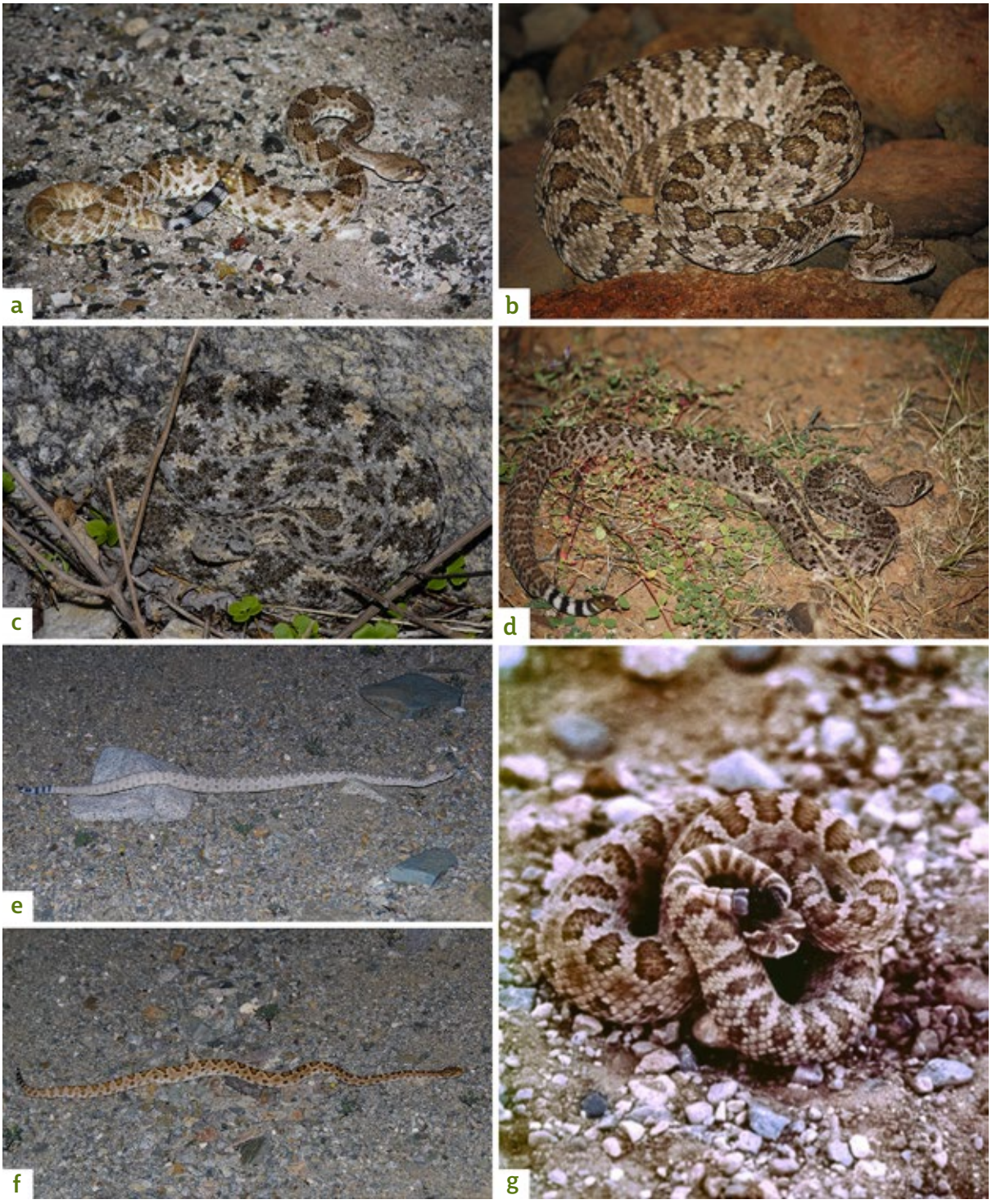


Figura 1. Serpientes de cascabel de Baja California Sur: a) serpiente de cascabel de diamantes (*Crotalus ruber*); b) serpiente de cascabel de Baja California (*Crotalus enyo*); c) serpiente de cascabel manchada (*Crotalus mitchellii*); d) serpiente de cascabel de la isla Tortuga (*Crotalus atrox*); e) serpiente de cascabel de la isla Catalana (*Crotalus catalinensis*), con coloración gris claro; f) *Crotalus catalinensis* con coloración café obscuro; g) serpiente de cascabel de Vizcaíno (*Crotalus viridis*). Fotos: Gustavo Arnaud (a, b, c, d, e, f), J.A. Lemos-Espinal (g).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Cuadro 1. Distribución y estatus de conservación de las serpientes de cascabel en la entidad.

Especie	Distribución	NOM-059	UICN
Crotalus enyo	Endémica. Baja California Sur e islas Margarita,[b] Carmen,[a] Cerralvo,[a] Coronados,[a] Espíritu Santo,[a] Partida Sur,[a] San Francisquito,[a] San José[a] y San Marcos[a]	A	LC
C. mitchellii	Baja california Sur e islas Magdalena,[b] Margarita,[b] Carmen,[a] Cerralvo,[a] Espíritu Santo,[a] Monserrat,[a] Partida Sur[a] y San José[a]	Pr	LC
C. ruber	Baja California Sur e islas Cedros,[b] Margarita,[b] Coronados,[a] Danzante,[a] Monserrat,[a] San José[a] y San Marcos[a]	Pr	LC
C. viridis	Baja California Sur	Pr	LC
C. catalinensis	Endémica. Isla Catalana[a]	A	CR
C. atrox	Islas Santa Cruz[a] y Tortuga[a]	Pr	LC

A: amenazada; Pr: sujeta a protección especial; LC: preocupación menor; CR: en peligro crítico. [a]Islas del golfo; [b]islas del Pacífico. Fuente: elaboración propia con datos de Grismer 2002, SEMARNAT 2010, Arnaud *et al.* 2014, Uetz *et al.* 2020.

sin embargo, no se les encuentra en ambientes halófilos ni en manglares. En las islas de la entidad se distribuyen en tres del Pacífico y 14 del golfo de California (cuadro 1; Grismer 2002).

Importancia

La importancia ecológica de estas serpientes en los ambientes en que se distribuyen es alta (Klauber 1972); su presencia y abundancia refleja el estado de conservación de los ecosistemas, debido a que son sensibles a la disponibilidad y distribución de recursos, por lo tanto, son indicadoras de la calidad del hábitat (Greene 1997). En la cadena alimenticia se ubican como depredadores y a la vez son presa de otras especies, como carnívoros y aves rapaces. Son parte del control natural de roedores en zonas agrícolas al alimentarse de ellos (Environment Canada 2010), aun cuando la tasa de reproducción de los roedores es alta, lo cual se debe a que las serpientes consumen entre uno y dos ratones por semana. Cabe señalar que ninguna especie es comercializada, ni forma parte de la cosmovisión de los habitantes rurales de la región.

Situación y estado de conservación

Las serpientes de cascabel son parte de la fauna silvestre del país, y están sujetas a su protección por las leyes mexicanas, como la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (SEDUE 1988) y la Ley General de Vida Silvestre (SEMARNAT 2000). Las seis especies presentes en el estado se encuentran en la NOM-059, con las categorías de: amenazadas (2 especies) y sujetas a protección especial (4; SEMARNAT 2010). Asimismo, están en la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), donde se incluye una especie en peligro crítico (Ávila-Villegas *et al.* 2007), y cinco en preocupación menor (cuadro 1; Uetz *et al.* 2020).

A nivel internacional, México es signatario del Convenio sobre la Diversidad Biológica, con lo cual se compromete a proteger y conservar su biodiversidad (UN 1992). Sin embargo, a pesar de la normatividad existente, se requiere llevar a cabo un mayor esfuerzo en la región, en lo relativo a la inspección y vigilancia, no solo en las islas sino también en la Península de Baja California. Para ello, se requieren acciones coordinadas entre la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) y la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), así como de los gobiernos municipales y el estatal, para evitar la extracción ilegal de serpientes por traficantes de fauna silvestre, coleccionistas e investigadores sin permisos oficiales; y al mismo tiempo prevenir la introducción de especies exóticas, la destrucción y la fragmentación del hábitat.

Factores de presión

Las características biológicas de las serpientes de cascabel las convierten en especies vulnerables a la acción humana, más aún en aquellas con distribución microendémica en islas, como es el caso de *C.*

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

catalinensis. Aunque se desconocen los efectos que causan las actividades antropogénicas, las que afectan directamente a las poblaciones de serpientes en la entidad son: 1) modificaciones al hábitat por el cambio de uso del suelo, para actividades de agricultura y ganadería, así como el incremento de desarrollos turísticos; 2) colecta ilegal; 3) atropellamientos en carreteras; 4) persecución y muerte indiscriminada por el temor que generan y la falta de educación ambiental; y 5) introducción de especies exóticas en las islas, como gatos depredadores de roedores (principal alimento de las serpientes), y cabras que eliminan la cobertura vegetal.

De las acciones mencionadas, la que incide particularmente sobre las especies endémicas de islas es la colecta ilegal (Mellink 1995, Arnaud *et al.* 2008, Arnaud 2015), a pesar de que estas áreas pertenecen al Área de Protección de Flora y Fauna Islas del Golfo de California, lo cual es particularmente grave, porque son poblaciones aisladas por miles o millones de años con características morfológicas, ecológicas y genéticas particulares, que las convierte en especies ecológicamente relevantes y unidades evolutivas únicas. Esta actividad no solamente se lleva a cabo por traficantes de fauna silvestre, sino también por investigadores sin permisos oficiales, coleccionistas, herpetarios o museos que pretenden exhibirlos en sus instalaciones (Arnaud 2015).

En México, las serpientes de cascabel se encuentran entre los reptiles más amenazados, debido al temor que generan por ser especies venenosas (Gatica-Colima y Jiménez-Castro 2009). Si bien el número de accidentes ofídicos (mordeduras) en el estado es de los menores en el país (González-Rivera *et al.* 2009), con un promedio anual de 16.75 casos entre 2003 y 2018 (SS 2018), la falta de información sobre su biología y peligrosidad afecta su conservación.

Acciones de conservación

Las actividades humanas son el factor más importante que afecta a las serpientes. Por ello, es necesario llevar a cabo estrategias de educación ambiental, tanto a nivel rural como urbano, en escuelas, centros comunitarios y áreas naturales protegidas, para abordar el tema de las serpientes de cascabel, las cuales, por ser venenosas, es difícil que generen empatía con la gente; sin embargo, se considera que es posible modificar la percepción de que son animales negativos y peligrosos. Asimismo, es necesario abordar los mitos asociados a estas especies, como el atribuir a su carne propiedades curativas capaces de eliminar padecimientos como el cáncer, o que son capaces de hipnotizar a sus presas para morderlas. Por el contrario, se debe enfatizar su valiosa función en la naturaleza como depredador y al mismo tiempo que es presa de otros animales, lo que las hace parte integral de las redes tróficas.

En este contexto, por la importancia de las serpientes de cascabel en el mantenimiento y estabilidad de los ecosistemas, como parte importante de la biodiversidad, es necesario disponer de estrategias para garantizar su conservación. En este sentido, la conservación *in situ*, definida como la protección de las especies en su entorno natural, que se deriva de la protección de los hábitats y los ecosistemas integrados (UN 1992), es prioritaria, porque mantiene a las especies en relación estrecha con su hábitat y permite el flujo genético (Edwards y Kelbessa 1999). De esta manera, los procesos evolutivos y ecológicos se mantienen y promueven la adaptación de las especies a las condiciones ambientales cambiantes (WCMC 1992).

Como medida complementaria podría recurrirse a la conservación *ex situ*, definida como la protección de las especies fuera de su entorno natural, la cual no considera los procesos evolutivos y ecológicos; no obstante, es útil como fuente de individuos para su reintroducción en áreas en las que los factores negativos que afectaban a una especie hayan sido controlados y/o eliminados (UN 1992). Este tipo de conservación podría considerarse para la serpiente de cascabel de la isla Catalana (*C. catalinensis*); no obstante, debido a que los factores negativos fueron eliminados (presencia de gatos y muerte de serpientes por pescadores), la conservación *in situ* actualmente es la opción más viable.

Conclusiones y recomendaciones

Dado que las serpientes de cascabel participan en el mantenimiento y la estabilidad de los ecosistemas, y que son sensibles a la disponibilidad y distribución de recursos, se les considera indicadoras de la calidad del hábitat. Para hacer efectiva su conservación *in situ*,

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

es necesario desarrollar estrategias de educación ambiental y recabar información sobre la historia natural y abundancia de las diferentes especies presentes en el estado, debido a que la mayor limitante en los planes de conservación de cualquier especie de serpiente es la falta de conocimiento sobre su biología básica (Dodd 2001).

Referencias

Arnaud, G. 2015. *Conservación de serpientes de cascabel de la península e islas del golfo de California y del Pacífico*. Informe final SNIB-CONABIO, proyecto No. HK051. CIBNOR, La Paz.

Arnaud, G., R.A. Carbajal-Márquez, J. Rodríguez-Canseco y E. Ferreyra. 2014. Primeros registros de la cascabel roja (*Crotalus ruber*) en la isla Coronados, golfo de California, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85(1):322-324.

Arnaud, G., M. Martins, L. Burguete-Trujillo *et al.* 2008. Historia natural de la serpiente de cascabel *Crotalus catalinensis*, endémica de la isla Santa Catalina, golfo de California, México. En: *Estudios de las islas del golfo de California*. L.M. Flores-Campaña (ed.). Universidad Autónoma de Sinaloa/Gobierno del Estado de Sinaloa/CONACYT, México, pp. 83-90.

Ávila-Villegas, H., D.R. Frost y G. Arnaud. 2007. *Crotalus catalinensis*. *IUCN Red List of Threatened Species*. *Version 2013.2*. En: <www.iucnredlist.org>, última consulta: 20 de febrero de 2014.

Baupre, S.J. y D.J. Duval. 1998. Integrative biology rattlesnakes. *BioScience* 48(7):531-538.

Campbell, J.A. y W.W. Lamar. 2004. *The venomous reptiles of Western hemisphere*. Cornell University Press, Nueva York.

Dodd, C.K.Jr. 2001. Strategies for snake conservation. En: *Snakes: ecology and behavior*. R.A. Seigel y J.T. Collins (eds.). The Blackburn Press, EUA, pp. 363-393.

Edwards, S. y E. Kelbessa. 1999. Indicators to determine the level of threat to tree species. En: *Proceedings of the national workshop on forest genetic resources conservation: principles, strategies and actions*. S. Edwards, A. Demissie, T. Bekele y G. Haase. (eds.). IBCR/GTZ, Addis Ababa, pp. 101-133.

Environment Canada. 2010. *Recovery strategy for the timber rattlesnake (Crotalus horridus) in Canada*. Species at Risk Act Recovery Strategy Series. Environment Canada, Ottawa.

Gatica-Colima, A. y J.A. Jiménez-Castro. 2009. Serpientes de cascabel: percepción por algunos pobladores del Desierto Chihuahuense en el estado Chihuahua. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales* 5:198-204.

González-Abraham, Ch., P. Garcillán, E. Ezcurra y el Grupo de Trabajo de Ecorregiones. 2010. Ecorregiones de la Península de Baja California: una síntesis. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 87:69-82.

González-Rivera, A., P. Chico-Aldama, W. Domínguez-Viveros *et al.* 2009. Epidemiología de las mordeduras por serpiente. Su simbolismo. *Acta Pediátrica de México* 30(3):182-191.

Greene, H. 1997. *Snakes: the evolution of mystery in nature*. Berkeley University of California Press, California.

Grismer, L.L. 2002. *Amphibians and reptiles of Baja California, including its Pacific Islands and the Islands in the Sea of Cortes*. University of California Press, Berkley.

Klauber, L.M. 1972. *Rattlesnakes: Their habits, life histories and influence on mankind*. University of California Press, Berkley.

Martins, M., G. Arnaud y R. Murillo-Quero. 2008. Exploring hypotheses about the loss of the rattle in rattlesnakes: how arboreal is the isla Santa Catalina rattleless rattlesnake, *Crotalus catalinensis*? *South American Journal of Herpetology* 3:162-167.

Mellink, E. 1995. The potential effect of commercialization on reptiles from Mexico's Baja California Peninsula and its associated islands. *Herpetological Natural History* 3:95-99.

SEDUE. Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología. 1988. *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente*. Publicada el 28 de enero de 1988 en el Diario Oficial de la Federación. Última reforma publicada el 11 de abril de 2022.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2000. *Ley General de Vida Silvestre*. Publicada el 3 de julio del 2000 en el Diario Oficial de la Federación. Última reforma publicada el 20 de mayo de 2021.

—. 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.

SS. Secretaría de Salud. 2018. *Boletín epidemiológico*. Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica-Dirección General de Epidemiología, México.

Uetz, P., P. Freed y J. Hošek. 2020. *The Reptile Database*. En: <www.reptile-database.org>, última consulta: 10 de octubre de 2020.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

UN. United Nations. 1992. *Convention on Biological Diversity*. United Nations, Nueva York.

WCMC. World Conservation Monitoring Centre. 1992. *Global biodiversity: status of the earth's living resources. A report compiled by the World Conservation Monitoring Centre (WCMC)*. Chapman and Hall, Londres.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Las tortugas marinas

María Mónica Lara Uc, Juan Manuel López Vivas y Enrique Alejandro Gómez Gallardo Unzueta

Introducción

Las tortugas pertenecen a la clase Reptilia, han existido en el planeta hace cientos de millones de años comenzando su evolución y diversificación en el período Triásico a principios del Mesozoico, donde se estima que tuvieron su gran esplendor junto con los grandes reptiles (ictiosaurios, dinosaurios y pterodáctilos; Márquez 2002, Frazier 2003). Se han agrupado en terrestres, dulceacuícolas y marinas, dentro del orden Testudines (Reptilia, Sauropsida), el cual es un grupo monofilético que desde su aparición no ha presentado cambios esenciales entre las especies (Márquez 2002), ya que todas se caracterizan por poseer un caparazón que protege su cuerpo, huevo amniota y cuello retráctil o semi-retráctil, además de que dentro del grupo mantienen una reducida variabilidad genética (Avise *et al.* 1992, Pleguezuelos 1997, Márquez 2002). Particularmente, el suborden Cryptodira (aquellas con cuello semi-retráctil) se constituye por dos familias, donde se albergan las especies marinas:

- Familia Cheloniidae. Es considerada la más antigua (cuyo origen se remonta a 100 millones de años aproximadamente) de la que se tiene mayor registro fósil (Márquez 2002, Fraizer 2003). A nivel mundial, dentro de esta familia actualmente se tienen seis especies que pueden encontrarse en casi todos los océanos y se caracterizan por tener el caparazón duro y cubierto por placas córneas. Estas especies son: tortuga amarilla (*Caretta caretta*), carey (*Eretmochelys imbricata*), golfina (*Lepidochelys olivacea*), lora (*Lepidochelys kempii*), verde (*Chelonia mydas*, también llamada tortuga negra, prieta o tortuga verde del Pacífico oriental) y plana o kikila (*Natator depressus*; Márquez 2002).
- Familia Dermochelydae. Cuenta con una sola especie a nivel mundial y se considera que apareció en la tierra hace ~25 millones de años: la tortuga laúd (*Dermochelys coriacea*; Ernst y Barbour 1989).

En México, de las siete especies de tortugas marinas del mundo, seis residen en sus mares y costas para realizar actividades como reproducción, anidación y alimentación, mientras que la especie *Natator depressus* es endémica de las costas de Australia (Márquez 2002). Algunos estados que destacan por ser puntos clave para las actividades biológicas de las tortugas marinas son Oaxaca, Guerrero, Michoacán, Tamaulipas, Yucatán, Quintana Roo, Sinaloa y Baja California Sur (SEMARNAT 2010b). Cabe destacar que la tortuga lora (*Lepidochelys kempii*) se considera específica para las playas del golfo de México (Tamaulipas, Veracruz y Yucatán), donde utilizan estos ambientes como sitios de anidación y

Lara-Uc, M.M., J.M. López-Vivas y A. Gómez-Gallardo U. 2025. Las tortugas marinas. En: *La biodiversidad en Baja California Sur. Estudio de Estado*. Vol. II. CONABIO/FFB, México, pp. 444-454.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

alimentación (Cuevas *et al.* 2010, Carreras 2013). Por su parte, todas las tortugas marinas del mundo se encuentran en estado vulnerable, en peligro de extinción o en peligro crítico de extinción conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010 y la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (cuadro 1; Abreu-Grobois y Plotkin 2008, SEMARNAT 2010b, Wallace *et al.* 2013, UICN 2025).

Tortugas marinas en Baja California Sur

Debido a la abundancia de estas especies en ambientes costeros, las tortugas han sido utilizadas como medio de subsistencia por diferentes culturas a lo largo del tiempo, tanto en regiones del Atlántico como del Pacífico, siendo parte de las costumbres y tradiciones de los pueblos prehispánicos (Márquez 2002). Baja California Sur es uno de los sitios geográficos donde se pueden encontrar cinco de las seis especies que llegan a México: *Caretta caretta*, *Eretmochelys imbricata*, *Chelonia mydas*, *Lepidochelys olivacea* y *Dermochelys coriacea*, y en territorio sudcaliforniano tienen tanto zonas de alimentación como de anidación (SEMARNAT 2010b). Las tortugas amarilla (*C. caretta*) y carey (*E. imbricata*) solo utilizan los ambientes sudcalifornianos para alimentarse, mientras que las tortugas verde (*C. mydas*), laúd (*D. coriacea*) y golfina (*L. olivacea*) utilizan las playas para anidación y alimentación (SEMARNAT 2010a). Las playas de anidación en Baja California Sur se encuentran específicamente en Todos Santos, La Paz y Los Cabos (figura 1; Márquez *et al.* 2014). A continuación, se presenta una breve descripción de las especies presentes en la entidad.

Las especies de tortugas marinas

Caretta caretta

Se le conoce por varios nombres comunes: amarilla, boba, cabezona, cayume, cayuma, perica y caguama (en inglés *loggerhead turtle*). Es una tortuga marina pelágica que habita océanos de todo el mundo. El tamaño de esta tortuga hace que sea muy fácil de identificar sobre todo por el tamaño de su cabeza (figura 2), de ahí su nombre de cabezona (Báez *et al.* 2005, CONABIO 2012). En promedio, mide 90 cm de longitud y pesa 135 kg, aunque se han observado ejemplares de más de 2.5 m de largo, siendo la más grande después de la tortuga laúd (figura 2). Se les puede identificar por su caparazón que tiene gran cantidad de balanos (crustáceos), parásitos y algas (Márquez 2002, Badillo 2007). En Baja California Sur esta especie se concentra en el golfo de Ulloa, principalmente ejemplares jóvenes que, en general, se alimentan de la langostilla *Pleuroncodes planipes* (crustáceo que se encuentra en grandes bancos en la región); sin embargo, en estudios de contenidos estomacales se encontró que las caguamas comen peces con mayor frecuencia en el área (Márquez 2002, Peckham *et al.* 2011). No hay zonas de anidación reportadas en Baja California Sur (Peckham *et al.* 2011).

Eretmochelys imbricata

Conocida como carey en toda América latina, su cabeza es estrecha con dos pares de escamas prefrontales y tres pares de posorbitales (figura 3); además, posee un pico córneo liso y afilado (Márquez 2002,

Cuadro 1. Estado de conservación de las seis especies de tortugas marinas presentes en México.

Nombre común	Especie	NOM-059	UICN
Tortuga amarilla	*Caretta caretta*	P	Vulnerable
Tortuga carey	*Eretmochelys imbricata*	P	En peligro crítico
Tortuga golfina	*Lepidochelys olivacea*	P	Vulnerable
Tortuga lora	*Lepidochelys kempii*	P	En peligro crítico
Tortuga verde	*Chelonia mydas*	P	En peligro
Tortuga laúd	*Dermochelys coriacea*	P	Vulnerable

P: en peligro de extinción. Fuente: elaboración propia con información de SEMARNAT 2010, UICN 2025.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

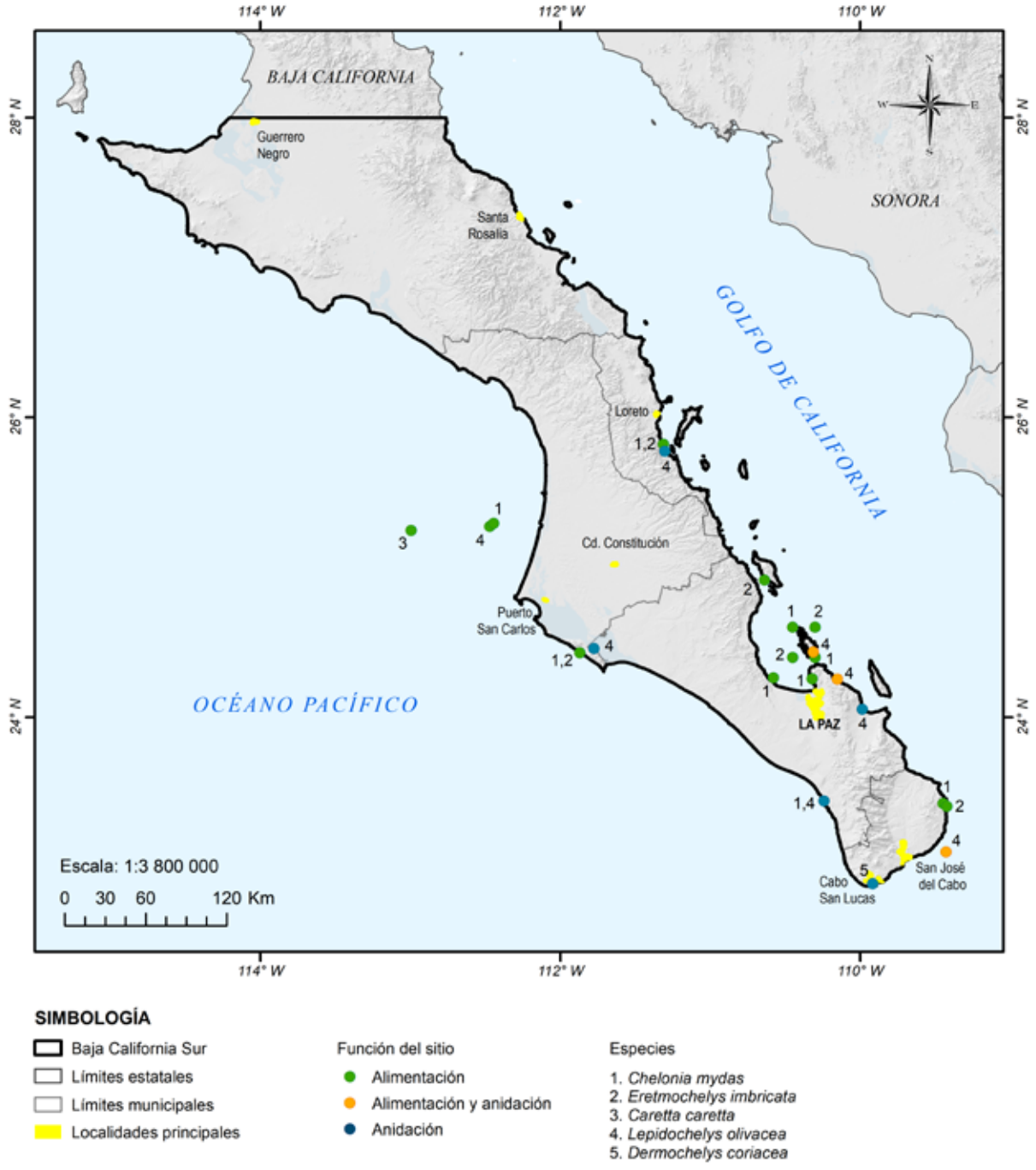


Figura 1. Zonas de alimentación y/o anidación para las especies de tortugas presentes en Baja California Sur. Se indica en cada zona la especie o especies consideradas. Fuente: elaboración propia.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Figura 2. Apariencia de la cabeza de la tortuga amarilla (*Caretta caretta*). Foto: María Mónica Lara Uc.

Revuelta y Tomás 2010). Su caparazón es largo con cuatro pares de escudos laterales, el cual puede tener forma ovalada o de corazón y que puede variar con la edad; éste presenta el borde aserrado que, junto con la forma del pico y la coloración dorsal del caparazón ámbar-café, son las características distintivas de la especie (Márquez 2002, Revuelta y Tomás 2010). Los escudos que se encuentran por debajo del plastrón son cuatro en cada puente. Se han registrado valores del largo curvo del caparazón entre 65 y 80 cm aproximadamente, y tienen un peso promedio de entre 40 y 60 kg, pero pueden llegar a pesar un poco más de 80 kg (Márquez 2002). En Baja California Sur esta tortuga se puede encontrar en bahía Magdalena, Mulegé, el Parque Nacional Zona Marina del Archipiélago Espíritu Santo, el Parque Nacional Bahía de Loreto y el Parque Nacional Cabo Pulmo (SEMARNAT 2010a), espacios que se reconocen como zonas de alimentación de ejemplares jóvenes y adultos (no hay zonas de anidación en el estado). Aunque su dieta puede ser omnívora (variada de acuerdo con la disponibilidad de corales, tunicados y algas), esta tortuga se alimenta principalmente de esponjas, por lo que se considera carnívora-espongívora (van Dam 1997, SEMARNAT 2010a, Campbell 2014).

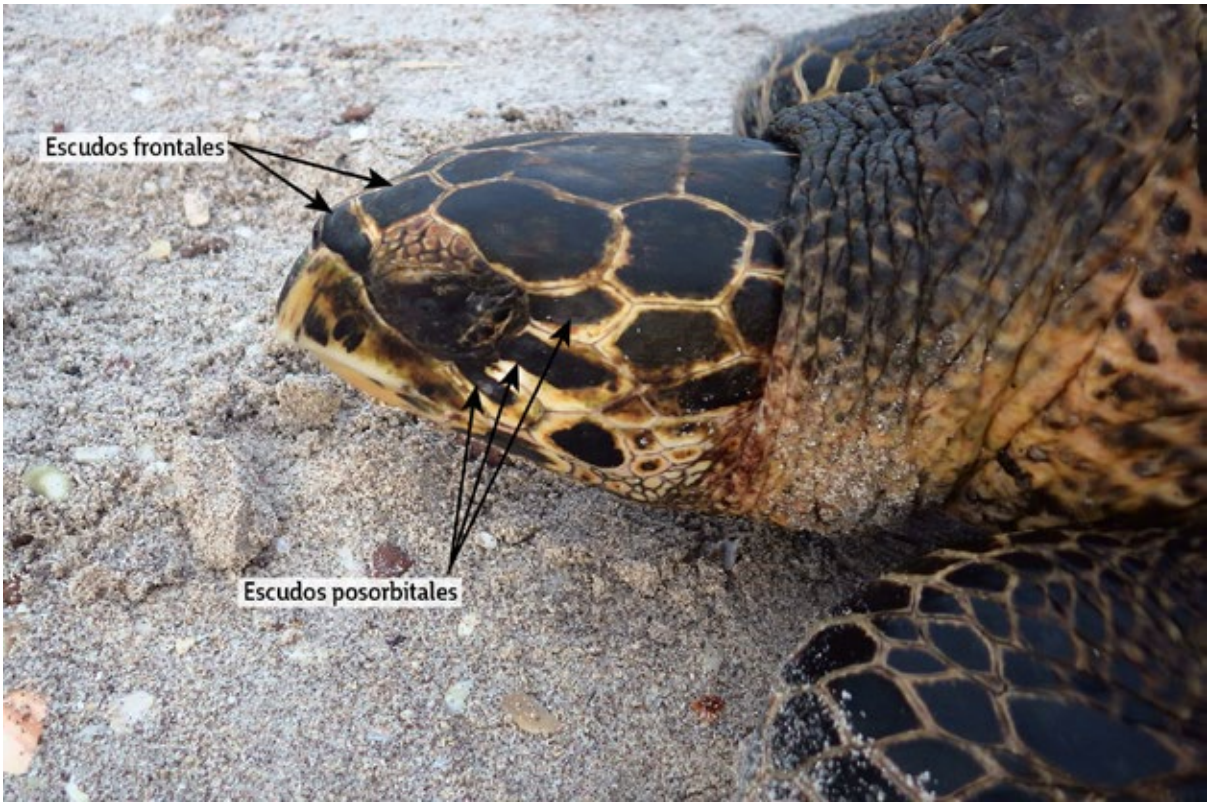


Figura 3. Detalle de los escudos craneales de la tortuga carey (*Eretmochelys imbricata*). Foto: María Mónica Lara Uc.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Chelonia mydas

También es conocida como tortuga verde del Pacífico mexicano o tortuga blanca del Atlántico. Se diferencia fácilmente por la forma de su cabeza chata con cuatro escamas posorbitales (es decir, por detrás de los ojos, figura 4); por su parte, el plastrón (parte ventral del carapacho) presenta cuatro escudos inframarginales sin poros en cada puente (Eckert *et al.* 2000). Tienen en promedio una longitud de 90 cm y un peso que va desde los 40 a los 120 kg (Eckert *et al.* 2000, Márquez 2002). Esta especie llega a las zonas de alimentación cuando los ejemplares han alcanzado los 40 cm de longitud (Márquez 2002) donde, de acuerdo con Serminoff y colaboradores (2002), se alimenta principalmente de pastos y algas marinas, aunque se tienen registros de contenidos estomacales que reportan medusas, esponjas, moluscos, gusanos y anfípodos (Hays-Brown y Brown 1982). En Baja California Sur la tortuga verde se puede encontrar en la laguna Ojo de Liebre, laguna San Ignacio, bahía Tortugas y bahía Magdalena, así como en el Parque Nacional Zona Marina del Archipiélago Espíritu Santo y el Parque Nacional Cabo Pulmo (Cliffton *et al.* 1981, SEMARNAT 2010b), donde acude a alimentarse de algas y pastos marinos; cabe señalar que existen playas como sitios de anidación esporádica en Todos Santos y Cabo Pulmo (Márquez 2002, SEMARNAT 2010b).

Lepidochelys olivacea

Es la especie más pequeña de las tortugas marinas y se considera la especie más abundante en el mundo (Eckert *et al.* 2000). En México se le conoce como tortuga golfina, mientras que en Centroamérica como tortuga lora u olivácea (CIT 2005a, Márquez 2002). Se distingue por tener entre cinco y nueve pares de escudos laterales (muchos más que las otras), su caparazón es circular y plano de un color olivo; los puentes del plastrón presentan cuatro escudos inframarginales con un poro muy distinguible cada uno; tienen una o dos uñas en el borde anterior de cada aleta (Márquez 2002). Su cabeza es triangular (figura 5) con dos pares de escamas prefrontales y un pico córneo sin bordes aserrados que encaja en una hendidura de la mandíbula superior (CIT 2005a, Eckert *et al.* 2000). La longitud promedio del caparazón es de 67 cm, pero puede llegar a medir hasta 78 cm (Márquez 1996, Eckert *et al.* 2000, Pérez 2006); su peso máximo reportado es de 65 kg, pero en promedio pesan rededor de 40 kg (Márquez 2002, CIT 2005a, Pérez 2006). En Baja California Sur se tienen diversas playas que son importantes para la anidación de esta especie (CONANP 2008), las cuales se encuentran en los municipios de La Paz y Los Cabos. Su dieta es mayormente carnívora, compuesta principalmente por crustáceos, moluscos, peces y salpas (Márquez 2002). Una de las características más distintivas del comportamiento de la tortuga golfina es que tienden a anidar masivamente, fenómeno que se conoce como arribadas o arribazones; sin embargo, en las playas sudcalifornianas no ha sido registrado este comportamiento (CONANP 2008).

Dermochelys coriacea

La tortuga laúd constituye por sí sola la familia Dermochelyidae. A nivel mundial se le conoce por diferentes nombres: laúd, canal, garapacho, siete filos, machicuepa, siete quillas, de altura, chalupa, bagra, burrón, canaá, cana, cardón, cardona, baula o tinglar. En inglés se le llama *leatherback turtle* que significa espalda de cuero, lo cual hace referencia a la piel suave que la cubre y sin placas córneas en su caparazón ni en su cráneo (figura 6). Los adultos miden de 1.30 a 2.56 m y pesan entre 150 a 1 069 kg. Se tiene registro de un macho capturado en Gales (Gran Bretaña), con un peso de casi 1 000 kg y una longitud de 305 cm desde la punta de la cabeza hasta el final de la cola, aunque las tortugas de este tamaño son raras (CIT 2005b, Sarti *et al.* 2007). Tienen un cuerpo fusiforme y aplanado; caparazón liso con siete hileras de crestas dorsales y cinco ventrales que la recorren de la cabeza a la cola, con el dorso de color negro y motas blancas. Sus aletas tienen forma de remo y no presentan uñas. Si bien la coloración es predominantemente negra en el dorso, las aletas tienen los márgenes blancos y presentan unas líneas de escamas blancas a lo largo del dorso. El caparazón es ligeramente flexible, compuesto de numerosas placas óseas de tamaño pequeño (huesos dérmicos) embebidas en una gruesa y lisa piel de queratina; las costillas son delgadas y carecen de rebordes pleurales, manteniéndose separadas toda la vida del organismo. En la parte dorsal de la cabeza presentan una mancha rosa característica de cada

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

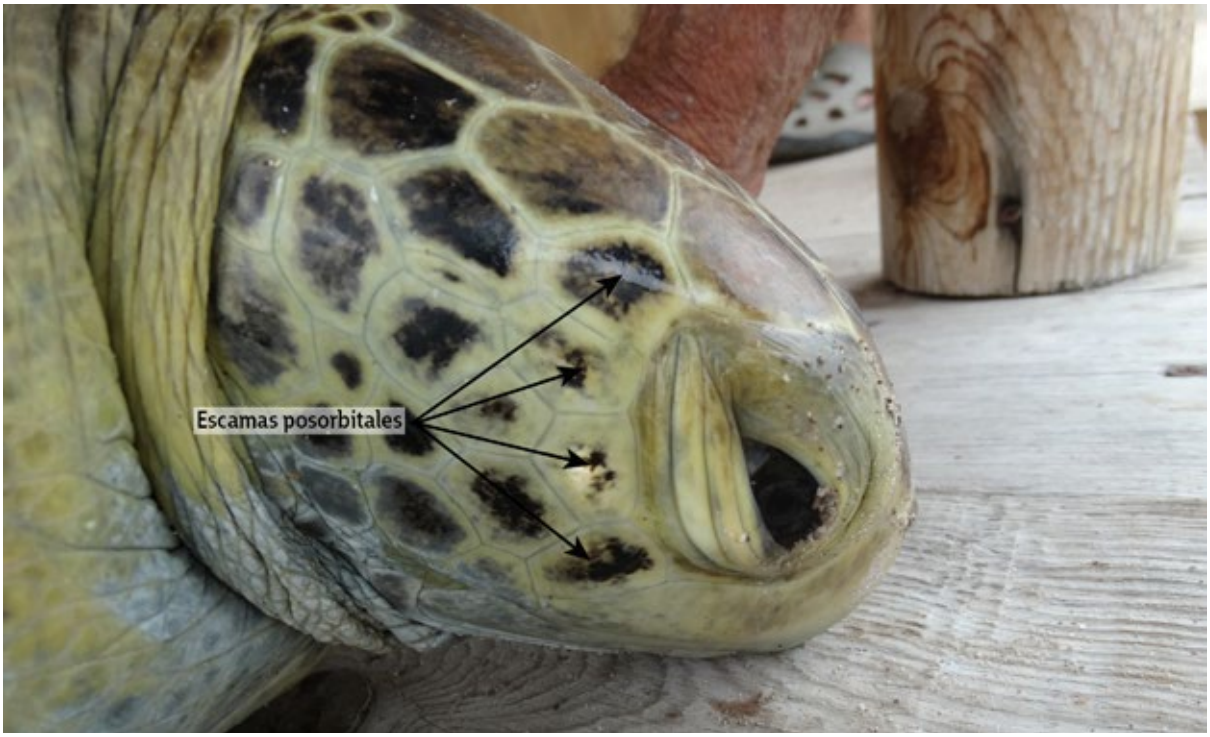


Figura 4. Imagen de las escamas posorbitales que caracterizan la cabeza de la tortuga verde (*Chelonia mydas*). Foto: María Mónica Lara Uc.



Figura 5. Tortuga golfina (*Lepidochelys olivacea*) en playa de anidación en Baja California Sur; se observa la cabeza de forma triangular con un pico protuberante. Foto: Jorge A. Vega.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

individuo, por lo que puede ser usada como marca de identificación individual (Pritchard y Mortimer 1999, Sarti *et al.* 2007). En Baja California Sur esta especie anida esporádicamente en los meses de noviembre a marzo en Agua Blanca, Todos Santos y Los Cabos (Sarti *et al.* 2007).

Importancia cultural y ecológica

En la historia de la humanidad, el aspecto y longevidad de las tortugas han provocado que creencias religiosas, magia y mitología se relacionen, en específico, con las tortugas marinas (Tiburcio 2012). Hay autores que plantean una relación estrecha entre las sociedades, la cultura y el medio ambiente, enfocada principalmente a actividades tan básicas como la adquisición de alimentos (Burstein 1989). También existen evidencias de que las tortugas marinas se encontraban en los glifos mayas en eventos tan importantes como el "evento principal de la creación" con el dios del maíz a través del caparazón agrietado de una tortuga (Freidel *et al.* 1993). Ya después de la conquista de México por los españoles, los cronistas de aquella época informaron que las tortugas marinas eran de los animales que traían, desde el golfo de México, los pobladores del actual estado de Tabasco (Scholes y Roys 1968). En esa misma época se comentaba que la pesca de tortugas era una industria muy lucrativa porque, además del consumo directo, también existía interés por los artículos fabricados con los caparazones (Scholes y Roys 1968). En el golfo de California, las tribus seris asentadas en Sonora, así como en las costas e islas de la región, guardan una relación muy estrecha con la tortuga laúd, a la que incluso han dedicado ritos de fertilidad y abundancia; asimismo, en los estados de Michoacán y Oaxaca se presentan relaciones similares entre pobladores y tortugas (Cifuentes *et al.* 1990, Márquez 1996).

En relación con su importancia ecológica, las tortugas marinas contribuyen a la regulación de los ambientes, moderando los fenómenos naturales y regulando la biodiversidad y la modificación del hábitat (Patel *et al.* 2022). Hay diversos ejemplos de su función en la regulación de las praderas de pastos marinos para mantenerlas saludables (Heithaus *et al.* 2014, Lovich *et al.* 2018). También pueden actuar como



Figura 6. Tortuga laúd (*Dermochelys coriacea*), se aprecia que su cabeza no presenta escamas córneas bien definidas. Foto: Valeria Lucero.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

agentes de cambio en las costas, por ejemplo cuando salen a desovar, sobre todo cuando lo hacen en números grandes al modificar amplias extensiones de playa (y su flora y fauna asociadas; Heithaus 2013). Además, son hospederos de un gran número de epibiontes, parásitos y patógenos, convirtiéndose en una fuente de alimento para varias especies de peces e invertebrados que consumen estos huéspedes (Bjorndal y Jackson 2002). Adicionalmente, son una importante fuente de alimento directo para otros animales en las distintas etapas de su ciclo de vida, ya que los huevos y crías son consumidos por diversos depredadores, mientras que los jóvenes y adultos son presas de focas, jaguares y orcas (Heithaus 2013). Finalmente, las tortugas marinas son recicladores de nutrientes al consumir los pastos marinos más antiguos y menos productivos; o bien, incorporan distintos componentes a las playas con los restos de los huevos de cada nidada (Teelucksingh *et al.* 2010).

Amenazas y acciones de conservación

Durante las últimas décadas se han desarrollado esfuerzos importantes para proteger las distintas poblaciones de tortugas marinas; sin embargo, aún hay factores que presionan sus poblaciones lo que provoca que continúen catalogadas como especies amenazadas. De acuerdo con la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA 2019) los factores de mayor importancia son:

- La extracción directa (para comercio directo de la carne o artesanías).
- La captura y mortalidad incidental en pesquerías.
- La persistente extracción de huevos y hembras en playas de anidación.
- La destrucción, contaminación o degradación de sitios de alimentación.
- La transformación o destrucción de playas de anidación por desarrollos costeros (incluyendo la iluminación artificial).

Así, desafortunadamente las tortugas marinas aún son sacrificadas por su carne, huevos, caparazón (utilizado en la manufactura de joyas, particularmente de la tortuga carey) y piel (utilizada para la elaboración de productos de cuero, principalmente de hembras anidadoras), con lamentables consecuencias (CONANP 2022). Entre las diversas acciones para su protección se encuentra el reconocimiento legal de su condición como en peligro de extinción en la NOM-059 (SEMARNAT 2010b). Asimismo, como respuesta a las amenazas mencionadas anteriormente, desde mediados de la década de los sesenta surge el Programa Nacional para la Conservación de Tortugas Marinas con dos propósitos principales: la regulación pesquera y la promoción de las actividades de investigación y conservación de las distintas poblaciones (Márquez *et al.* 2014).

Además, el gobierno federal ha establecido una serie de mecanismos legales con la finalidad de proteger y conservar las poblaciones, así como propiciar su recuperación poblacional (PROFEPA 2019). Por ejemplo, dentro de la Ley General de Vida Silvestre, en su artículo 60 Bis 1, se establece que ningún ejemplar de tortuga marina, cualquiera que sea la especie, podrá ser sujeto de aprovechamiento extractivo, ya sea de subsistencia o comercial, incluyendo sus partes y derivados (SEMARNAP 2000).

En particular para Baja California Sur, el gobierno federal estableció el *Acuerdo por el que se establece una zona de refugio pesquero y medidas para reducir la posible interacción de la pesca con tortugas marinas en la Costa Occidental de Baja California Sur* (SAGARPA 2015). Además, en 2018 se estableció el *Acuerdo por el que se establece el área de refugio para la tortuga amarilla* (*Caretta caretta*) *en el Golfo de Ulloa, en Baja California Sur* (SEMARNAT 2018). Sin duda hay acciones para la protección y conservación de las tortugas marinas en el estado, principalmente en relación con la investigación y los aspectos legislativos (Tiburcio y Cariño 2017), pero es importante integrar los temas socioeconómicos a la conversación ya que, en la medida en que la sociedad sudcaliforniana reconozca la importancia ecológica y cultural de las tortugas marinas, los esfuerzos de protección y conservación tendrán los resultados esperados.

Conclusiones

No cabe duda que las tortugas marinas han acompañado a los seres humanos a lo largo de su historia, ya sea como deidades o bien como un recurso alimentario rico en nutrientes en diversas etapas de su ciclo

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

vital. Su metabolismo a tasas tan bajas, le dan un alto valor como una opción de proteína fresca que puede soportar prolongados periodos de tiempo; no obstante, eso mismo provoca que sus tasas de reproducción y, sobre todo, la incorporación de sus individuos a la población reproductiva, tome varios años, lo que tiene como consecuencia que casi cualquier afectación a sus poblaciones tenga efectos muy negativos. En Baja California Sur, estos animales fueron utilizados por las poblaciones humanas principalmente para el consumo directo de los organismos adultos, siendo un platillo tradicional para las reuniones y celebraciones familiares. Esta situación ha provocado algunas dificultades en la conservación de sus poblaciones; no obstante, cada vez más las nuevas generaciones comprenden la importancia de las tortugas marinas en el ambiente, lo que permite estimar un panorama donde las poblaciones de las especies que usan las aguas y costas sudcalifornianas puedan alcanzar una gran recuperación en el mediano plazo. No hay que olvidar que la pesca y mortalidad incidental es un problema relevante y complejo de afrontar, pero algunos esfuerzos desarrollados con los actores sociales de esta actividad han permitido obtener resultados a favor de las tortugas marinas. Entre estos esfuerzos destacan el establecimiento de zonas con restricción de la pesca con redes de enmalle donde pueden caer incidentalmente las tortugas, el programa de observadores a bordo de las embarcaciones, o bien la instalación de cámaras y geoposicionadores en las mismas embarcaciones que salen a pescar en las zonas con alta incidencia (p.e. el golfo de Ulloa), lo que ha permitido tener un mejor monitoreo de los casos de pesca incidental de tortugas y cuya información que se usa como insumo para los programas de manejo (SAGARPA 2015).

Referencias

Abreu-Grobois, A. y P. Plotkin. 2008. *Lepidochelys olivacea*. En: <https://www.iucnredlist.org/species/11534/3292503>, última consulta: septiembre de 2025.

Avise, J., B. Bowen, T. Lamb *et al*. 1992. Mitochondrial DNA evolution at a turtles pace: Evidence for low genetic variability and reduced microevolutionary rate in the testudines. *Molecular Biology and Evolution* 9(3):457-473.

Badillo, F. J. 2007. *Epizoítos y parásitos de la tortuga boba (Caretta caretta) en el Mediterráneo Occidental*. Tesis de doctorado. Universitat de Valencia, España.

Báez, J.C., J.A. Camiña y A. Flores-Moya. 2005. La tortuga boba: todo un ecosistema marino. *Spin Cero* 9:39-41.

Bjorndal, K.A. y J.B.C. Jackson. 2002. Roles of sea turtles in marine ecosystems: Reconstructing the past. En: *The biology of sea turtles*. Volume II. P.L. Lutz, J.A. Musick y J. Wyneken (eds.). CRC Press, Boca Raton, pp. 259-273.

Burstein, S.M. 1989. *Agatharchides of Cnidus: on the Erythraean Sea*. The Hakluyt Society, Londres.

Campbell, C. 2014. *Estado de conservación de la tortuga carey en las regiones del Gran Caribe, Atlántico Occidental y Pacífico Oriental*. Secretaría Pro Tempore CIT, Virginia.

Carreras, C. 2013. *Tortuga lora - Lepidochelys kempii (Garman, 1880)*. En: <https://www.vertebradosibericos.org/reptiles/lepkem.html>, última consulta: septiembre de 2025.

Cifuentes, L.J., P. Torres-García y M.M. Frías. 1990. *El océano y sus recursos X. Pesquerías*. Fondo de Cultura Económica, México.

Cliffton, K., D.O. Cornejo y R.S. Felger. 1981. Sea turtles of the Pacific coast of México. En: *Biology and conservation of sea turtles*. Smithsonian Institution Press, Washington D.C., pp. 199-209.

CIT. Convención Interamericana para la Protección y Conservación de las Tortugas Marinas. 2005a. *Tortuga lora o golfina (Lepidochelys olivacea)*. Secretaría Pro Tempore CIT, Costa Rica.

—. 2005b. *Tortuga laúd o baula (Dermochelys coriacea)*. Secretaría Pro Tempore CIT, Costa Rica.

CONABIO. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2012. *Fichas de especies prioritarias. Tortuga caguama (Caretta caretta)*. CONANP/CONABIO, México.

CONANP. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 2008. *Mapoteca*. En: <http://www.conanp.gob.mx/sig/imgmapoteca/mapoteca.html>, última consulta: agosto de 2025.

—. 2022. *Programa Nacional de Conservación de Tortugas Marinas*. CONANP, México.

Cuevas, E., B. González, A. Segovia *et al*. 2010. Tortugas marinas: Poblaciones y hábitats críticos. En: *Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán*. R. Durán y M. Méndez (eds.). CICY/PPD-FMAM/CONABIO/SEDUMA, México, pp. 262-263.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Eckert, K.L., K.A. Bjorndal, F.A. Abreu-Grobois *et al.* (eds.). 2000. *Técnicas de investigación y manejo para la conservación de las tortugas marinas* SSC/IUCN Marine Turtle Specialist Group, Pensylvania.

Ernst, C. y R. Barbour. 1989. *Turtles of the world*. Smithsonian Institution Press, Washington D.C.

Frazier, J. 2003. Prehistoric and ancient historic interactions between humans and marine turtles. En: *The biology of sea turtles*. Volume II. P. Lutz, J. Musik y J. Wyneken (eds.). CRC Press, Boca Ratón, pp. 1:1-38.

Freidel, D., L. Schele y J. Parker. 1993. *Maya Cosmos: three thousand years on the Shaman's Path*. William Morrow and Co. Inc., Nueva York.

Hays-Brown, C. y W. Brown. 1982. Status of the sea turtle in the southeastern Pacific: Emphasis on Peru. En: *Biology and conservation of sea turtles*. Smithsonian Institution Press, Washington D.C., pp. 235-240.

Heithaus, M.R. 2013. Predators, prey, and the ecological roles of sea turtles. En: *The biology of sea turtles*. Volume III. J. Wyneken, K.J. Lohmann y J.A. Musick (eds.). CRC Press, Boca Raton, pp. 249-284.

Heithaus, M.R., T. Alcoverro, R. Arthur *et al.* 2014. Seagrasses in the age of sea turtle conservation and shark overfishing. *Frontiers in Marine Science* 1:28.

Lovich, J.E., J.R. Ennen, M. Agha *et al.* 2018. Where have all the turtles gone, and why does it matter? *BioScience* 68:771-781.

Márquez, R. 1996. *Las tortugas marinas y nuestro tiempo*. 1a Edición. Fondo de Cultura Económica, México.

—. 2002. *Las tortugas marinas y nuestro tiempo*. 3a Edición. Fondo de Cultura Económica. México.

Márquez, R., C. Jiménez-Q., C. Peña S. *et al.* 2014. Programa Nacional de Investigación de Tortugas Marinas. En: *Tortugas marinas*. R. Márquez-M. y M. Garduño-D. Instituto Nacional de la Pesca, México.

Patel, E., M. Kotera y A.D. Phillott. 2022. The roles of sea turtles in ecosystem processes and services. *Indian Ocean Turtle Newsletter* 36:23-31.

Peckham S.H., D. Maldonado Diaz, Y. Tremblay *et al.* 2011 Demographic implications of alternative foraging strategies in juvenile loggerhead turtles *Caretta caretta* of the North Pacific Ocean. *Marine Ecology Progress Series* 425:269-28.

Pérez, J. 2006. *Variación de cinco loci microsatelitals nucleares de tortuga golfina Lepidochelys olivacea (Eschscholtz, 1829) en la zona reproductora de Escobilla, Oaxaca*. Tesis de licenciatura. Universidad del Mar, Oaxaca.

Pleguezuelos, J. 1997. Posición sistemática y distribución geográfica de los reptiles. En: *Reptiles. Fauna Ibérica*. Vol. 10. A. Andreu, A. Bea, F. Braña *et al.* (eds.). Museo Nacional de Ciencias Naturales CSIC, Madrid, pp. 13-15.

Pritchard, P. y J. Mortimer. 1999. *Taxonomy, external morphology, and species identification*. IUCN/SSC Marine Turtle Specialist Group, Washington D.C.

PROFEPA. Procuraduría Federal de Protección al Ambiente. 2019. *Estrategia de la Profepa para proteger a las tortugas marinas*. En: <https://www.gob.mx/profepa/articulos/proteccion-de-las-tortugas-marinas-en-mexico?idiom=es>, última consulta: septiembre de 2025.

Revuelta, O. y J. Tomás. 2010. *Tortuga carey - Eretmochelys imbricata*. En: <http://www.vertebradosibericos.org/>, última consulta: septiembre de 2025.

SAGARPA. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 2015. *Acuerdo por el que se establece una zona de refugio pesquero y medidas para reducir la posible interacción de la pesca con tortugas marinas en la Costa Occidental de Baja California Sur*. Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 10 de abril de 2015. Texto vigente.

Sarti, M., M. Barragán, M. García *et al.* 2007. Conservation and biology of the leatherback turtle in Mexican Pacific. *Chelonian Conservation and Biology* 6(1):70-78.

Scholes, F.V. y R.L. Roys. 1968. *The Maya Chontal indians of Acalan-Tixchel. A contribution to the history of the ethnography of the Yucatan Peninsula*. University of Oklahoma Press, Norman.

SEMARNAP. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. 2000. *Ley General de Vida Silvestre*. Publicada el 3 de julio de 2000 en el Diario Oficial de la Federación. Última reforma publicada el 16 de julio de 2025.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010a. *Ficha de identificación. Eretmochelys imbricata*. CONANP, México.

—. 2010b. *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.

—. 2018. *Acuerdo por el que se establece el área de refugio para la tortuga amarilla (Caretta caretta) en el Golfo de Ulloa, en Baja California Sur*. Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 5 de junio de 2018. Texto vigente.

Serminoff, J.A., J. Alvarado, C. Delgado *et al.* 2002. First direct evidence of migration by east Pacific Sea turtle from Michoacan Mexico to a feeding ground on the Sonoran Coast of the Gulf of California. *The Southwestern Naturalist* 47(2):314-316.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Teelucksingh, S., S. Eckert y A.L.D. Nunes. 2010. Marine turtles, ecosystem services and human welfare in the marine ecosystems of the Caribbean Sea: A discussion of key methodologies. *Études Caribéennes* 15:2-14.

Tiburcio, G. 2012. *Uso de las tortugas marinas en el municipio de Los Cabos, Baja California Sur – Bajo una perspectiva de la historia Ambiental*. Tesis de maestría. UABCS, Baja California Sur.

Tiburcio, G. y M.M. Cariño. 2017. Esfuerzos colectivos para la conservación de las tortugas marinas en el Golfo de California. *Letras Verdes, Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales* 22:7-26.

UICN. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. 2025. *The IUCN Red List of threated species. Version 2025-1*. En: <http://www.iucnredlist.org>, última consulta: agosto de 2025.

van Dam, R.P. 1997. *Ecology of Hawksbill turtles on feeding grounds at Mona and Monito Islands, Puerto Rico*. Tesis de doctorado. Universidad de Amsterdam, Países Bajos.

Wallace, B., M. Tiwari y M. Girondo. 2013. *Dermochelys coriacea*. En: <https://www.iucnredlist.org/species/6494/43526147>, última consulta: septiembre de 2025.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Aves

Leandro Roberto Carmona Piña, Guadalupe Gerardo Marrón Méndez, Nallely Arce Villavicencio, Víctor Omar Ayala Pérez, Yuri Vladimir Albores Barajas y Richard Erickson

Introducción

En el mundo se encuentran aproximadamente 10 507 especies de aves (Gill y Donsker 2013), de las cuales 1 150 pueden verse en México (Gill y Donsker 2013). Baja California Sur ocupa 3.8% del territorio nacional y es el estado más árido de la república, con menos de 200 mm de precipitación anual promedio (INEGI 1996). Lo anterior podría hacer suponer un bajo número de especies; sin embargo, su línea de costa es la más grande de México y su variedad de ambientes, aunado a un amplio esfuerzo de observación, han permitido registrar 464 especies, es decir, 40.4% de las que se encuentran en el país. De éstas, al menos 155 se reproducen en el estado (Erickson *et al.* 2024), entre ellas 48 listadas en diferentes categorías de riesgo por las autoridades ambientales mexicanas (SEMARNAT 2025), como el chorlo nevado (*Anarhynchus nivosus*), el chorlo pico grueso (*A. wilsonia*) y el pelícano café (*Pelecanus occidentalis*), por mencionar algunas. Estos registros incluyen 166 especies comunes, 82 poco comunes, 46 raras y 70 muy raras. El trabajo presente suma más de 10 especies a las previamente reportadas (Erickson *et al.* 2013).

La entidad destaca por la variedad y el número de aves migratorias acuáticas, particularmente en lagunas costeras como Guerrero Negro y Ojo de Liebre, donde miles de individuos de 101 especies arriban cada invierno (Carmona y Danemann 2013, 2014, 2015). Además, existen importantes colonias reproductivas en las áreas insulares del estado, como en las islas de la laguna Ojo de Liebre donde anidan 20 especies, de las que sobresalen por su abundancia el cormorán de doble cresta (*Nannopterum auritum*) y dos especies de charrán (*Hydroprogne caspia* y *Thalasseus maximus*), con miles de parejas (Castellanos *et al.* 2001). Aunque escasos en superficie, los oasis que se encuentran a lo largo del territorio sudcaliforniano sustentan comunidades de aves formadas en parte por especies con afinidad dulceacuícola, como la mascarita peninsular (*Geothlypis beldingi*), en densidades muy superiores a las del medio desértico aledaño (Rodríguez-Estrella *et al.* 1997).

Pese a que la entidad no está exenta de problemas de conservación, es el estado del país que presenta el mayor porcentaje de su territorio bajo algún estatus de protección (35%) y también tiene el mayor número de áreas de importancia para la conservación de las aves (AICAS), con 23 (Del Coro-Arizmendi y Márquez-Valdelamar 2000). El presente trabajo sintetiza la información referente a las comunidades de

Carmona, R., G. Marrón, N. Arce, V.O. Ayala-Pérez, Y.V. Albores-Barajas y R.A. Erickson. 2025. Aves. En: *La biodiversidad en Baja California Sur. Estudio de Estado*. Vol. II. CONABIO/FFB, México, pp. 455-464.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

aves sudcalifornianas, separada en cuatro ambientes: marino, costa, oasis (dulceacuícola) y tierra firme.

El ambiente marino se extiende desde la línea de la marea baja hacia mar adentro e incluye las costas de islas e islotes (Schreiber y Burger 2002); mientras que el costero se refiere al ecotono entre el medio marino y el terrestre, el cual suele ser estrecho, en muchos casos limitado al espacio intermareal (Monkhouse 1978). Respecto al ambiente dulceacuícola (oasis), son cuerpos de agua dulce con exuberante vegetación, aislados por el desierto adyacente (Ruíz-Campos *et al.* 2014). En cuanto al terrestre, éste incluye 99% de la superficie del estado, catalogada de muy seca a semiseca y apenas 1% templado y subhúmedo (INEGI 1996); su vegetación se compone en mayor parte de matorral sarcocaule, con una pequeña porción de selva baja caducifolia y bosques de pino-encino y encinar (León de la Luz *et al.* 2014).

Diversidad

México ocupa el lugar 11 en el mundo en riqueza aviar y el cuarto sitio en especies endémicas (10%; Berlanga *et al.* 2015). Las 464 especies registradas en el estado corresponden a 4.4% de las reportadas a nivel mundial. Asimismo, 83 *taxa* se encuentran en alguna categoría de riesgo conforme a la NOM-059 (SEMARNAT 2025): 39 sujetas a protección especial, 26 amenazadas y 18 en peligro de extinción. Por su parte, se identifican cinco especies endémicas: la gaviota de patas amarillas (*Larus livens*), el zafiro de Xantus (*Basilinna xantusii*), el güírigo (*Toxostoma cinereum*), el junco de la Laguna (*Junco bairdi*) y la mascarita peninsular (*Geothlypis beldingi*). La primera está sujeta a protección especial, la segunda y la cuarta amenazadas, y la última en peligro de extinción.

Las 464 especies se incluyen en 23 órdenes (cuadro 1), 68 familias y 231 géneros. Las familias mejor representadas son Parulidae (44 especies), Anatidae (36), Scolopacidae (34), Laridae (29), Tyrannidae (25) y Passerelidae (25). En contraste, 34 familias (50%) presentaron tres especies o menos (apéndice 39; CONABIO 2020). Cabe destacar que, conforme a los resultados obtenidos para el presente trabajo, existen 13 especies adicionales al listado desarrollado por Erickson y colaboradores (2013) para Baja California Sur (cuadro 2).

Distribución

Pese a su escasa superficie, los oasis son los ambientes donde se registra el mayor número de especies, lo que se relaciona con la mayor densidad de recursos (alimento, espacio y agua dulce) que estos sitios ofrecen (Rodríguez-Estrella *et al.* 1997). Le sigue el ambiente terrestre, por la amplia variedad de ecosistemas que incluye desde desiertos hasta bosques de pino-encino (Rebman y Roberts 2012), lo cual se refleja en la riqueza aviar. Los ambientes con menor riqueza de especies de aves son el costero y el marino (cuadro 1), pero en abundancia de individuos son los más importantes; por ejemplo, para Guerrero Negro se han registrado en invierno más de 370 mil aves playeras (Carmona *et al.* 2011a). A continuación, se describen cuatro especies representativas de cada ambiente.

Ambiente marino

La pardela mexicana (*Puffinus opisthomelas*, figura 1a) es una especie endémica de México, 95% de su población anida en isla Natividad y el resto se divide entre isla Guadalupe y el Archipiélago San Benito en el Pacífico, así como algunas islas en el golfo de California (Albores-Barajas *et al.* 2018). Datos recientes muestran disminuciones poblacionales; su amenaza principal es la introducción de especies exóticas a las islas, como ratas y gatos (BirdLife International 2016a).

La tijereta (*Fregata magnificens*, figura 1b) es fácilmente identificable por su gran tamaño (2 m de envergadura). Los machos durante el período reproductivo presentan un saco gular rojo intenso, que inflan para atraer a las hembras. Históricamente, isla Margarita (bahía Magdalena) albergó la colonia más grande del mundo (Carmona *et al.* 1995); sin embargo, la presencia de depredadores introducidos, la pérdida de sustrato de anidación (desecación de manglar) y la perturbación humana llevaron a dicha colonia al colapso.

La gaviota de patas amarillas (*Larus livens*, figura 1c) es endémica a México y específicamente al golfo de California. Muy parecida a la gaviota occidental (*L. occidentalis*), incluso fueron consideradas como una sola especie. Estudios genéticos demostraron que se trata de dos especies distintas. Es un ave muy adap-

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Cuadro 1. Número de especies a nivel de orden registradas en el estado, por tipo de ambiente y categoría de riesgo.

Orden	Familias	Géneros	Especies	Ambiente				NOM-059		
				Marino	Costa	Oasis	Terrestre	Pr	A	P
Anseriformes	1	16	36	15	33	29			1	1
Galliformes	1	1	1			1	1			
Podicipediformes	1	4	6	4	5	5		1		
Columbiformes	1	5	8		7	8	8	1		
Cuculiformes	1	3	3			3	3			
Caprimulgiformes	1	3	3		1	2	3			
Apodiformes	2	7	11		4	11	10		1	
Gruiformes	1	5	6		5	6			1	
Charadriiformes	7	36	85	41	69	46	9	4	8	5
Phaethontiformes	1	1	1	1					1	
Gaviiformes	1	1	4	4	4					
Procellariiformes	4	8	26	26				1	5	5
Ciconiiformes	1	1	1		1	1		1		
Suliformes	3	4	11	11	8	1		1	2	
Pelecaniformes	3	10	18	1	17	17	3	2	1	2
Cathartiformes	1	2	2		2	1	2			
Accipitriformes	2	11	19		8	16	18	11	1	1
Strigiformes	2	7	8		4	5	8	2	1	
Coraciiformes	1	2	2		2	2				
Piciformes	1	4	10		3	8	10	1		
Falconiformes	1	2	5		5	5	5	1	1	
Psittaciformes	1	1	1		1		1			
Passeriformes	30	97	197		69	172	196	13	3	4
Total	**68**	**231**	**464**	**103**	**248**	**339**	**277**	**39**	**26**	**18**

Pr: sujeta a protección especial; A: amenazada; P: en peligro de extinción. Fuente: elaboración propia con datos de SEMARNAT 2010, 2025.

table, que suele alimentarse de desechos de origen antropogénico (Lozano *et al.* 2004).

El mérgulo de Craveri (*Synthliboramphus craveri*, figura 1d) es una especie endémica a México, tiene un estrecho intervalo de distribución y escasos lugares de anidación, principalmente en las islas del golfo de California, aunque hay reportes de anidación en el Pacífico. Es una especie poco estudiada; se estiman alrededor de 5 mil parejas reproductivas, que se distribuyen desde el sur de California hasta Nayarit (BirdLife International 2016b).

Ambiente costero

El playero rojizo (*Calidris canutus roselaari*, figura 2a) es una subespecie migratoria con una población estimada en 17 mil individuos (Andres *et al.* 2012), y catalogada como en peligro de extinción (SEMARNAT 2010).

Cuadro 2. Nuevos registros incluidos al listado previo de Erickson y colaboradores (2013).

Nombre científico	Nombre común
Melanitta deglandi	Negreta alas blancas americana
Mergus merganser	Mergo mayor
Selasphorus sasin	Zumbador de Allen
Larus fuscus	Gaviota sombría
Anous stolidus	Charrán café
Gavia adamsii	Colimbo pico amarillo
Oceanites oceanicus	Paíño de Wilson
Plegadis falcinellus	Ibis cara oscura
Anthus japonicus	Bisbita siberiana
Zonotrichia albicollis	Gorrión garganta blanca
Ammospiza nelsoni	Gorrión de Nelson
Helmitheros vermivorum	Chipe gusanero
Piranga flava	Piranga encinera

Fuente: elaboración propia.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Figura 1. Aves marinas: a) pardela mexicana (*Puffinus opisthomelas*); b) tijereta (*Fregata magnificens*); c) gaviota de patas amarillas (*Larus livens*); d) mérgulo de Craveri (*Synthliboramphus craveri*). Fotos: Víctor Ayala Pérez (a, c, d), Gerardo Marrón (b).

En el estado invernan hasta 8 600 aves (Carmona y Danemann 2014). El sitio de mayor relevancia es Guerrero Negro, con hasta 6 700 individuos (40% de la población; Arce 2011).

El picopando canelo (*Limosa fedoa*, figura 2b) es un ave migratoria que utiliza los planos lodosos intermareales para alimentarse. Su población se estima en 170 mil individuos, de la cual inverna 68% en el estado (Melcher *et al.* 2006, Carmona y Danemann 2013) y se encuentra como amenazada (SEMARNAT 2010). El humedal más importante para esta especie, incluso a nivel mundial, es Guerrero Negro, con hasta 84 mil individuos (50% de la población; Carmona *et al.* 2011a).

El ganso de collar (*Branta bernicla nigricans*, figura 2c) es el anátido invernante más numeroso en Baja California Sur; cada año cerca de 54 mil individuos (50% de su población; Mallek *et al.* 2010) utilizan los humedales estatales. La subespecie está catalogada como amenazada en la NOM-059 (SEMARNAT 2010). El humedal más importe para esta especie, es nuevamente Guerrero Negro (con un promedio 31 mil aves; Martínez-Cedillo *et al.* 2013).

El ostrero americano (*Haematopus palliatus frazari*, figura 2d) tiene una población pequeña, estimada en 3 mil individuos (Clay *et al.* 2014, Carmona *et al.* 2018). Se trata de un playero de reproducción local que anida en islas e islotes y está clasificada como en peligro de extinción (SEMARNAT 2010). En la entidad se localiza al menos 22% de su población (Carmona y Danemann 2013) y el sitio de mayor relevancia es Guerrero Negro-Ojo de Liebre (donde se alberga 10% de su población).

Ambiente dulceacuícola (oasis)

El zafiro de Xantus (*Basilinna xantusii*, figura 3a) es un colibrí endémico del sur de la Península de Baja California, considerado amenazado en la NOM-059 (SEMARNAT 2025), se encuentra en zonas húmedas de matorral, selva baja y bosques de encino y pino-encino (Howell y Howell 2000). Se reproduce principalmente entre julio y abril; sin embargo, se ha registrado su reproducción casi todo el año (Howell y Howell 2000).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Figura 2. Aves costeras: a) playero rojizo (*Calidris canutus* subsp. *roselaari*); b) picopando canelo (*Limosa fedoa*); c) ganso de collar (*Branta bernicla* subsp. *nigricans*); d) ostrero americano (*Haematopus palliatus* subsp. *frazari*). Fotos: Víctor Ayala Pérez (a, b), Gerardo Marrón (c), Roberto Carmona (d).

La mascarita peninsular (*Geothlypis beldingi*, figura 3b) es una especie endémica al estado, se reproduce solo en oasis con presencia de tule y/o carrizo (Bent 1963). Su tamaño poblacional es bajo (1 500 a 4 mil individuos adultos), por lo que se considera en peligro de extinción, principalmente por la pérdida de hábitat (SEMARNAT 2010).

El zambullidor menor (*Tachybaptus dominicus bangsi*, figura 3c) es una subespecie residente y sujeta a protección especial en la NOM-059 (SEMARNAT 2010), que limita su distribución a cuerpos de agua dulce en zona tropicales y subtropicales (Storer 2011). Esta subespecie habita en el noroeste del país y es la más pequeña del grupo. El grupo peninsular tiene graves problemas de conservación por la pérdida de su hábitat (Carmona *et al.* 1999).

El avetoro mínimo (*Ixobrychus exilis*, figura 3d) es una garza pequeña estrechamente ligada a humedales de agua dulce (Pool *et al.* 2009), por lo que en el estado se puede encontrar solo en los oasis. Aunque se indica como invernal para Baja California Sur, se ha registrado su reproducción y se observa todo el año en baja abundancia dentro de la entidad (Pool *et al.* 2009, Erickson *et al.* 2013).

Ambiente terrestre

El cuitlacoche pálido (*Toxostoma lecontei*, figura 4a) se puede encontrar en el Desierto El Vizcaíno, anida en arbustos de un metro de alto (Sheppard 1996). Pese al nombre en español, la subespecie que se encuentra en el estado (*T. l. arenicola*) es oscura en pecho y manto, esto aunado a las diferencias en su ácido desoxirribonucleico (ADN o DNA por sus siglas en inglés), que sugieren se trata de una especie diferente (Zink y Blackwell 1997).

El águila real (*Aquila chrysaetos*, figura 4b) generalmente se encuentra en serranías y ocasionalmente en llanos abiertos (Kochert *et al.* 2002). Los adultos se han registrado en la región norte desde el paralelo 28° N hasta la sierra El Mechudo (24° 20' N), los avistamientos al sur de esta zona suelen ser de juveniles en invierno (Rodríguez-Estrella 2002, Guerrero-Cárdenas *et al.* 2013).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Figura 3. Aves de oasis: a) zafiro de Xantus (*Basilinna xantusii*); b) mascarita peninsular (*Geothlypis beldingi*); c) zambullidor menor (*Tachybaptus dominicus bangsi*); d) avetoro mínimo (*Ixobrychus exilis*). Fotos: Gerardo Marrón (a, d), Roberto Carmona (b), Víctor Ayala Pérez (c).

El junco de la Laguna (*Junco bairdi*, figura 4c) es endémico de la Sierra La Laguna, es común desde las zonas elevadas hasta los 1 200 msnm, aunque se puede observar a partir de los 1 000 msnm (Grinell 1928, Howell y Webb 1995). Habita en bosques de encino, encino-pino y pino-encino, donde anida en el suelo o en la parte baja de los árboles (Howell y Webb 1995).

El güírigo (*Toxostoma cinereum*, figura 4d) es endémico de la Península de Baja California y es común en el estado, salvo en el Desierto El Vizcaíno. Se puede encontrar en casi todos los ambientes terrestres del estado y se ha registrado en las zonas más elevadas (alrededor de 2 000 msnm), aunque es más común en las zonas bajas (Grinell 1928).

Baja California Sur es uno de los estados con más trabajo ornitológico realizado, tanto por nacionales (Rodríguez-Estrella *et al.* 1998, Castellanos *et al.* 2001), como por extranjeros (Hand *et al.* 1981, Spear y Anderson 1989). Por ejemplo, de los 221 trabajos publicados sobre aves playeras con datos del país hasta 2010, 64 (29% del total nacional) se realizaron en la entidad (Carmona *et al.* 2011b). En el estado, 316 (70%) especies son migratorias, principalmente aves playeras y anátidos (Anatidae). Estas especies recorren diferentes países, por lo cual requieren de un esfuerzo internacional para conservarlas (Berlanga *et al.* 2012).

Importancia

Dada la riqueza y abundancia de las aves en el territorio sudcaliforniano, típicamente tienen una función muy importante en diferentes ciclos biogeoquímicos. Por ejemplo, las decenas de miles de aves playeras que arriban a las lagunas del occidente peninsular afectan notoriamente la abundancia y composición de las comunidades bentónicas de las cuales se alimentan; para otros sitios se sabe que los playeros pueden consumir hasta 50% de la biomasa de dichas comunidades (Sánchez *et al.* 2006). También se sabe sobre la importancia de las aves terrestres para la dispersión de semillas y la polinización de plantas del desierto (Howe y Smallwood 1982).

El turismo de observación de aves se ha consolidado como una actividad económicamente redituable en

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Figura 4. Aves terrestres: a) cuitlacoche pálido (*Toxostoma lecontei*); b) águila real (*Aquila chrysaetos*); c) junco de la Laguna (*Junco bairdi*); d) güírigo (*Toxostoma cinereum*). Fotos: Víctor Ayala Pérez (a), Gerardo Marrón (b, c), Roberto Carmona (d).

algunos puntos del país (Gómez de Silva y Alvarado-Reyes 2010). En el estado la riqueza de especies, la cercanía a Estados Unidos de América y la oferta ecoturística existente, hacen que la observación de aves sea una excelente alternativa económica, donde los eventuales beneficios monetarios alientan a las comunidades locales a cuidar y proteger a las aves, tal como ha sucedido con la ballena gris.

Amenazas

El cambio climático está provocando una elevación en el nivel medio del mar (Martínez-Austria y Patiño-Gómez 2012), y en zonas bajas sus efectos pueden ser muy notorios (Díaz *et al.* 2012). A pesar de que los efectos del aumento del nivel del mar sobre la disponibilidad de alimento para aves como playeros, anátidos y garzas son desconocidos, se consideran potencialmente graves. Es previsible una reducción de las áreas de forrajeo y descensos poblacionales de muchas especies. Asimismo, el cambio climático ha favorecido una elevación en la frecuencia de ciclones tropicales, de por sí comunes en el estado, y pueden modificar la fisonomía de las zonas de playa (Rosengaus *et al.* 2014); sin embargo, se desconoce cómo el ambiente costero y sus especies reaccionarán o se adaptarán a estos cambios.

Otro problema es la expansión de la infraestructura turística masiva. La expansión de desarrollos turísticos y residenciales en diferentes puntos de la entidad, como bahía Magdalena (Hastings y Fischer 2001), implicará un incremento en la afluencia de turismo masivo de playa (Díaz-García y Ojeda-Revah 2013), con la consecuente pérdida de hábitat para muchas especies. En este contexto, los diferentes actores sociales bajacalifornianos (p.e. gobierno, ONG, academia y población en general) deben asumir el compromiso que se deriva de la riqueza ornitológica del estado.

Conclusión

Por lo anterior, es necesario implementar acciones encaminadas a la conservación de este recurso natural. Estas acciones pueden separarse en tres grandes rubros: 1) las referentes a incrementar el conocimiento requerido para plantear acciones de manejo y conservación, que incluyen monitoreo e investigación en una

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

amplia variedad de frentes, incluido el efecto del cambio climático en diferentes poblaciones; 2) las de carácter legal, que implican el desarrollo de políticas de protección ambiental y el cumplimiento y aplicación de las leyes ya existentes; y 3) las encaminadas a utilizar a las aves de una forma sustentable, mediante el aviturismo, mismo que ya inició en algunos puntos del estado, pero que innegablemente es aún incipiente.

Referencias

Albores-Barajas, Y.V., C. Soldatini, A. Ramos-Rodríguez *et al.* 2018. A new use of technology to solve an old problem: Estimating the population size of a burrow nesting seabird. *PLOS ONE* 13(9):e0202094.

Andres, B.A., P.A. Smith, R.I.G. Morrison *et al.* 2012. Population estimates of North American Shorebirds 2012. *Wader Study Group Bulletin* 119:178-194.

Arce, N. 2011. *Migración e invernación del Playero rojizo del Pacífico (Calidris canutus roselaari) en Guerrero Negro, Baja California Sur, México*. Tesis de maestría. CICIMAR-IPN, La Paz.

Bent, A.C. 1963. *Life histories of North American wood warblers. Part 2*. Dover Publications, EUA.

Berlanga, H., H. Gómez de Silva, V.M. Vargas-Canales *et al.* 2015. *Aves de México: lista actualizada de especies y nombres comunes*. CONABIO, México.

Berlanga, H., J.A. Kennedy, T.D. Rich *et al.* 2012. *Saving our shared birds: partners in flight tri-national vision for landbird conservation*. Reporte técnico. Cornell Lab of Ornithology, Nueva York.

BirdLife International. 2016a. *Puffinus opisthomelas. The IUCN Red List of Threatened Species 2016*. En: <https://www.iucnredlist.org/species/22698246/112244684>, última consulta: 7 de septiembre de 2017.

—. 2016b. *Synthliboramphus craveri. The IUCN Red List of Threatened Species 2016*. En: <https://www.iucnredlist.org/species/22694887/132579655>, última consulta: 7 de septiembre de 2017.

Carmona, R. y G.D. Danemann. 2013. *Monitoreo de aves playeras migratorias en 11 sitios prioritarios del Noroeste de México y reconocimiento invernal de cinco sitios adicionales*. Reporte Final. CONANP, México.

—. 2014. *Monitoreo de aves playeras migratorias en 11 sitios prioritarios del Noroeste de México y reconocimiento invernal de cuatro sitios adicionales*. Reporte Final. CONANP, México.

—. 2015. *Monitoreo de aves playeras migratorias en las lagunas costeras de la Península de Baja California*. Reporte Final. CONANP, México.

Carmona, R., J. Guzmán y J.F. Elorduy. 1995. Hatching, growth, and mortality of Magnificent Frigatebird chicks in southern Baja California. *Wilson Bulletin* 107:328-337.

Carmona, R., J.A. Castillo-Guerrero y E.M. Zamora-Orozco. 1999. Registros nuevos del zambullidor menor (*Tachybaptus dominicus*) y diez especies de anátidos en las adyacencias de la Bahía de La Paz, Baja California Sur, México. *Anales del Instituto de Biología-UNAM* serie zoología 70:191-203.

Carmona, R., N. Arce, V. Ayala-Perez y G.D. Danemann. 2011a. Seasonal abundance of shorebirds at the Guerrero Negro wetland complex, Baja California, Mexico. *Wader Study Group Bulletin* 118:40-48.

Carmona, R., A. Hernández-Álvarez y G.D. Danemann. 2011b. Estado actual de las investigaciones sobre aves playeras en México. *CICIMAR Oceánides* 26:47-57.

Carmona, R., V. Ayala-Pérez, N. Arce *et al.* 2018. Minimum population of American Oystercatchers *Haematopus palliatus frazari* wintering in northwestern Mexico. *Wader Study* 125:15-19.

Castellanos, A., F. Salinas y A. Ortega-Rubio. 2001. Inventory and conservation of breeding waterbirds at Ojo de Liebre and Guerrero Negro lagoons, Baja California Sur, México. *Ciencias Marinas* 27:351-373.

Clay, R.P., A.J. Lesterhuis, S. Schulte *et al.* 2014. A global assessment of the conservation status of the American Oystercatcher *Haematopus palliatus*. *International Wader Studies* 20:62-82.

Clements, J.F., T.S. Schulenberg, M.J. Iliff *et al.* 2014. *The eBird/Clements checklist of the birds of the world, version 6.9*. En: <http://www.birds.cornell.edu/clementschecklist/download/>, última consulta: 7 de septiembre de 2017.

CONABIO. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2020. *Avesmx*. En: <http://avesmx.conabio.gob.mx/Especies.html>, última consulta: 7 de mayo de 2020.

Del Coro-Arizmendi, M. y L. Márquez-Valdelamar. 2000. *Áreas de importancia para la conservación de las aves en México*. CONABIO, México.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Díaz, S., A. Aragón, A. Arreola *et al.* 2012. *Análisis de vulnerabilidad del golfo de California asociado al incremento del nivel medio del mar*. En: <http://www.inecc.gob.mx/descargas/ord_ecol/1bienal_oemgc_res_sdiaz_etal.pdf>, última consulta: 7 de septiembre de 2017.

Díaz-García, D.A. y L. Ojeda-Revah. 2013. La Reserva de la Biosfera Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado: planeación territorial. *Región y Sociedad* 25:57-85.

Erickson, R.A., R. Carmona, G. Ruíz-Campos *et al.* 2013. Annotated checklist of the birds of Baja California and Baja California Sur. *North American Birds* 66:600-633.

Erickson, R.A., G. Marrón, E.D. Zamora-Hernández *et al.* 2024. *Year 2023: Baja California Peninsula. North American Birds*. En: <https://wp.me/p8iY2g-hko>, última consulta: 16 de mayo de 2025.

Gill, F. y D. Donsker. 2013. *IOC World Bird Names*. En: <http://www.worldbirdnames.org/>, última consulta: 16 de mayo de 2025.

Gómez de Silva, H. y R.E. Alvarado-Reyes. 2010. Breve historia de la observación de aves en México en el siglo XX y principios del siglo XXI. *Huitzil* 11:9-20.

Grinell, J. 1928. *A distributional summation of the ornithology of Lower California*. University of California Publications in Zoology, California.

Guerrero-Cárdenas, I., P. Gallina-Tessaro, S. Álvarez-Cárdenas y E. Mesa-Zavala. 2013. Avistamientos recientes de Águila real (*Aquila chrysaetos*) en la sierra El Mechudo, Baja California Sur, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 84:397-401.

Hand, J.L., G.L. Hunt y M. Warner. 1981. Thermal stress and predation: influences on the structure of gull colony and possibly on breeding distributions. *Condor* 83:193-203.

Hastings, R.M. y D.W. Fischer. 2001. Management priorities for Magdalena Bay, Baja California, Mexico. *Journal of Coastal Conservation* 7:193-202.

Howe, H.F. y J. Smallwood. 1982. Ecology of seed dispersal. *Annual Review of Ecology and Systematics* 13:201-228.

Howell, C.A. y S.N. Howell. 2000. *Xantus's Hummingbird (Hylocharis xantusii). The Birds of North America*. En: <https://birdsna.org/Species-Account/bna/species/xanhum>, última consulta: 7 de septiembre de 2017.

Howell, S.N.G. y S. Webb. 1995. *A guide to the birds of Mexico and Northern Central America*. Oxford University Press, EUA.

INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 1996. *Estudio hidrogeológico del estado de Baja California Sur*. INEGI, México.

Kochert, M.N., K. Steenhof, C.L. McIntyre y E.H. Craig. 2002. *Golden eagle (Aquila chrysaetos). The Birds of North America*. En: <https://birdsna.org/Species-Account/bna/species/goleag>, última consulta: 7 de septiembre de 2017.

León de la Luz, J.L., R. Domínguez C., M. Domínguez L. y R. Del C. Coria. 2014. *Flora iconográfica de Baja California Sur*. CIBNOR, La Paz.

Lozano, E., R. Carmona y G. Brabata. 2004. Éxito reproductivo de la gaviota de patas amarillas (*Larus livens*) y de la Gaviota parda (*L. heermanni*) en el sur del golfo de California. *Ornitología Neotropical* 15:237-246.

Mallek, E., J. Wortham y B. Eldridge. 2010. *Winter waterfowl survey. México Coast and Baja California*. US Fish and Wildlife Service, EUA.

Martínez-Austria, P.F. y C. Patiño-Gómez. 2012. Efectos del cambio climático en la disponibilidad de agua en México. *Tecnología y Ciencias del Agua* 3:5-20.

Martínez-Cedillo, I., R. Carmona, D.H. Ward y G.D. Danemann. 2013. Patrones de uso de sitios naturales y artificiales por *Branta bernicla nigricans* (Anseriformes: Anatidae) en Guerrero Negro, Baja California Sur, México. *Revista de Biología Tropical* 61:927-935.

Melcher, C.P., A. Farmer y G. Fernández. 2006. *Version 1.1. Conservation Plan for the Marbled Godwit*. Manomet Center for Conservation Science, Massachusetts.

Monkhouse, F.J. 1978. *Diccionario de términos geográficos*. Oikos-Tau, España.

Pool, A.F., P.E. Lowther, J.P. Gibbs *et al.* 2009. *Least Bittern (Ixobrychus exilis). The Birds of North America*. En: <https://birdsna.org/Species-Account/bna/species/leabit>, última consulta: 7 de septiembre de 2017.

Rebman, J.P. y N.C. Roberts. 2012. *Baja California plant field guide*. Sunbelt Publications, EUA.

Rodríguez-Estrella, R. 2002. A survey of golden eagles in Northern Mexico in 1984 and recent records in Central and Southern Baja California Peninsula. *Journal of Raptor Research* 36:3-9.

Rodríguez-Estrella, R., J.A. Donázar y F. Hiraldo. 1998. Raptors as indicators of environmental change in the scrub hábitat of Baja California Sur, Mexico. *Conservation Biology* 12:921-925.

Rodríguez-Estrella, R., L. Rubio y E. Pineda. 1997. Los oasis como parches atractivos para las aves terrestres residentes e invernantes. En: *Los oasis de la Península de Baja California*. L. Arriaga y R. Rodríguez-Estrella (eds.). SIMAC-CIB, México, pp. 157-195.

Rosengaus, M.M., M. Jiménez E. y M.T. Vázquez C. 2014. *Atlas climatológico de ciclones tropicales en México*. CENAPRED/IMTA, México.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Ruíz-Campos, G., A. Andreu-Soler, M.R. Vidal-Abarca Gutiérrez *et al.* 2014. *Catálogo de humedales dulceacuícolas de Baja California Sur, México*. SEMARNAT/INECC, México.

Sánchez, M.I., A.J. Green y R. Alejandre. 2006. Shorebird predation affects density, biomass, and size distribution of benthic chironomids in saltpans: an exclosure experiment. *Journal of the North American Benthological Society* 25:9-18.

Schreiber, E.A. y J. Burger. 2002. *Biology of marine birds*. CRC Press, EUA.

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.

—. 2025. *Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-059-SEMARNAT-2025*. Publicado el 14 de abril de 2025 en el Diario Oficial de la Federación.

Sheppard, J.M. 1996. *LeConte's Thrasher (Toxostoma lecontei). The Birds of North America*. En: <https://birdsna.org/Species-Account/bna/species/lecthr>, última consulta: 7 de septiembre de 2017.

Spear, L.B. y D.W. Anderson. 1989. Nest-site selection by Yellow-footed Gulls. *Condor* 91:91-99.

Storer, R.W. 2011. *Least Grebe (Tachybaptus dominicus). The birds of North America*. En: <https://birdsna.org/Species-Account/bna/species/leagre>, última consulta: 7 de septiembre de 2017.

Zink, R.M. y R.C. Blackwell. 1997. Species limits in the Le Conte's Thrasher. *The Condor* 99:132-138.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

El playero rojizo en Guerrero Negro, el sitio de mayor importancia en la entidad

Nallely Arce Villavicencio, Leandro Roberto Carmona Piña y Víctor Omar Ayala Pérez

Introducción

Las aves playeras (suborden Charadrii) son uno de los grupos más variados de aves migratorias (Pfister *et al.* 1992). De las 50 especies que se distribuyen en Norteamérica, 28% presentan poblaciones estables, 11% en aumento y 61% en disminución (Andres *et al.* 2012). Como las reducciones poblacionales han ocurrido de manera global (Stroud 2003), los planes de conservación y manejo de las aves playeras en Canadá (Donaldson *et al.* 2000), Estados Unidos de América (Brown *et al.* 2001) y México (SEMARNAT 2008), señalan la importancia de desarrollar programas de monitoreo e investigación.

En este sentido, México ostenta una posición estratégica para las aves migratorias, pues es tanto un sitio de invernación como una zona de paso para las aves que viajan a Centro y Sudamérica (Fernández 2005). La región de mayor importancia para este grupo taxonómico es el noroeste del país e incluye los estados de Baja California, Baja California Sur, Sonora, Sinaloa y Nayarit (SEMARNAT 2008). En particular, Baja California Sur alberga cuatro humedales indicados por el gobierno mexicano como áreas de importancia para la conservación y el manejo de las aves playeras (SEMARNAT 2008), aunado a que cuentan con el reconocimiento de la Red Hemisférica de Reservas para las Aves Playeras (RHRAP): ensenada de La Paz y bahía Magdalena como sitios de importancia regional, la laguna San Ignacio de importancia internacional, y Guerrero Negro como hemisférico, la categoría más alta que otorga dicha instancia (RHRAP 2019). Además, estas dos últimas forman parte de la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno (Carabias *et al.* 2000).

Tanto en el país como en el estado, uno de los humedales más relevantes para las aves playeras es Guerrero Negro (SEMARNAT 2008), debido a que lo utilizan 33 especies de aves playeras a lo largo de un ciclo anual, donde se pueden observar cerca de 400 mil individuos. En invierno, esta área alberga importantes fracciones poblacionales de varias especies de aves playeras, entre las que destacan: 50% de la población del picopando canelo (*Limosa fedoa*), 60% de la población del costurero de pico corto (*Limnodromus griseus caurinus*; Carmona *et al.* 2011) y hasta 50% de la población total del playero rojizo (*Calidris canutus*; Arce 2011).

El playero rojizo (*Calidris canutus*)

Es un ave mediana (23-25 cm de longitud total), con un plumaje básico (en invierno) de color gris pálido (figura 1a) y en la época de reproducción (plumaje alterno) cambia a color rojizo (figura 1b), de ahí su nom-

Arce, N., R. Carmona y V.O. Ayala-Pérez. 2025. El playero rojizo en Guerrero Negro, el sitio de mayor importancia en la entidad. En: *La biodiversidad en Baja California Sur. Estudio de Estado*. Vol. II. CONABIO/FFB, México, pp. 466-472.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

bre común. Se reproduce en la región circumpolar y realiza migraciones de larga distancia, esto es, puede volar hasta 8 000 km sin parar (Baker *et al.* 2020). Dos subespecies de playero rojizo se reproducen y migran a través del continente americano, el playero rojizo del Atlántico (*C. canutus rufa*) y el playero rojizo del Pacífico (*C. canutus roselaari*), las cuales ocupan áreas de reproducción y sitios de invernación claramente separados (Atlántico y Pacífico; Baker *et al.* 2020), y es *C. c. roselaari* la subespecie que se encuentra en Baja California Sur.

Situación y estado de conservación

De las seis subespecies de playero rojizo en el mundo, la del Pacífico americano es la que cuenta con menor información: hasta la década de los noventa no se conocía con certeza ninguno de sus sitios de invernada y menos aún sus rutas migratorias (Baker *et al.* 2020); solo se reportaban grupos pequeños en las costas del Pacífico de Estados Unidos de América y México (Tomkovich 1990, Page *et al.* 1997, 1999) con un área de distribución invernal que se extendía desde la costa del sur de California hasta Sudamérica (Baker *et al.* 2020). Actualmente, la población del playero rojizo del Pacífico se estima en 17 mil individuos (Andres *et al.* 2012) y se considera la población más pequeña de las seis subespecies existentes. Lo anterior, junto con otros factores de riesgo como el cambio climático y sus efectos (p.e. elevación del nivel del mar, aumento en la exposición a eventos climáticos extremos y menor disponibilidad y calidad del alimento), así como la perturbación, modificación y pérdida del hábitat, ha provocado que la especie esté catalogada como prioritaria por los planes de conservación para aves playeras en Estados Unidos de América (Brown *et al.* 2001) y Canadá (Donaldson *et al.* 2000). Por su parte, el gobierno mexicano lo incluye como subespecie en peligro de extinción en la NOM-059 (SEMARNAT 2010).

Distribución

Durante el período no reproductivo (migración y época de invernación), los playeros rojizos se alimentan típicamente en ambientes costeros intermareales (Baker *et al.* 2020). En Baja California Sur, su distribución se limita a las lagunas costeras con presencia de planos lodosos. Los humedales en los que se tiene registro de individuos de playero rojizo son: ensenada de la Paz con un máximo en invierno de 56 individuos, seguido de bahía Magdalena con 66 aves, el complejo San Ignacio con 220 individuos y por mucho el sitio más importante es Guerrero Negro con 11 800 aves (figura 2).

En Guerrero Negro, el playero rojizo utiliza preferentemente planicies de inundación con sustratos lodosos y presencia de marisma, donde presumiblemente puede encontrar los moluscos de los cuales se alimenta durante marea baja; mientras que en marea alta utiliza zonas de marisma y dunas (Carmona *et al.* 2008). También ocupa como sitios alternos de alimentación o descanso los humedales artificiales creados por la empresa Exportadora de Sal S.A. de C.V. (ESSA) para la producción de sal (Carmona *et al.* 2008).

Relevancia de Guerrero Negro para el playero rojizo

Actualmente, se reconoce al noroeste del país como la zona más importante para la invernada de esta subespecie; sobresalen tres humedales: el Delta del Río Colorado (Sonora; Carmona *et al.* 2013), Marismas Nacionales (Nayarit y Sinaloa; Arce *et al.* 2015) y Guerrero Negro (Baja California Sur; Arce 2011). El Laboratorio de Aves de la Universidad Autónoma de Baja California Sur, en colaboración con Pronatura Noroeste y con el apoyo de Exportadora de Sal S.A. de C.V., desarrollaron un programa de monitoreo que ha permitido conocer diferentes aspectos de la ecología migratoria e invernal del playero rojizo en Guerrero Negro desde el 2005.

Gracias a este esfuerzo, se sabe que dicho humedal es el de mayor importancia para la invernación de la subespecie, donde las aves inician su arribo a partir de agosto (otoño), y alcanzan su máximo en noviembre (principios de invierno), con una disminución paulatina en la primavera, hasta alcanzar las menores abundancias en verano (Arce 2011). Se cuenta con un registro máximo de playeros rojizos de 11 800 aves en invierno; sin embargo, los promedios interanuales fluctúan entre 6 mil y 8 mil individuos en invierno, lo que representa entre 35 y 47% de la población total de esta subespecie.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Figura 1. Playero rojizo (*Calidris canutus*): a) ejemplar con plumaje básico o invernal; b) playeros con plumaje alterno o reproductivo. Fotos: Víctor Ayala.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

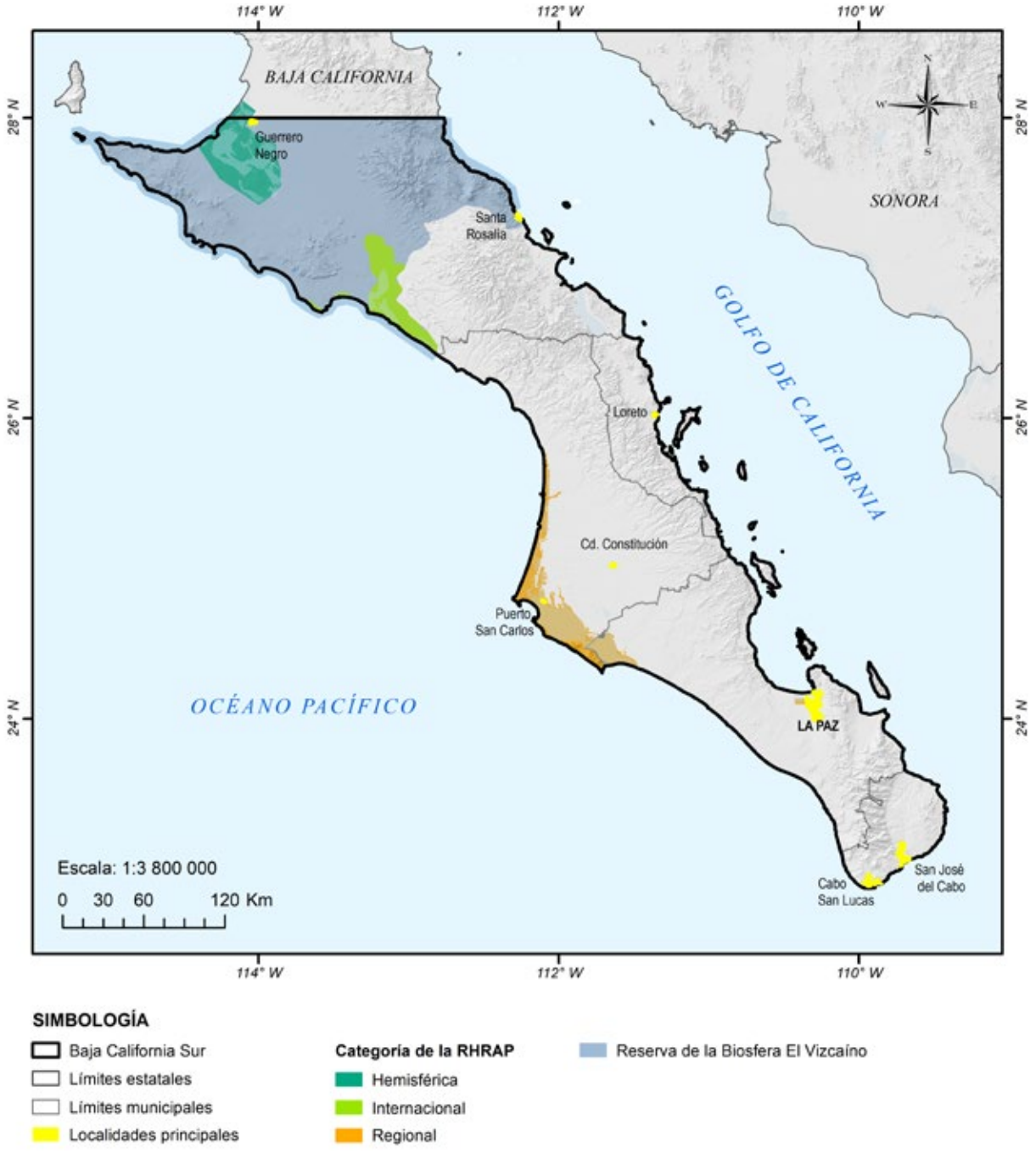


Figura 2. Sitios en Baja California Sur con registros de playeros rojizos. Se muestra la categoría otorgada por la RHRAP a cada humedal y se indica la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno. Fuente: elaboración propia.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Mediante capturas se ha podido analizar el comportamiento temporal del peso de las aves; el patrón general indica que los playeros rojizos llegan al sitio con pesos bajos y se mantienen estables durante el invierno, con un marcado incremento hacia el inicio de primavera. Lo anterior sugiere que Guerrero Negro representa el último sitio en la migración al sur, debido a que mantienen un peso estable durante el invierno, indicativo de que no se moverán, al menos no una gran distancia (Arce 2011).

Referente a la estructura poblacional, se sabe que 88% de las aves invernantes son adultas (Arce 2011). El bajo porcentaje de aves juveniles (12%) encontrado en este humedal coincide con lo observado para otros sitios del país, como el golfo de Santa Clara (12%; Hernández-Alvarez 2013) y la laguna Las Garzas (Marismas Nacionales, 10%; Arce *et al.* 2015); y es similar al registrado para la subespecie de playero rojizo europea *C. c. islandica* (12%; Boyd y Piersma 2001), lo que sugiere, en general, que la especie tiene un bajo éxito reproductivo.

A la fecha se han marcado en Guerrero Negro alrededor de 900 playeros rojizos, los cuales han sido re-observados en el mismo sitio y en diferentes puntos a lo largo de la costa del Pacífico y en sus áreas de reproducción (Carmona *et al.* 2013). Es gracias a esta información y a un esfuerzo internacional que ha sido posible aclarar aspectos relevantes sobre sus movimientos migratorios y la conectividad entre los humedales (Carmona *et al.* 2013). Los individuos que invernan en Guerrero Negro tienen una conectividad con los humedales de Washington y con el golfo de Santa Clara, en el Alto Golfo de California, el área de mayor importancia primaveral en México (Hernández-Alvarez 2013). Durante la migración de otoño el playero rojizo es raro o poco común desde Canadá hasta California, lo que sugiere un vuelo otoñal directo desde los humedales de Alaska hasta Guerrero Negro (Carmona *et al.* 2013).

Factores de presión

El desarrollo costero ha sido, sin duda, una amenaza histórica para el hábitat de alimentación y descanso del playero rojizo, que ha provocado tanto pérdidas directas como la alteración del hábitat. Este factor de presión se considera de alto impacto para el noroeste del país (Wilson *et al.* 2012). En particular, el desarrollo en Guerrero Negro para apoyar a la economía de la población local y al turismo podría llevar a la destrucción, fragmentación y degradación de los hábitats y a una perturbación mayor en los sitios donde los playeros rojizos se alimentan o descansan (Senner *et al.* 2016).

El incremento en la densidad de la población humana en las costas, aumenta a su vez la perturbación (Schlacher *et al.* 2013) y el número de depredadores de origen doméstico como perros y gatos, que afectan al playero rojizo en todo su intervalo de distribución (Wilson *et al.* 2012). La perturbación por humanos o sus mascotas puede tener un efecto adverso hacia esta subespecie, debido a que los obliga a volar constantemente, y esto reduce su tiempo de alimentación y descanso o puede ocasionar que se busquen sitios de alimentación menos rentables.

Otro factor importante es el cambio climático, debido a que sus sitios de alimentación y descanso durante la migración y en la época de invernada se encuentran en la zona costera, área particularmente vulnerable a desaparecer o disminuir por el aumento en el nivel del mar (Zdravkovic 2013). Además de la disponibilidad de hábitat y una menor cantidad y calidad de alimento para el playero rojizo por efectos de cambio climático (Zdravkovic 2013), se prevé un aumento en la exposición a eventos climáticos extremos, como El Niño (SEMARNAT 2009) y ciclones tropicales (Geng y Sugi 2003), lo cual afectaría potencialmente los hábitats utilizados por estas aves.

Acciones de conservación

Es necesario aplicar programas para reducir la perturbación del playero rojizo en los sitios de alimentación y descanso, mediante la educación de todos los aficionados a actividades recreativas en las playas e involucrar a los ciudadanos en proyectos de ciencia ciudadana. Por otro lado, es preciso desarrollar programas de educación para la tenencia responsable de perros y gatos (p.e. campañas de esterilización, uso de correas y mantener a los gatos en el interior de las viviendas).

Asimismo, es importante realizar campañas de concientización (p.e. pláticas en los centros escolares, a los prestadores de servicios turísticos y a la

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

comunidad en general) sobre la importancia de los ecosistemas costeros y continuar con el monitoreo de la población del playero rojizo en Guerrero Negro, para conocer los cambios en la distribución espacial y en la abundancia. Por último, se considera conveniente priorizar investigaciones dirigidas a llenar los principales vacíos de información, como tasas de sobrevivencia, enfermedades, dieta, entre otros, indispensables para plantear acciones de conservación y manejo específicas para el playero rojizo.

Conclusiones y recomendaciones

En Baja California Sur se encuentra Guerrero Negro, el sitio más importe para la invernada del playero rojizo en el Pacífico americano (*Calidris canutus* subsp. *roselaari*). En dicho humedal se ha registrado hasta 69% de la población total de esta subespecie; la cual está catalogada por el gobierno mexicano como en peligro de extinción. Dicho estatus se debe a que diferentes humedales utilizados por estas aves han sido modificados por el humano e incluso han desaparecido, a lo que se suman presiones por los efectos derivados del cambio climático.

Por la importancia de los humedales de Baja California Sur para el playero rojizo, es indispensable continuar con los programas de monitoreo a mediano y largo plazos, que permitan generar información para detectar posibles cambios en la población. Asimismo, se debe dar continuidad a los esfuerzos de educación ambiental en las zonas aledañas a los sitios de mayor importancia para la subespecie; lo anterior con la finalidad de que las comunidades conozcan la relevancia de los sitios y generar una conciencia ambiental que favorezca su protección.

Referencias

Andres, B.A., P.A. Smith, R.I.G. Morrison *et al.* 2012. Population estimates of North American shorebirds, 2012. *Wader Study Group Bulletin* 119:178-194.

Arce, N. 2011. *Migración e invernación del playero rojizo del Pacífico (Calidris canutus roselaari) en Guerrero Negro, Baja California Sur, México*. Tesis de maestría. CICIMAR-IPN, La Paz.

Arce, N., R. Carmona, E. Miramontes *et al.* 2015. An overwintering group of red knots (*Calidris canutus roselaari*) in Las Garzas lagoon, Nayarit, Mexico. *Wader Study Group Bulletin* 122:135-141.

Baker, A.J., P. González, R.I.G. Morrison y B.A. Harrington. 2020. *Red knot (Calidris canutus), The Cornell Lab Of Ornithology version 1.0. Birds of world*. En: <https://doi.org/10.2173/bow.redkno.01>, última consulta: 31 de marzo del 2020.

Boyd, H. y T. Piersma. 2001. Changing balance between survival and recruitment explains population trends in red knots *Calidris canutus islandica* wintering in Britain, 1969-1995. *Ardea* 89:301-317.

Brown, S., C. Hicky, B. Harrington y R. Gill. 2001. *United States Shorebird Conservation Plan*. Manomet Center for Conservation Sciences, Massachusetts.

Carabias, L.J., E. Provencio, E.J. De la Maza *et al.* 2000. *Programa de Manejo Reserva de la Biosfera El Vizcaíno, México*. INE, México.

Carmona, R., N. Arce, V. Ayala-Pérez y G.D. Danemann. 2008. Abundance and phenology of red knots in the Guerrero Negro-Ojo de Liebre coastal lagoon complex, Baja California Sur, Mexico. *Wader Study Group Bulletin* 115:10-15.

—. 2011. Seasonal abundance of shorebirds at the Guerrero Negro wetland complex, Baja California, Mexico. *Wader Study Group Bulletin* 118:40-48.

Carmona, R., G.D. Danemann, N. Arce *et al.* 2013. Red knot (*Calidris canutus roselaari*) migration connectivity, abundance and non-breeding distribution along the Pacific coast of the Americas. *Wader Study Group Bulletin* 120:168-180.

Donaldson, G.M., C. Hyslop, R.I.G. Morrison *et al.* 2000. *Canadian shorebird conservation plan*. En: <http://nabci.net/wp-content/uploads/Canadian-shorebird-conservation-plan.pdf>, última consulta: 28 de marzo de 2020.

Fernández, G. 2005. *Ecological and social factors affecting the local habitat distribution of western Sandpipers wintering at bahía Santa María, northwest México*. Tesis de doctorado. Simon Fraser University, Canadá.

Geng, Q. y M. Sugi. 2003. Possible change of extratropical cyclone activity due to enhanced greenhouse gases and sulfate aerosols-study with high resolution AGCM. *Journal of Climate* 16:2262-2274.

Hernández-Alvarez, A.D. 2013. *Uso de la playa sur del Golfo de Santa Clara, Sonora durante la migración primaveral (2011-*

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

2013) del playero rojizo del Pacífico (Calidris canutus roselaari). Tesis de maestría. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California.

Page, G.W., E. Palacios, L. Alfaro *et al*. 1997. Numbers of wintering shorebirds in coastal wetlands of Baja California, México. *Journal of Field Ornithology* 68:562-574.

Page, G.W., L.E. Stenzel y J.E. Kjelmyr. 1999. Overview of shorebirds abundance and distribution in wetlands of the Pacific Coast of the contiguous United States. *Condor* 101:46-471.

Pfister, C., B.A. Harrington y M. Lavine. 1992. The impact of human disturbance on the shorebirds at a migration staging area. *Biological Conservation* 60(2):115-126.

RHRAP. Red Hemisférica de Reservas para las Aves Playeras. 2019. *Sitios WHSRN*. En: <https://whsrn.org/es/sitios-whsrn/mapa-de-sitios/>, última consulta: 31 de marzo de 2020.

Schlacher, T.A., T. Nielsen y M.A. Weston. 2013. Human recreation alters behaviour profiles of non-breeding birds on open-coast sandy shores. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 118:31-42.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2008. *Estrategia para la Conservación y Manejo de las Aves Playeras y su Hábitat en México*. Dirección General de Vida Silvestre-SEMARNAT, México.

—. 2009. *Cambio climático. Ciencia, evidencia y acciones*. SEMARNAT, México.

—. 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.

Senner, S.E., B.A. Andres y H.R. Gates. 2016. *Pacific Americas shorebirds conservation strategy*. National Audubon Society, Nueva York.

Stroud, D. 2003. Are waders world-wide in decline? Reviewing the evidence. A workshop summary. *Wader Study Group Bulletin* 102:8-12.

Tomkovich, P.S. 1990. Analysis of geographical variability in knot *Calidris canutus* (L). *Bulletin of Moscow Society of Naturalists Biological Series* 95:59-72.

Wilson, T.E., J. Wheeler, M.C. Green y E. Palacios. 2012. *Reddish Egret Conservation Action Plan. Reddish Egret Conservation Planning Workshop*. En: <http://www.reddishegret.org/REEG_plan_final_single.pdf>, última consulta: 31 de marzo de 2020.

Zdravkovic, M.G. 2013. *Conservation Plan for the Wilson's Plover (Charadrius wilsonia). Version 1.0*. Manomet Center for Conservation Sciences, Massachusetts.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Mascarita peninsular (*Geothlypis beldingi*), un ave en peligro de extinción exclusiva de los oasis sudcalifornianos

Guadalupe Gerardo Marrón Méndez, Adriana Delfina Hernández Alvarez, Leandro Roberto Carmona Piña y Sergio Flores Ramírez

Introducción

A pesar de que Baja California Sur es la entidad más árida del país, con una precipitación anual promedio menor a 200 mm (CONAGUA 2012), a lo largo del estado se encuentran 32 oasis que presentan espejo de agua permanente y vegetación emergente, mismos que cubren poco más de 20 km^2 (Maya *et al*. 1997), lo que corresponde a menos del 1% del territorio estatal (figura 1). En el listado más completo que existe de las aves de los oasis en el estado se reportan 110 especies (Rodríguez Estrella *et al*. 1997), 11 de las cuales están catalogadas en la NOM-059: seis bajo protección especial, tres amenazadas y dos en peligro de extinción (SEMARNAT 2025). Una de las especies indicada como en peligro de extinción es la mascarita peninsular (*Geothlypis beldingi*; SEMARNAT 2025).

Descripción

La mascarita peninsular (figura 2) mide aproximadamente 14 cm de longitud de la punta del pico a la punta de la cola y es muy similar a la mascarita común (*G. trichas*), especie migratoria con amplia presencia en el país; esta última es ligeramente más pequeña, con 12.5 cm. El plumaje de ambas especies es verde olivo en el dorso, más brillante en los machos que en las hembras (figura 3a). Los machos poseen la típica máscara de las aves de este grupo, la cual presenta bordes de color amarillo limón o crema pálido (en la mascarita común estos bordes son blancos). Las hembras y los juveniles en general son amarillos y pardos, respectivamente, y carecen de la máscara (figura 3; Bent 1963).

Los requerimientos de hábitat de la mascarita peninsular son específicos, pues se establece y reproduce exclusivamente en oasis con espejo de agua y vegetación emergente, como tule (*Typha domingensis*) y carrizo (*Phragmites australis*), sobre los que construye sus nidos y donde se alimenta (Bent 1963). Su dieta está compuesta principalmente de pequeños invertebrados (p.e. arañas, caballitos del diablo e insectos patinadores), a los que captura casi siempre a una distancia menor a 5 m del espejo de agua (Rodríguez-Estrella *et al*. 1999). Su temporada de reproducción abarca de marzo a junio y sus nidos se encuentran regularmente donde la vegetación es más densa (Bent 1963).

Marrón, G., A. Hernández-Alvarez, R. Carmona y S. Flores-Ramírez. 2025. Mascarita peninsular (*Geothlypis beldingi*), un ave en peligro de extinción exclusiva de los oasis sudcalifornianos. En: *La biodiversidad en Baja California Sur. Estudio de Estado*. Vol. II. CONABIO/FFB, México, pp. 474-481.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

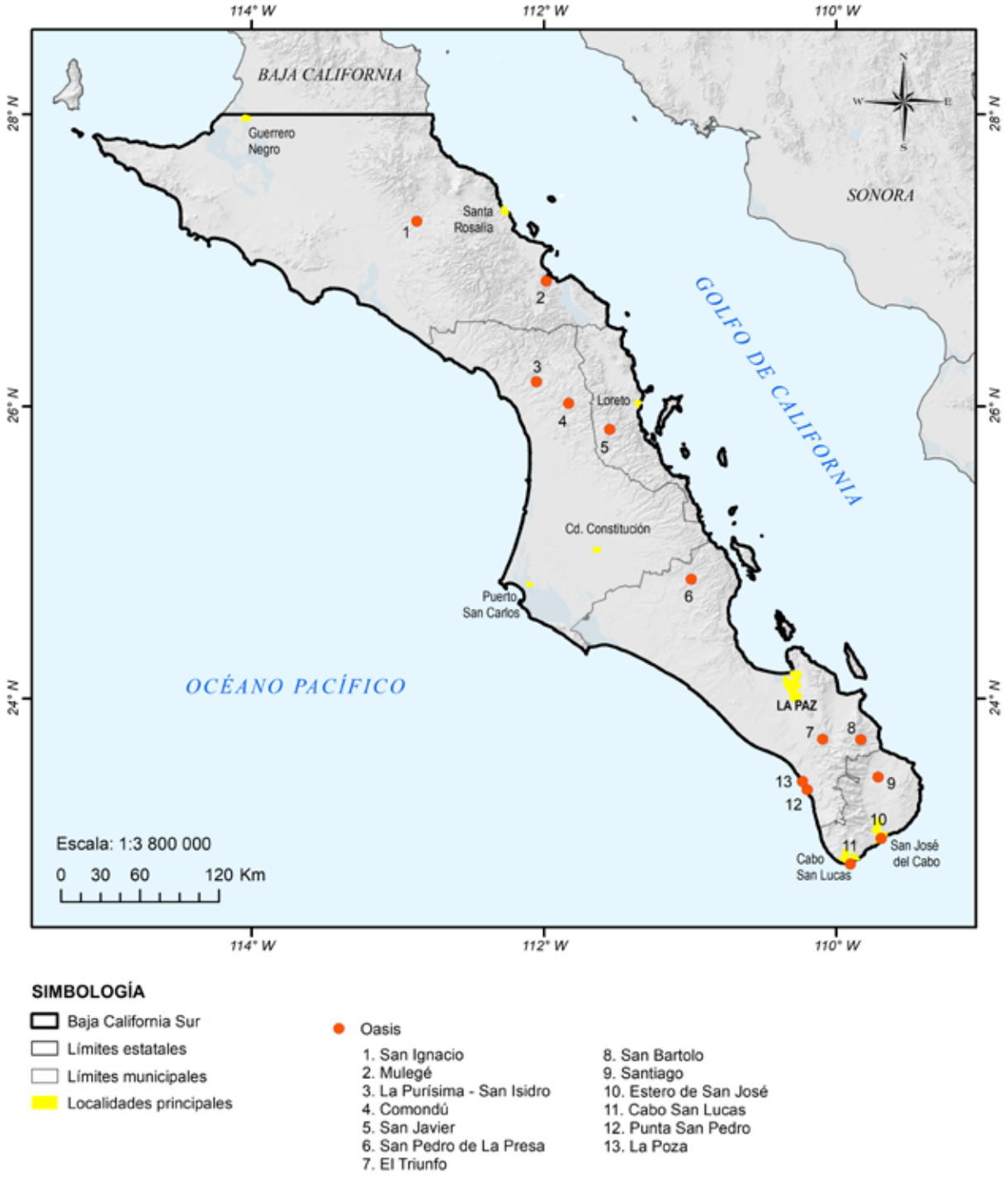


Figura 1. Ubicación de los oasis más relevantes para la mascarita peninsular (*Geothlypis beldingi*). Fuente: elaboración propia.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Figura 2. Macho de la subespecie sureña de la mascarita peninsular (*Geothlypis beldingi beldingi*), el cual presenta una franja amarilla sobre la máscara. Foto: Gerardo Marrón.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Figura 3. Mascarita peninsular: a) hembra con el vientre completamente amarillo; b) juvenil, similar a las hembras, pero más pardo; c) macho joven con inicio de la coloración de la máscara. Fotos: Gerardo Marrón (a), Roberto Carmona (b, c).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Escalante (2000) menciona que su capacidad de dispersión es baja, y por ello el intercambio reproductivo de aves entre diferentes oasis es escaso o nulo. Sin embargo, Erickson y colaboradores (2008) encontraron individuos fuera de los oasis en ambientes como manglares, límites interiores de estuarios y cultivos frutales, sobre todo en época no reproductiva. Aunque son pocos estos registros, lo anterior podría indicar que su capacidad de dispersión es mayor a la propuesta (Erickson *et al.* 2008). Adicionalmente, datos recientes muestran cambios temporales importantes en la abundancia de esta especie. Este es el caso del oasis La Poza en Todos Santos (municipio de La Paz), donde la abundancia fluctuó entre 17 (noviembre 2014) y 121 aves (junio 2014; Carmona *et al.* 2018), lo que respalda la hipótesis del movimiento de la especie, aunque no hay información específica sobre la magnitud de estos desplazamientos.

Distribución

La mascarita peninsular se distribuye únicamente en Baja California Sur, en los escasos cuerpos dulceacuícolas permanentes de la entidad. En 1917 se propuso la existencia de dos subespecies con diferencias en el plumaje (Oberholser 1917), lo que aún no se ha corroborado mediante métodos moleculares. En el norte, *G. b. goldmani* se localiza desde el oasis de San Ignacio (27° 17' N) hasta el de San Javier (25° 55' N); los machos presentan una franja color crema encima de la máscara negra (figura 4) y las hembras muestran un poco de coloración blancuzca en el vientre y la espalda. En el sur, *G. b. beldingi* se encuentra desde El Triunfo (23° 48' N) hasta Cabo San Lucas (22° 53' N); los machos muestran color amarillo limón encima de la máscara negra y las hembras presentan vientre y espalda de un color amarillo más brillante que la otra subespecie (Oberholser 1917). Entre los dos límites de distribución propuestos para ambas subespecies hay más de 250 km de separación, por lo que es incierto a cuál de las subespecies propuestas pertenecen las poblaciones que habitan este intervalo geográfico.

Situación y estado de conservación

La mascarita peninsular fue catalogada como en peligro de extinción por el gobierno mexicano en 1994 (SEDESOL 1994), estatus que se ha mantenido hasta la actualidad (SEMARNAT 2025). En lo que respecta a la Lista Roja de especies amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN; BirdLife International 2017), fue enlistada en 1988 como con datos insuficientes (DD), en 1994 se le consideró vulnerable (VU), en 2000 se elevó su estatus a en peligro crítico (CR), para disminuir en 2011 a en peligro (EN); y desde 2017 a la fecha se le considera nuevamente como vulnerable. Los cambios en su estatus para la UICN obedecen más al incremento en el conocimiento de la especie y a nuevos paradigmas de evaluación que a cambios registrados en las poblaciones.

Factores de presión

Los asentamientos humanos en el estado están asociados a cuerpos de agua dulce (superficiales o subterráneos), por lo que en muchos sitios existe un uso excesivo del agua, al que en ocasiones se añade la utilización de los recursos circundantes como la flora nativa (tule y/o carrizo) que se aprovecha como forraje para el ganado o en la elaboración de artesanías (Rodríguez-Estrella *et al.* 1999); a lo anterior se suma la contaminación y en general el cambio de uso del suelo.

Estos factores han ocasionado problemas en las poblaciones de la mascarita peninsular al disminuir la superficie de carrizo y tule, lo que representa una amenaza a su continuidad como especie. En este sentido, se documentaron notorias disminuciones poblacionales en el oasis La Poza (aledaño al poblado de Todos Santos al sur del estado), a raíz del desvío del cauce del arroyo que lo alimentaba, debido a que se pasó de un conteo de 120 aves en verano de 2014, a 60 aves en la misma temporada de 2015 (Carmona *et al.* 2018). Adicionalmente, la población de El Triunfo ahora está extirpada (Erickson *et al.* 2008). Estos problemas son mayores en los oasis sureños, donde se concentra la mayor parte de la población humana, como San José del Cabo, Santiago y La Poza.

En cuanto a los impactos naturales, los incendios y huracanes son fenómenos comunes en el estado que modifican de forma dramática el paisaje de los oasis (figura 5). Sin embargo, estos ambientes son capaces de restablecerse de forma natural y al poco tiempo

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Figura 4. La mascarita peninsular norteña (*G. b. goldmani*) muestra una franja blanca sobre la máscara. Foto: Roberto Carmona.

suelen estar en condiciones adecuadas para su uso por parte de la mascarita peninsular; por el contrario, el tiempo de recuperación es mayor en los oasis con alta presión antrópica. Por ejemplo, después del huracán Odile en 2014, los oasis cercanos a Todos Santos se recuperaron (en altura de vegetación emergente y número de mascarita peninsular) en semanas, pero el estero de San José del Cabo duró meses sin volver a un estado similar al anterior.

Otro ejemplo de resiliencia se observó en el oasis de San Ignacio, que en 2016 tuvo la presencia de una de las poblaciones más numerosas de esta especie (250 individuos; Carmona *et al*. 2020a), pero entre agosto y septiembre de 2019 se suscitaron dos incendios de origen humano que consumieron 76% de la superficie de carrizo en el oasis. En octubre de 2019 se visitó el área para evaluar el efecto de los incendios en el tamaño poblacional de la mascarita peninsular y se encontró que había 226 aves con 65% del carrizo ya recuperado (Carmona *et al*. 2020b). Así, el oasis en general y el carrizo en particular, estaban en plena recuperación en octubre, a solo dos meses de los incendios.

A pesar de que no existe un monitoreo sistemático de la población de la mascarita peninsular en toda su distribución, la UICN indica que la mayor abundancia se encuentra en los oasis de Santiago (150 individuos), Todos Santos (120), Punta San Pedro (70) y el estero de San José (487-700 aves adultas; BirdLife International 2017), a los que se añade San Ignacio (~250; Carmona *et al*. 2020a). Con base en los registros disponibles, se estima una población de entre 1 000 y 2 499 aves adultas (BirdLife International 2017), un tamaño poblacional muy pequeño para un ave canora, sobre todo al compararlo con especies similares como la mascarita común (*G. trichas*) y el chipe lores negros (*G. tolmiei*), cuyas poblaciones se estiman en 77 millones y 11 millones de individuos, respectivamente (Partners in Flight 2019).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Figura 5. Oasis de San Ignacio después de ser arrasado por los incendios de agosto y septiembre de 2019. Foto: Gerardo Marrón.

Acciones de conservación

La información acerca de esta especie es escasa y evidentemente resta mucho trabajo por hacer para integrar programas sólidos de conservación y manejo que aseguren su integridad. Por un lado, en cuanto a conocimiento de la especie, se necesita investigar aspectos clave como: estimación poblacional actual, la localización de los sitios numéricamente más importantes, así como identificar y clasificar las amenazas a las que están sometidas las distintas poblaciones, realizar estudios para verificar la capacidad de dispersión de estas aves, y análisis genéticos que validen o no la existencia de las subespecies.

Por otro lado, en materia de conservación, es imperante desarrollar actividades que garanticen la disponibilidad y la sustentabilidad de los oasis, incluyendo el agua y la vegetación natural, así como implementar formas de protección legal de estos ambientes. Asimismo, se considera importante tomar medidas dirigidas a las necesidades particulares de cada población con base en los conocimientos adquiridos en las investigaciones científicas. A la fecha se reconocen dos esfuerzos a este respecto, el plan de acción para la conservación de la especie y sus hábitats realizado por Pronatura Noroeste (Palacios y Galindo-Espinosa 2011) y la solicitud ante la Dirección General de Vida Silvestre de la inclusión de los oasis La Poza y San Pedro del Palmar como hábitats críticos (Carmona *et al*. 2017). Sin embargo, estas acciones son aún incipientes pues no han llegado a la parte operativa.

Otra herramienta que podría contribuir a la conservación de la mascarita peninsular y de los oasis en general es el aviturismo (*birding*). Esta actividad, cuando se realiza adecuadamente, es amigable con el ambiente y altamente compatible con los programas de conservación, al mismo tiempo genera recursos económicos para las comunidades locales, por lo que, de desarrollarse, las mismas comunidades protegerían los recursos naturales. A la fecha, existen visitas guiadas de observadores de aves a tres sitios cercanos a poblados: los oasis de San Ignacio, Todos Santos y San José del Cabo. Es imprescindible la participación de diversos sectores, entre los que se incluyen todos los niveles de gobierno, investigadores, organizaciones civiles y la población local para garantizar la integridad de esta especie.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Conclusiones y recomendaciones

Al ser la mascarita peninsular una especie endémica de Baja California Sur y estar ligada estrechamente a sus escasos oasis, su protección equivale a la protección de todas las especies y poblaciones nativas de estos humedales, lo que cobra mayor relevancia al considerar la escasez de este tipo de ambientes en el estado y su importancia para la población humana. De esta forma, es necesario generar un marco teórico sólido que permita tomar medidas de manejo y conservación apropiadas para asegurar la sobrevivencia de la especie, lo que es sinónimo de garantizar la permanencia de los oasis sudcalifornianos; para ello, será necesaria la participación conjunta de actores del sector académico, social y gubernamental.

Agradecimientos

A la organización civil Amigos de la Costa de Todos Santos, a la Universidad Autónoma de Baja California Sur y Pronatura Noroeste A.C., por el uso irrestricto de sus equipos e instalaciones, y a Sonoran Joint Venture por el apoyo económico.

Referencias

Bent, A.C. 1963. *Life histories of North American wood warblers II*. Dover Publications, EUA.

BirdLife International. 2017. *Species factsheet: Geothlypis beldingi*. En: <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2017-3.RLTS.T22721839A118502506.en>, última consulta: 10 de febrero de 2021.

Carmona, R., G. Marrón, A. Hernández-Alvarez y A. Rivas. 2018. Efecto de la falta de agua dulce en el oasis La Poza, Todos Santos, Baja California Sur, en la población de Mascarita Peninsular (*Geothlypis beldingi*). En: *XVI Congreso para el Estudio y Conservación de las Aves en México*. Coahuila.

Carmona, R., G. Marrón, S. Águila *et al.* 2020a. Population assessment of Belding's Yellowthroat (*Geothlypis beldingi*) at San Ignacio oasis, Baja California Sur, Mexico. *Western Birds* 51(1):38-46.

Carmona, R., G. Marrón y G. Danemann. 2020b. *Efecto de los incendios ocurridos en 2019 (agosto y septiembre) sobre la población de Mascarita peninsular (Geothlypis beldingi) en el oasis de San Ignacio, BCS, México*. Reino Unido (inédito).

Carmona, R., G. Marrón, A. Hernández-Alvarez *et al.* 2017. *Propuesta para la designación de los oasis La Poza y San Pedro del Palmar, Todos Santos, Baja California Sur, como áreas de refugio para proteger especies acuáticas, con base en su relevancia para la Mascarita peninsular (Geothlypis beldingi)*. Estudio Técnico Justificativo. Dirección General de Vida Silvestre-SEMARNAT/Pronatura Noroeste/UABCS, México.

CONAGUA. Comisión Nacional del Agua. 2012. *Distribución de la precipitación pluvial anual 1971-2000*. En: <http://www.conagua.gob.mx/atlas/>, última consulta: 6 de julio de 2018.

Erickson, R.A., R.A. Hamilton y S.G. Mlodinow. 2008. Status review of Belding's Yellowthroat *Geothlypis beldingi*, and implications for its conservation. *Bird Conservation International* 18:219-228.

Escalante, P. 2000. Mascarita peninsular. En: *Las aves de México en peligro de extinción*. G. Ceballos y L. Márquez-Valdelamar (eds.). CONABIO/Instituto de Ecología-UNAM/CONABIO/FCE, México, pp. 304-305.

Maya, Y., R. Coria y R. Domínguez. 1997. Caracterización de los oasis. En: *Los oasis de la Península de Baja California*. L. Arriaga y R. Rodríguez-Estrella (eds.). CIBNOR, La Paz, pp. 5-26.

Oberholser, H.C. 1917. A new subspecies of *Geothlypis beldingi*. *Condor* 19:182-184.

Palacios, E. y D. Galindo-Espinosa. 2011. *Plan de acción para la conservación del Mascarita Peninsular (Geothlypis beldingi) y sus hábitats en Baja California Sur, México*. Reino Unido (inédito).

Partners in Flight. 2019. *Population estimates database*. En: <http://pif.birdconservancy.org/PopEstimates/Database.aspx>, última consulta: 27 de febrero de 2020.

Rodríguez-Estrella, R., L. Rubio y E. Pineda. 1997. Los oasis como parches atractivos para las aves terrestres residentes e invernantes. En: *Los oasis de la Península de Baja California*. L. Arriaga y R. Rodríguez-Estrella (eds.). SIMAC/CIBNOR. México, pp. 157-195.

Rodríguez-Estrella, R., L.R. Delgado, E. Pineda y G. Blanco. 1999. Belding's Yellowthroat: current status, habitat preferences and threats in oases of Baja California, Mexico. *Animal Conservation* 2:77-84.

SEDESOL. Secretaría de Desarrollo Social. 1994. *Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-1994*. Publicada el 16 de mayo de 1994.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2019. *Modificación del Anexo Normativo III. Lista de especies en riesgo de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010*. Publicada el 14 de noviembre de 2019 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.

—. 2025. *Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-059-SEMARNAT-2025*. Publicado el 14 de abril de 2025 en el Diario Oficial de la Federación.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Avifauna de los oasis de la sierra El Mechudo e involucramiento de niños y jóvenes en su conservación

Víctor Omar Ayala Pérez, Nallely Arce Villavicencio y Leandro Roberto Carmona Piña

Introducción

En un clima semidesértico y árido como el que predomina en Baja California Sur, donde la precipitación pluvial es típicamente menor a 200 mm anuales y el potencial de evapotranspiración puede superar en más de 10 veces el total de precipitación (Turner y Brown 1994), los ecosistemas mésicos,[1] riparios[2] y los cuerpos permanentes de agua dulce son escasos (Guzmán *et al.* 1994). Este tipo de ambientes representan poco más de 1% del total de la superficie de Baja California Sur.

Los oasis en la entidad se encuentran inmersos en un ambiente desértico, por lo que son refugios de gran interés biológico, debido a que representan relictos de hábitats de importancia biogeográfica y evolutiva (Arriaga y Rodríguez-Estrella 1997), además juegan un papel importante para la fauna y en especial para la avifauna (fauna de aves). Los oasis representan ambientes sumamente atractivos para las aves por la presencia de agua, así como por la abundancia y la disponibilidad de recursos alimenticios (semillas, flores y frutos, insectos, y otros), superior al ambiente desértico que los rodea (Rodríguez-Estrella *et al.* 1997, Rodríguez-Estrella 2005), pues presentan una cobertura vegetal mayor. Lo anterior, sumado a las condiciones particulares de humedad y temperatura que contrastan notoriamente con los sitios fuera de los oasis, como sugieren varios trabajos (Rodríguez-Estrella *et al.* 1997, 2005, Rubio *et al.* 1997), tiene una función importante para el mantenimiento, tanto de las poblaciones residentes como de la fracción migratoria de aves que utilizan estas zonas como sitios de parada en su ruta.

Pese a la importancia de este tipo de ambientes, los oasis sudcalifornianos se encuentran amenazados por diferentes actividades humanas (p.e. agricultura, pastoreo, minería y más recientemente por actividades turísticas no planificadas; Rodríguez-Estrella y Arriaga 1997). De hecho, en algunos sitios las actividades humanas, como desecación, tala y quema de carrizo y sobrepastoreo, han erradicado diferentes poblaciones de aves o han reducido la riqueza específica de estos lugares.

1 Ambientes con una fuente de agua dulce que suministra de humedad al sistema circundante.
2 Ambientes de transición entre un sistema acuático y uno terrestre.

Ayala-Pérez, V.O., N. Arce y R. Carmona. 2025. Avifauna de los oasis de la sierra El Mechudo e involucramiento de niños y jóvenes en su conservación. En: *La biodiversidad en Baja California Sur. Estudio de Estado*. Vol. II. CONABIO/FFB, México, pp. 482-490.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

A manera de ejemplo se encuentra el oasis de Santiago, en donde la mascarita bajacaliforniana (*Geothlypis beldingi*), especie endémica a la entidad, se consideraba muy abundante hacia 1900 (Brewster 1902), pero prácticamente desapareció después de que el cuerpo de agua del oasis fuera drenado y desecado para utilizar el área en actividades de ganadería y agricultura (Rodríguez-Estrella *et al.* 1997). Asimismo, en el oasis de La Poza, aledaño al poblado de Todos Santos al sur del estado, a raíz del desvío del cauce del arroyo que lo alimentaba, se suscitó una disminución en la abundancia de la mascarita bajacaliforniana, ya que pasó de una abundancia máxima de 120 aves en 2014 a 60 individuos en 2015 (Carmona *et al.* 2018).

En el sureste del estado se ubica una serie de pozas denominadas: El Salto (figura 1), El Primer Bosque y El Segundo Bosque. Estos oasis se localizan en la sierra El Mechudo, en el extremo sur de la Sierra de la Giganta. Estas pozas son áreas relictas que presentan ambientes mésicos, con pequeños cuerpos de agua permanentes, en las cuales se construyeron obras rústicas para la contención de agua, cuya presencia permanente favorece el desarrollo de mezquites (*Prosopis* spp.), carrizo (*Phragmites australis*) y tule (*Typha domingensis*) y, en sus alrededores, zonas de cultivo con vegetación exótica, como palmeras (*Phoenix dactylifera* y *Washingtonia robusta*), árboles frutales y cultivos a pequeña escala, la mayoría de ellos de autoconsumo. La vegetación típica de desierto que rodea estos ambientes es el matorral xerófilo.[3]

Con el objetivo de describir la avifauna de los tres oasis ubicados en la sierra El Mechudo y promover el interés de la comunidad local en la biodiversidad presente en la zona, para así coadyuvar a la conservación de estos sitios a través de la participación de los habitantes del lugar, se desarrollaron dos actividades



Figura 1. Vista del oasis El Salto en la sierra El Mechudo durante la época de secas. Foto: Víctor Ayala-Pérez.

3 Vegetación espinosa y arbustos bajos, con árboles que pierden sus hojas cada año.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

básicas en el periodo 2010-2012. Estas actividades constaron de cuatro censos de aves (uno por estación del año); además de un curso de tres días, con al menos siete pláticas de sensibilización en el internado de la comunidad, que incluye niños de primaria, jóvenes de secundaria y la participación de profesores.

Avifauna del oasis de la sierra El Mechudo

En total se registraron 85 especies de aves, lo que representa 20% del total histórico documentado para Baja California Sur (432; Erickson *et al.* 2013). Además, el número de especies registradas sobrepasa las 25, indicadas para una zona típica de matorrales de desierto (Emlen 1979), o bien las 58 documentadas en una zona insular desértica en el complejo insular Espíritu Santo, ubicado al sur del golfo de California (Carmona *et al.* 2005). La riqueza observada en los oasis de la sierra El Mechudo es elevada al compararla con lo registrado para San Ignacio (69 especies), Las Pocitas-El Pilar (61) y San José (51; Rodríguez-Estrella *et al.* 1997). Sin embargo, es importante mencionar que estos listados presentan una limitante temporal, debido a que consideran solo las temporadas de invierno y verano. Para La Purísima, uno de los oasis de mayor área (2.25 km^2), se registran 90 especies (Rodríguez-Estrella *et al.* 1997, Carmona *et al.* 2003), y Whitmore y Whitmore (1997) documentaron 88 en el oasis de Mulegé y en las zonas aledañas, lo cual es comparable con las cifras de la sierra El Mechudo.

De las especies registradas en los tres oasis de la sierra El Mechudo, 72 (85% del total registrado) coinciden con las documentadas para otros oasis peninsulares, o bien en regiones insulares asociadas a la Península de Baja California (Rodríguez-Estrella *et al.* 1997, Whitmore y Whitmore 1997, Carmona *et al.* 2003, 2005). De las 85 especies registradas, 43 fueron residentes y 42 migratorias; de dicho total, 14 acumularon 70% de los registros, 13 de ellas residentes (cuadro 1). Asimismo, se observó la presencia de especies consideradas como raras: tirano pirirí (*Tyrannus melancholicus*), mirlo cinchado (*Ixoreus naevius*), maullador gris (*Dumetella carolinensis*), colorín sietecolores (*Passerina ciris*) y gorrión cantor (*Melospiza melodia*, figura 2a); además, se constató la reproducción de 11 especies, entre ellas el gorrión cantor, mismo que representa el registro más sureño para la especie en el estado.

En la zona se tienen tres de las cuatro especies endémicas en el territorio sudcaliforniano: el zafiro bajacaliforniano (*Basilinna xantusii*, figura 2b), el cuicacoche bajacaliforniano (*Toxostoma cinereum*, figura 2c) y la mascarita bajacaliforniana (*Geothlypis beldingi*), esta última catalogada en peligro de extinción de acuerdo con la NOM-059 (SEMARNAT 2010) y considerada como vulnerable dentro de la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN 2017). Dentro de las especies registradas dentro de alguna categoría de riesgo por el gobierno mexicano, sobresale también el zambullidor menor (*Tachybaptus dominicus*), la cual está sujeta a

Cuadro 1. Aves registradas en los oasis de la sierra El Mechudo (El Salto, El Primer Bosque y El Segundo Bosque).

Especie	Nombre común	Presencia
Accipiter cooperii[2]	Gavilán de Cooper	Migratoria
Actitis macularius	Playero alzacolita	Migratoria
Amphispiza bilineata	Zacatonero garganta negra	Residente
Aphelocoma californica	Chara de collar	Residente
Ardea alba	Garza blanca	Migratoria
Auriparus flaviceps[5]	Baloncillo	Residente
Basilinna xantusii[1,2,5]	Zafiro bajacaliforniano	Residente
Bubo virginianus	Búho cornudo	Residente
Buteo jamaicensis	Aguililla cola roja	Residente
Butorides virescens	Garcita verde	Residente
Calidris minutilla	Playero diminuto	Migratoria
Callipepla californica[5]	Codorniz californiana	Residente
Calypte costae	Colibrí cabeza violeta	Residente
Campylorhynchus brunneicapillus	Matraca del desierto	Residente
Cardellina pusilla	Chipe corona negra	Migratoria
Cardinalis cardinalis[5]	Cardenal rojo	Residente
C. sinuatus	Cardenal desértico	Residente
Cathartes aura	Zopilote aura	Residente
Catharus guttatus	Zorzal cola canela	Migratoria
Catherpes mexicanus	Saltapared barranqueño	Residente

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Cuadro 1. Continuación

Especie	Nombre común	Presencia
Charadrius vociferus	Chorlo tildío	Residente
Chondestes grammacus	Gorrión arlequín	Migratoria
Chordeiles acutipennis	Chotacabras menor	Residente
Colaptes chrysoides	Carpintero de pechera del noroeste	Residente
Columbina passerina[5]	Tortolita pico rojo	Residente
Contopus sordidulus	Papamoscas del oeste	Migratoria
Dryobates scalaris	Carpintero mexicano	Residente
Dumetella carolinensis	Maullador gris	Migratoria
Empidonax difficilis	Papamoscas amarillo del Pacífico	Migratoria
E. wrightii	Papamoscas bajacolita	Migratoria
Falco sparverius	Cernícalo americano	Residente
Gallinago delicata	Agachona norteamericana	Migratoria
Geococcyx californianus	Correcaminos norteño	Residente
Geothlypis beldingi[1,4]	Mascarita bajacaliforniana	Residente
G. tolmiei[3]	Chipe lores negro	Migratoria
G. trichas	Mascarita común	Migratoria
Haemorhous mexicanus[5]	Pinzón mexicano	Residente
Icteria virens	Chipe grande	Migratoria
Icterus cucullatus[5]	Calandria dorso negro menor	Residente
I. parisorum	Calandria tunera	Residente
Ixoreus naevius	Mirlo cinchado	Migratoria
Lanius ludovicianus	Verdugo americano	Residente
Leiothlypis celata	Chipe oliváceo	Migratoria
Melanerpes uropygialis[5]	Carpintero del desierto	Residente
Melospiza lincolnii	Gorrión de Lincoln	Migratoria
M. melodia	Gorrión cantor	Residente
Melozone crissalis	Rascador californiano	Residente
Micrathene whitneyi	Tecolote enano	Residente
Mimus polyglottos	Centzontle norteño	Residente
Myiarchus cinerascens[5]	Papamoscas cenizo	Residente
Parkesia noveboracensis	Chipe charquero	Migratoria
Passerina amoena	Colorín pecho canela	Migratoria
P. caerulea	Picogordo azul	Migratoria
P. ciris[2]	Colorín sietecolores	Migratoria
P. versicolor	Colorín morado	Migratoria
Phainopepla nitens[5]	Capulinero negro	Residente
Phalaenoptilus nuttallii	Tapacaminos pandeagua	Migratoria
Pheucticus melanocephalus	Picogordo tigrillo	Migratoria
Pipilo chlorurus	Rascador cola verde	Migratoria
Piranga ludoviciana[5]	Piranga capucha roja	Migratoria
Polioptila caerulea[5]	Perlita azulgris	Residente
P. californica	Perlita californiana	Residente
Porzana carolina	Polluela sora	Migratoria
Regulus calendula	Reyezuelo matraquita	Migratoria
Salpinctes obsoletus	Saltapared de rocas	Residente
Sayornis nigricans[5]	Papamoscas negro	Residente
S. saya	Papamoscas llanero	Migratoria
Setophaga coronata	Chipe rabadilla amarilla	Migratoria
S. petechia	Chipe amarillo	Migratoria
S. townsendi	Chipe de Towsend	Migratoria
Sphyrapicus nuchalis	Carpintero nuca roja	Residente
Spinus psaltria	Jilguerito dominico	Migratoria
Spizella atrogularis	Gorrión barba negra	Migratoria
S. pallida	Gorrión pálido	Migratoria
Streptopelia decaocto	Paloma de collar Turca	Residente
Tachybaptus dominicus[2]	Zambullidor menor	Residente
Tachycineta thalassina	Golondrina verdemar	Migratoria
Toxostoma cinereum[1]	Cuicacoche bajacaliforniano	Residente
Tringa melanoleuca	Patamarilla mayor	Migratoria
Tyrannus melancholicus	Tirano pirirí	Migratoria
T. verticalis	Tirano pálido	Migratoria
T. vociferans	Tirano chibiú	Migratoria
Vireo bellii[4]	Vireo de Bell	Migratoria
Zenaida asiatica[5]	Paloma alas blancas	Residente
Zonotrichia leucophrys	Gorrión corona blanca	Migratoria

[1]Endémica; [2]Pr: sujeta a protección especial; [3]A: amenazada; [4]P: en peligro de extinción; [5]especies que acumularon 70% de los registros.
Fuente: elaboración propia con datos de SEMARNAT 2010.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

protección especial (SEMARNAT 2010). Cabe señalar que la subespecie *T. dominicus bangi* (figura 2d) mantiene poblaciones aisladas en la entidad, donde es un ave residente y estrechamente relacionada con el agua dulce, pues se establece y reproduce en oasis con espejo de agua y vegetación emergente, por lo que su futuro depende en gran medida de la presencia y funcionamiento de los oasis.

Algunos trabajos mencionan que el uso de la tierra de los ambientes adyacentes a las zonas mésicas o riparias afectan negativamente la composición y la abundancia de las especies de aves asociadas a éstos (Martin *et al.* 2006), lo que eventualmente puede reducir su valor biológico (Schneider y Griesser 2009), debido a la disminución o fragmentación del hábitat, el uso de pesticidas, la tala de vegetación nativa, el uso de agua y el pastoreo (Rodríguez-Estrella 2005). Sin embargo, no parece ser el caso de los oasis estudiados, debido a que se ha indicado que de todos los oasis de la península, los de la región de la sierra El Mechudo y zonas aledañas son los menos alterados (Grismer y McGuire 1993), observación corroborada con los datos del presente trabajo.

En la zona aledaña al ambiente mésico en los oasis de la sierra El Mechudo, se observan huertas en las que se mantiene una baja producción o bien son de autoconsumo. En estas huertas se suelen sembrar palmas datileras, naranja, guayaba, vid, durazno, mango, ciruela, frijol, maíz, ajo y cebolla; incluso durante el otoño se pudo observar por parte de las aves una mayor utilización de este ambiente en la época migratoria, que coincidió con la maduración de la mayoría de los frutos y semillas. De modo que, la presencia de las huertas, más que deteriorar o disminuir la calidad del ambiente, ha diversificado los recursos que el área puede ofrecer a las aves, ya que aumenta la disponibilidad de recursos alimenticios (insectos, frutos, polen y semillas). Así, la dinámica de los cultivos, el tipo de vegetación y los recursos alimentarios disponibles incrementa la complejidad estructural de estos ambientes (Pineda *et al.* 1997, Rodríguez-Estrella *et al.* 1997), lo que permite mantener una mayor riqueza y abundancia de especies (Vickery *et al.* 2001). Cabe señalar que el uso de agroquímicos o pesticidas en las huertas es limitado o casi inexistente en dicha zona; los pobladores utilizan material orgánico derivado de la ganadería para abonar la tierra de cultivo.

Por otra parte, el mal uso de los recursos hídricos se reconoce como posible amenaza, debido a que puede provocar la desecación o el drenaje de cuerpos de agua para usos agrícolas a mayor escala, minería o turismo; sin embargo, ninguna de estas actividades se presenta en el área de estudio. El agua en esta región se utiliza para cubrir las necesidades de los habitantes, para las huertas y los cultivos de baja producción. En los oasis se tienen pequeñas obras rústicas como represas y acequias que permiten llevar el agua hacia las huertas. Las represas permiten la existencia de espejos de agua permanentes, los cuales favorecen el crecimiento de vegetación emergente (tule y carrizo), además de ser atractivos para la fauna en general.

Acción participativa para la conservación en la sierra

En general, los oasis en el territorio sudcaliforniano representan áreas críticas de conservación, en particular los que no cuentan con ningún tipo de protección, para los cuales, como los oasis de la sierra El Mechudo, se ha demostrado su importancia biológica por su alta riqueza específica. Por otra parte, hay gran interés de las comunidades aledañas a los oasis, principalmente de niños y jóvenes, por conocer la fauna que habita en su entorno. No obstante, existe una falta generalizada de cursos introductorios a causa de la lejanía y el difícil acceso a la zona, entre otros factores.

A partir de este interés se estableció un monitoreo participativo (Ortega-Álvarez *et al.* 2012), en el cual se involucró en las actividades de investigación y monitoreo a 10 niños y jóvenes de nivel primaria y secundaria. Para ello, se realizaron talleres y charlas con jóvenes y maestros de las comunidades aledañas a los oasis (figura 3), con los siguientes objetivos: a) sensibilizar sobre el valor ecológico de estos sitios y la importancia de la región para las aves como zona de paso para las especies migratorias, y como área de invernación y reproducción para diferentes grupos de aves; b) conocer los servicios ecológicos que brindan los oasis, identificar amenazas y riesgos a los que se enfrentan, tanto las aves como los oasis; y c) desarrollar capacidades relacionadas con la identificación de especies de aves y uso de equipo de campo.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Figura 2. Algunas aves presentes en los oasis de la sierra El Mechudo: a) gorrión cantor (*Melospiza melodía*) alimentándose de larvas de insectos; b) zafiro bajacaliforniano (*Basilinna xantusii*), especie endémica de Baja California Sur; c) cuicacoche bajacaliforniano (*Toxostoma cinereum*), endémico de la entidad; d) zambullidor menor (*Tachybaptus dominicus* subsp. *bangi*), ave con población relicta en el estado. Fotos: Víctor Ayala-Pérez.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Figura 3. Jóvenes y niños de primaria y secundaria de las comunidades de El Salto, El Primer Bosque y El Segundo Bosque, a los que se les impartieron cursos sobre la importancia de los oasis para las aves y que apoyaron en las actividades durante el periodo de 2011-2012. Foto: Víctor Ayala-Pérez.

De esta manera, después de los talleres, los jóvenes podrían integrarse a las actividades de monitoreo, y participar activamente en los censos ornitológicos.

Al sensibilizar a la población local, empezando con los más jóvenes, sobre el valor que tienen estos ambientes para las aves, así como despertar en ellos un sentimiento de apropiación de los recursos y de orgullo por contar con sitios de alto valor ecológico, se generaron herramientas para mejorar la conservación de la biodiversidad. Los cursos de capacitación lograron otros beneficios: desde una perspectiva social permitieron promover y fortalecer los lazos de convivencia y colaboración entre los miembros de las comunidades.

Uno de los objetivos a corto plazo fue brindar las herramientas para desarrollar una actividad recreativa, como la observación de aves; y a mediano y largo plazos, la formación de monitores comunitarios que, con el apoyo de los titulares de la investigación, permitieran incrementar el conocimiento sobre la presencia y la distribución de las aves en los oasis de la sierra El Mechudo. Sin embargo, cabe señalar que también se presentaron retos y dificultades, como la incertidumbre respecto a la disponibilidad de recursos económicos para continuar con el programa a largo plazo. Otro problema es que la mayoría de los jóvenes no pretenden permanecer en su comunidad, debido a que piensan en salir a continuar con sus estudios o a trabajar a zonas urbanas al sur del estado, como La Paz y Los Cabos.

Pese a lo anterior, los talleres permitieron que los maestros de primaria y de secundaria de la comunidad integraran dentro de sus programas de enseñanza para las siguientes generaciones, una serie de capítulos relacionados con la importancia de los oasis para las aves, con apoyo del material que este proyecto proporcionó.

Hacia la conservación de los oasis

La conservación de los oasis plantea un reto interesante en el que es preciso encontrar las formas de compatibilizar las actividades humanas con la permanencia y la funcionalidad de un ambiente tan impor-

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

tante. Dentro de este reto, es indispensable desarrollar actividades que garanticen la sustentabilidad de los oasis, de tal forma que se tengan en cuenta aspectos tan relevantes como el agua y la vegetación natural, así como la implementación de formas de protección legal de estos ambientes.

Entre las acciones de conservación prioritarias, se considera importante establecer planes de manejo de los oasis en todo el estado, promover actividades agrícolas de pequeña escala que permitan garantizar el buen uso de los recursos hídricos, establecer planes de acción para controlar y erradicar especies introducidas que ponen en riesgo y son una amenaza para las especies nativas. Se considera importante que dentro de los conceptos de conservación y protección de estos ecosistemas se incluya a los habitantes, y se les brinden alternativas de actividades productivas que encajen en el concepto de sustentabilidad. Para ello, es imprescindible la participación de diversos sectores, entre los que se incluyen todos los niveles de gobierno, investigadores, organizaciones civiles y la población local, para garantizar la integridad de estos ecosistemas. Con ello, se contribuiría a la conservación tanto de los oasis como de un modo de vida y un patrimonio cultural.

Agradecimientos

A Sonoran Joint Venture por el apoyo económico, a la Universidad Autónoma de Baja California Sur y Pronatura Noroeste A.C. por el uso irrestricto de sus equipos. A la gente de las comunidades: El Segundo Bosque, El Primer Agua y La Purificación por su apoyo, amabilidad y amistad.

Referencias

Arriaga, L. y R. Rodríguez-Estrella. 1997. *Los oasis de la Península de Baja California*. CIBNOR, La Paz.

Brewster, W. 1902. Birds of the Cape region of lower Baja California. *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology* 41:1-241.

Carmona, R., G. Brabata, A. Cuéllar-Brito y A. González-Peralta. 2003. Observaciones recientes de aves en el oasis de La Purísima, Baja California Sur, México. *Anales del Instituto de Biología-UNAM* serie zoología 74:43-52.

Carmona, R., G. Marrón, A. Hernández-Álvarez y A. Rivas. 2018. Efecto de la falta de agua dulce en el oasis La Poza, Todos Santos, Baja California Sur, en la población de mascarita peninsular (*Geothlypis beldingi*). En: *XVI Congreso para el estudio y conservación de las aves en México*. Coahuila.

Carmona, R., G. Ruiz-Campos, J.A. Castillo y G. Brabata. 2005. Patterns of occurrence and abundance of land birds an Espíritu Santo Island, Gulf of California, México. *The Southwestern Naturalist* 50:440-447.

Emlen, J.T. 1979. Land bird densities on Baja California islands. *The Auk* 96:152-167.

Erickson, A.R., R. Carmona, G. Ruiz-Campos *et al.* 2013 Annotated checklist of the birds of Baja California and Baja California Sur, second edition. *Journal North American Birds* 66:582-613.

Grismer, H.L. y J.A. McGuire. 1993. The oases of central Baja California, Mexico. Part I. A preliminary acount of the relict mesophilic herpetofauna and the status of the oases. *Bulletin of the Southern California Academy of Sciences* 92:2-24.

Guzmán, J., R. Carmona, E. Palacios y M. Bojórquez. 1994. Distribución temporal de aves acuáticas en el estero de San José del Cabo, BCS, México. *Ciencias Marinas* 20:93-103.

Martin, T.G., S. McIntyre, C.P. Catterall y H.P. Possingham. 2006. Is landscape context important for riparian conservation? Birds in grassy woodland. *Biological Conservation* 127:201-214.

Ortega-Álvarez, R., L.A. Sánchez-González, V. Rodríguez-Contreras *et al.* 2012. Birding for and with people: Integrating local participation in avian monitoring programs within high biodiversity areas in southern Mexico. *Sustainability* 4:1984-1998.

Pineda, E., R. Rodríguez-Estrella, L. Arriaga y L. Rubio. 1997. Variaciones estacionales de la avifauna y estructura de la vegetación. En: *Los oasis de la Península de Baja California*. L. Arriaga y R. Rodríguez-Estrella (eds.). SIMAC-CIB, México, pp. 197-220.

Rodríguez-Estrella, R. 2005. *Terrestrial birds and conservation priorities in Baja California Peninsula*. General Technical Report PSW-GTR-191. USDA Forest Service, EUA.

Rodríguez-Estrella, R. y L. Arriaga. 1997. Implicaciones ecológicas de las actividades humanas en la biota asocida a los oasis. En: *Los oasis de la Península de Baja California*. L. Arriaga y R. Rodríguez-Estrella (eds.). SIMAC-CIB, México, pp. 285-292.

Rodríguez-Estrella, R., M.C. Blazquez y J.M. Lobato. 2005. Importance of arroyos and oases of Baja California for

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

landbirds: implications for conservation. En: *Biodiversity, ecosystems, and conservation in northern México*. J.L. Cartron y G. Ceballos (eds.). Oxford University Press, Nueva York, pp. 334-353.

Rodríguez-Estrella, R., L. Rubio y E. Pineda. 1997. Los oasis como parches atractivos para las aves terrestres residentes e invernantes. En: *Los oasis de la Península de Baja California*. L. Arriaga y R. Rodríguez-Estrella (eds.). SIMAC-CIB, México, pp. 157-195.

Rubio, L., R. Rodríguez-Estrella y E. Pineda. 1997. El uso del hábitat por aves residentes e invernantes. En: *Los oasis de la Península de Baja California*. L. Arriaga y R. Rodríguez-Estrella (eds.). SIMAC-CIB, México, pp. 221-248.

Schneider, N.A. y M. Griesser. 2009. Influence and value of different water regimes on avian species richness in arid inland Australia. *Biodiversity and Conservation* 18:457-471.

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.

Turner, R.M. y D.E. Brown. 1994. Tropical-subtropical desert land. En: *Biotic communities of the Southwestern United States and Northwestern Mexico*. D.E. Brown (ed.). University of Utah Press, Salt Lake City, pp. 181-222.

UICN. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. 2017. *Geothlypis beldingi*. En: <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2017-3.RLTS.T22721839A118502506>, última consulta: septiembre de 2018.

Vickery, J.A., J.R. Tallowin, R.E. Feber *et al.* 2001. The management of lowland natural grassland in Britain: efects of agricultural practices on birds and their food resources. *Journal of Applied Ecology* 38:647-664.

Whitmore, R.C. y R.C. Whitmore. 1997. Late fall and early spring bird observations for Mulege, Baja California Sur, México. *Great Basin Naturalist* 57:131-141.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Mamíferos terrestres

Patricia Cortés Calva, Alina Gabriela Monroy Gamboa, Mayra de la Paz Cuevas,
Leticia Cab Sulub y Sergio Ticul Álvarez Castañeda

Descripción

Los mamíferos poseen características evolutivas que los distingue de los demás vertebrados, entre las que destacan (Álvarez-Castañeda *et al*. 2017):

- Externas. Tienen pelo que cubre completamente el cuerpo de casi todas las especies; poseen una pina u oreja que mejora el sentido de la audición; algunas especies poseen cuernos y astas; y poseen uñas, garras y pezuñas.
- Internas. Presentan glándulas lactógenas o mamarias por medio de las cuáles brindan leche que nutre y da anticuerpos a las crías; glándulas sudoríparas encargadas de excretar agua para regular la temperatura corporal; glándulas sebáceas para lubricar pelo y piel; glándulas odoríferas con fines reproductivos o de protección; la presencia de un útero donde se desarrolla el embrión y se alimentan a través de una placenta (en el caso de los más evolucionados); cerebro con dos hemisferios; diafragma; músculos faciales usados para gesticular; glóbulos rojos anucleados; corazón tetracavitario; y son homo o endotérmicos.
- Osteológicas. Poseen diferentes tipos y número de dientes dependiendo de la alimentación; articulación de la mandíbula con el cráneo; el oído medio está compuesto por tres huesos; tienen apéndices modificados (patas, aletas, alas) para cada tipo de locomoción y hábitat (terrestre, aéreo, arbóreo o acuático).

Las características geológicas de Baja California Sur y sus islas han dado como resultado la existencia de una gran cantidad de microendemismos en los distintos grupos de mamíferos terrestres, lo que denota su importancia biogeográfica (Neártica y Neotropical; Álvarez-Castañeda *et al*. 2008). Los datos en este capítulo son el resultado de la compilación de información bibliográfica desde las primeras exploraciones biológicas a lo largo de la Península de Baja California hasta las publicaciones más recientes (Álvarez-Castañeda 2024a, b), así como la consulta de la base de datos de la Colección de Mamíferos (CIB) del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C. (CIBNOR).

Diversidad y endemismos

En Baja California Sur no se registra una alta diversidad de mamíferos terrestres comparado con los demás estados del país (Ceballos y Arroyo-Cabrales 2012, De la Paz-Cuevas *et al*. 2014), pero por los procesos biogeográficos que han aislado a los organismos,

Cortés-Calva, P., A.G. Monroy-Gamboa, M. de la Paz-Cuevas, L. Cab-Sulub y S.T. Álvarez-Castañeda. 2025. Mamíferos terrestres. En: *La biodiversidad en Baja California Sur. Estudio de Estado*. Vol. II. CONABIO/FFB, México, pp. 491-500.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

se considera un centro de especiación (Ferrusquía-Villafranca 1993, Álvarez-Castañeda *et al.* 1995, Lindsay y Engstrand 2002), lo que se ha reforzado por el aislamiento de poblaciones en las diferentes islas, evolucionado en nuevas especies, la mayoría endémicas (Álvarez-Castañeda *et al.* 1995, Arbogast y Kenagy 2001, Álvarez-Castañeda y Patton 2004, Cortés-Calva *et al.* 2012).

Desde hace más de tres décadas se ha recabado información reciente sobre la distribución, taxonomía, ecología y genética de los mamíferos terrestres en el estado; en este lapso de tiempo, han ocurrido varios cambios taxonómicos que ocasionan modificación en el número total de especies y subespecies de los organismos (Álvarez-Castañeda y Cortés-Calva 2004, Trujano-Álvarez y Álvarez-Castañeda 2007, Patton *et al.* 2007, Álvarez-Castañeda y Rios 2010, Cornejo-Latorre *et al.* 2017, 2021, Camargo y Álvarez-Castañeda 2020, Álvarez-Castañeda 2024a, b, Álvarez-Castañeda y Segura-Trujillo 2025). Así, en Baja California Sur los mamíferos terrestres y voladores pertenecen a 6 órdenes, 20 familias, 41 géneros, 63 especies, 93 subespecies y 107 *taxa* (apéndice 40). Los roedores y murciélagos (figuras 1 y 2) son grupos con amplia distribución y conforman el 73% de las especies totales en el estado. Con relación a la endemicidad, se han registrado al menos 19 especies y 38 subespecies de roedores cricétidos y heterómidos (Álvarez-Castañeda y Patton 1999, 2000, Cortés-Calva *et al.* 2016, Álvarez-Castañeda 2024a, b).

Distribución

Los eventos biogeográficos y climáticos ocurridos durante el Pleistoceno-Holoceno (hace aproximadamente 2.5 millones de años) en Baja California Sur, causaron una heterogeneidad ambiental, climática y geográfica, que se relaciona directamente con la estructura y los vínculos filogenéticos de los mamíferos (mastofauna de la región), razón por la cual existe un gran número de endemismos. Así, se distinguen para la entidad dos regiones ecológicas, definidas por su clima y geobotánica (Garcillán *et al.* 2012): Desértica (que abarca las regiones Desierto El Vizcaíno, Costa Central del Golfo, Cordillera La Giganta y Planicies de Magdalena); y Tropical (conformada por las regiones de Tierras Altas y Bajas del Cabo, figura 3).

La región Desértica destaca por la cantidad de *taxa* (60) y subespecies (55) exclusivas. Sin embargo, existen 41 *taxa* y 36 subespecies distribuidas en las dos regiones ecológicas, destacando la capacidad fisiológica y de dispersión de los distintos mamíferos presentes. Por su parte, la región Tropical alberga 6 *taxa* exclusivas, de las cuales solo dos presentan subespecies (apéndice 40). Cabe señalar que la mayoría de las subespecies de roedores y lagomorfos (liebres y conejos) se distribuyen en las islas ecológicas de Baja California Sur (es decir, en los parches de hábitats rodeados por otro tipo de ecosistemas), ya sea continentales o islas verdaderas (rodeadas por agua).

Importancia

Algunas especies se consideran de importancia económica, como son el borrego cimarrón (*Ovis canadensis*), que se aprovecha por medio de la actividad del turismo cinegético y ecoturismo con una derrama aproximada de 17.2 millones de pesos anuales (Guajardo-Quiroga y Martínez-Nuñez 2004); y el venado bura (*Odocoileus hemionus*), con potencial productivo. Culturalmente, se caza para autoconsumo o por gusto, a la liebre (*Lepus californicus*) y al conejo (*Sylvilagus bachmani mansuetus*) en la isla San José (Lorenzo *et al.* 2012). Por su parte, por creencia popular de que su carne tiene propiedades curativas se consume el zorrillo manchado occidental (*Spilogale gracilis*; Cortés-Calva *et al.* 2016). Además, los roedores y quirópteros son mamíferos que destacan por su rol ecosistémico, debido a que contribuyen a la dispersión de semillas, polinización y son controladores de plagas de insectos, lo que resulta esencial para la estructura del hábitat de desierto (Price 1978, Regal 1982, Fleming y Sosa 1994).

Situación y estado de conservación

Del total de mamíferos terrestres del estado, 46 especies y subespecies se encuentran incluidas en la NOM-059 (apéndice 40; SEMARNAT 2010). Por su parte, se consideran cuatro especies extintas en el estado: ratón de abazones de la isla de Monserrat (*Chaetodipus rudinoris fornicatus*), ratón ciervo de isla San Roque (*Peromyscus gambelii cineritius*), rata de campo de

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Figura 1. Ratón de abazones arenero (*Chaetodipus arenarius*). Foto: Sergio Ticul Álvarez-Castañeda.



Figura 2. Murciélago pálido (*Antrozous pallidus*). Foto. Sergio Ticul Álvarez-Castañeda.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

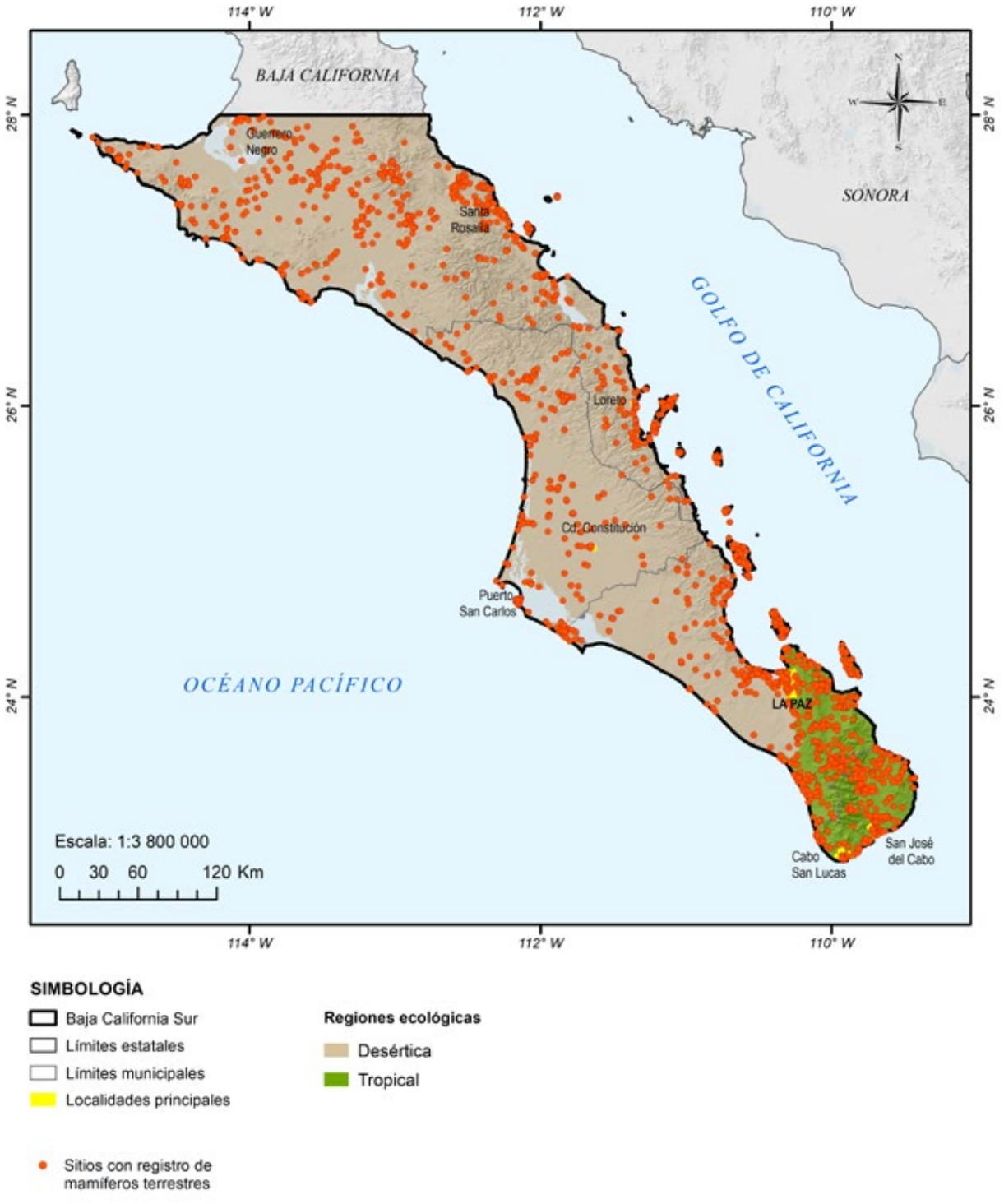


Figura 3. Distribución de especies de mamíferos terrestres en las regiones ecológicas. Fuente: elaboración propia con datos de Garcillán *et al.* 2012, SNIB-CONABIO 2021.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

isla Coronado (*Neotoma bryanti bunkeri*) y rata arrocera de Baja California (*Oryzomys peninsulae*; Smith *et al*. 1993, Álvarez-Castañeda 1994, Álvarez-Castañeda y Cortés-Calva 1996, 2002, Donlan y Wilcox 2008). En la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) se encuentran enlistadas 24 especies (apéndice 40; UICN 2025). Asimismo, el borrego cimarrón (*O. canadensis*) y el berrendo peninsular (*Antilocapra americana*, figura 4) se encuentran en el Apéndice I de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES 2025).

Por otro lado, se considera un decremento en las poblaciones endémicas de la rata de campo de isla San Francisco (*Neotoma bryanti*), la rata de isla Danzante (*Neotoma bryanti*), la rata canguro de la isla San José (*Dipodomys merriami insularis*), el ratón de la isla de Santa Catalina (*Peromyscus slevini*) y el conejo matorralero de la península (*Sylvilagus bachmani peninsularis;* Alvarez-Castañeda 1994, 2019, Álvarez-Castañeda y Cortés-Calva 1996, Espinosa-Gayosso y Álvarez-Castañeda 2006, Lorenzo *et al*. 2013). Finalmente, se cuenta con registros históricos de especies en Baja California Sur, pero que actualmente sus avistamientos han sido pocos o nulos; tal es el caso del murciélago de espalda desnuda (*Pteronotus fulvus*) cuyo último registro fue en la década de los ochenta (Woloszyn y Woloszyn 1982) y el murciélago gris de saco (*Balantiopteryx plicata*).

Amenazas para su conservación

El microendemismo (que solo existen en un área muy pequeña), puede ser una condición de amenaza, pues las especies son muy especializadas a un hábitat restringido, como pasa con musaraña (*Sorex ornatus lagunae*), las liebres de cola negra (*Lepus californicus magdalenae*, *L. c. insularis* y *L. c. sheldoni*), el conejo (*Sylvilagus bachmani mansuetus*), el ardillón de California (*Otospermophilus beecheyi atricapillus*), los babisuris (*Bassariscus astutus insulicola* y *B. a. saxicola*) y la población de venados de isla San Fran-



Figura 4. Berrendo peninsular (*Antilocapra americana*). Foto: Sergio Ticul Álvarez-Castañeda.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

cisco (*Odocoileus hemionus peninsulae*; Álvarez-Castañeda y Patton 1999, 2000, Álvarez-Castañeda y Cortés-Calva 2011, Lorenzo *et al.* 2012). En el mismo escenario se encuentran las especies insulares, ya que se consideran vulnerables a la extinción (Lawlor *et al.* 2002, Baena y Halffter 2008).

La mayor amenaza se origina por las actividades antropogénicas, que han ocasionado la introducción intencional de cabras, ovejas, cerdos, conejos, perros y gatos, los cuales aumentan la depredación de especies nativas y la competencia por los recursos espaciales y alimentarios (Álvarez-Castañeda y Ortega-Rubio 2003, Cortés-Calva *et al.* 2013); o son introducidas de forma incidental como los roedores (Donlan *et al.* 2000, Rodríguez-Moreno *et al.* 2007, Cortés-Calva *et al.* 2013). También se registra el caso de introducción de especies nativas de la península, como el ratón de las Californias (*Peromyscus fraterculus*), que pone en peligro a poblaciones endémicas en isla Santa Catalina de otros roedores como el ratón *P. slevini* (figura 5; Álvarez-Castañeda *et al.* 2010), o la liebre *Lepus californicus xanti* en isla Cerralvo (Lorenzo *et al.* 2010).

Otra amenaza que se registra en menor proporción es la extracción de fauna silvestre, ya sea como mascotas o por tráfico ilegal. El primer caso es una práctica común en las comunidades rurales del estado; las especies más usuales son mapache (*Procyon lotor grinnelli*) y distintas ardillas (*Otospermophilus beecheyi atricapillus* y *Ammospermophilus leucurus*; Cortés-Calva *et al.* 2016). En el caso del tráfico ilegal, el principal objetivo es la cacería furtiva de artiodáctilos;[1] de esta manera, sin tener una unidad de manejo para la conservación de la vida silvestre (UMA) registrada o un manejo, algunos pobladores facilitan el acceso obteniendo un beneficio económico.



Figura 5. Ratón de la isla Santa Catalina (*Peromyscus slevini*). Foto: Sergio Ticul Álvarez-Castañeda.

1 Son un grupo con especies carismáticas de distribución restringida, expuestos a caza y fragmentación de su hábitat, lo que merma sus poblaciones (Álvarez-Cárdenas *et al.* 1999, 2009, Gallina *et al.* 1991).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Cabe señalar que la cacería ilegal también afecta a especies que representan un peligro para el ganado, como el gato montés (*Lynx rufus*) y el puma (*Puma concolor*; INE 2000). Por otro lado, hay una fuerte presión a los ecosistemas de la región a causa de proyectos turísticos y mineros cercanos o dentro de áreas protegidas, lo que se convierte en un factor de presión para la fauna de mamíferos. Por otro lado, la variable natural que más coloca en peligro a la mastofauna se relaciona con el ambiente desértico, pues las severas sequías que se registran en el estado pueden intensificarse debido al cambio climático.

Acciones de conservación

Baja California Sur se considera como una región prioritaria de conservación en el ámbito internacional. Existen diversas áreas protegidas de carácter federal y municipal que cubren cerca de 40% del territorio estatal. En el ámbito internacional, este mismo porcentaje equivale a la categoría Patrimonio de la Humanidad por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO por sus siglas en inglés). Además, el Parque Nacional Zona Marina del Archipiélago de Espíritu Santo se encuentra en la Lista Verde de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), y cuenta con diferentes humedales considerados sitios Ramsar (SISR 2008a, b).

Asimismo, los oasis de montaña representan un importante refugio para especies como el babisuri o cacomixtle (*Bassariscus astutus palmarius*), el mapache (*Procyon lotor grinnelli*), la zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*), el ardillón de California (*Otospermophilus beecheyi atricapillus*, figura 6) y las mustelitas (*Neotamias obscurus meridionalis*), los cuales tienen prioridad de protección para el gobierno estatal (Gobierno del Estado 2012). En la entidad hay una gran cantidad de UMA, cuya principal actividad es la cacería deportiva y ecoturismo de borrego cimarrón y venado bura (Cortés-Calva *et al*. 2015).

Finalmente, en algunas de las islas como Catalina, San José, Todos Santos y Espíritu Santo, se han implementado planes de erradicación de especies exóticas,



Figura 6. Ardillón de California (*Otospermophilus beecheyi atricapillus*). Foto: Sergio Ticul Álvarez-Castañeda.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

y se espera que para 2025 se hayan concluido exitosamente (Donlan *et al*. 2000, Aguirre-Muñoz *et al*. 2005, Rodríguez-Moreno *et al*. 2007, Aguirre 2010). Si bien estos esfuerzos son importantes, también resalta la importancia de actualizar los planes de manejo de las áreas protegidas federales y estatales, además de la correcta aplicación de éstos y sus reglamentos.

Conclusiones

Es necesario realizar más estudios que complementen el conocimiento evolutivo, de adaptación al ambiente, fisiológico, reproductivo y de genética de la conservación de los roedores del estado. Si bien la tecnología ha sido un apoyo para el monitoreo de algunas especies cuyas características complican su estudio (p.e. las de tallas medianas y grandes, o aquellas que presentan capacidad para volar), aún existe deficiencia de información. De especial interés son las especies endémicas por las presiones antrópicas. Es fundamental trabajar de la mano con silvicultores, agricultores, ganaderos, instituciones educativas y organizaciones de la sociedad civil y dependencias federales, para diseñar y aplicar conjuntamente estrategias de conservación de los ecosistemas en beneficio de los pobladores locales y la mastofauna en el estado.

Agradecimientos

Se reconoce el apoyo a las generaciones de estudiantes y técnicos del CIBNOR, así como a los pobladores de las distintas localidades donde se ha tenido oportunidad de trabajar en campo por más de dos décadas, logrando con ello la información actual de los mamíferos de Baja California Sur. Alina Gabriela Monroy-Gamboa agradece a CONACYT por la beca de estancia postdoctoral (CVU 206047).

Referencias

Aguirre, A. 2010. Restauración de islas mexicanas. En: *Patrimonio natural de México, Cien casos de éxito*. J. Carabias, J. Sarukhán, J. de la Maza y C. Galindo (eds.). CONABIO, México, pp. 158-159.

Aguirre-Muñoz, A., A. Samaniego-Herrera, C. García-Gutiérrez *et al*. 2005. El control y la erradicación de fauna introducida como instrumento de restauración ambiental: historia, retos y avances en México. En: *Temas sobre restauración ecológica*. O. Sánchez, E. Peters, R. Márquez-Huitzil *et al*. (eds.). SEMARNAT/INE/USFWS/ Unidos para la Conservación A.C., México, pp. 215-229.

Álvarez-Cárdenas, S., S. Gallina, P. Galina-Tessaro y R. Domínguez. 1999. Habitat availability for the mule deer (Cervidae) population in a relictual oak-pine forest in Baja California Sur, Mexico. *Journal of Tropical Zoology* 12(1):67-78.

Álvarez-Cárdenas, S., P. Galina-Tessaro, S. Díaz-Castro *et al*. 2009. Evaluación de elementos estructurales del hábitat del borrego cimarrón en la sierra del Mechudo, Baja California Sur, México. *Tropical Conservation Science* 2(2):189-203.

Álvarez-Castañeda, S.T. 1994. Current status of the rice rat *Oryzomys couesi peninsularis*. *Southwestern Naturalist* 39(1): 99-100.

—. 2019. *Peromyscus slevini (amended version of 2018 assessment). The IUCN Red List of threatened species 2019*. En: <https://www.iucnredlist.org/species/16690/143643850>, última consulta; enero de 2021.

—. 2024a. *Mammals of North America: Systematics and Taxonomy*. Vol. 1. Springer, Suiza.

—. 2024b. *Mammals of North America: Systematics and Taxonomy*. Vol. 2. Springer, Suiza.

Álvarez-Castañeda, S.T. y P. Cortés-Calva. 1996. Anthropogenic extinction of the endemic deer mouse, *Peromyscus maniculatus cineritius*, on San Roque Island, Baja California Sur, Mexico. *The Southwestern Naturalist* 41(4):459-461.

—. 2002. Extirpation of Bailey's pocket mouse, *Chaetodipus baileyi fornicatus* (Heteromyidae: Mammalia), from isla Montserrat, Baja California Sur, México. *Western North American Naturalist* 62(4):496-497.

—. 2004. A new subspecies of sand pocket mouse, *Chaetodipus arenarius* (Rodentia: Heteromyidae), from Baja California Sur, Mexico. En: *Homenaje a la trayectoria mastozoológica de José Ramírez Pulido*. A. Castro-Campillo y J. Ortega (eds.). Unidad Iztapalapa-UAM, México, pp. 33-40.

—. 2011. Taxonomic and genetic evaluation of the endemic ground squirrel *Otospermophilus atricapillus* (Rodentia: Sciuridae). *Zootaxa* 3138:35-51.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Álvarez-Castañeda, S.T. y A. Ortega-Rubio. 2003. Current status of rodents on islands in the Gulf of California. *Biological Conservation* 109(2):157-163.

Álvarez-Castañeda, S.T. y J.L. Patton (eds.). 1999. *Mamíferos del noroeste de México I*. CIBNOR, La Paz.

—. 2000. *Mamíferos del noroeste de México II*. CIBNOR, La Paz.

—. 2004. Geographic genetic architecture of pocket gopher (*Thomomys bottae*) populations in Baja California, Mexico. *Molecular Ecology* 13(8):2287-2301.

Álvarez-Castañeda, S.T. y E. Rios. 2010. Revision of *Chaetodipus arenarius*. *Zoological Journal of the Linnean Society* 160(1): 1-16.

Álvarez-Castañeda, S.T. y C.A. Segura-Trujillo. 2025. Genus-level review of pocket gophers in the family Geomyidae. *Therya* 16(1):41-75.

Álvarez-Castañeda, S.T., C.A. Salinas-Zavala y F. de la Chica. 1995. Análisis biogeográfico del Noroeste de México con énfasis en la variación climática y mastozoológica. *Acta Zoológica Mexicana* nueva serie 66:59-86.

Álvarez-Castañeda, S.T., T. Álvarez y N. González-Ruiz. 2017. *Keys for identifying Mexican mammals*. John Hopkins University Press, Baltimore.

Álvarez-Castañeda, S.T., G. Arnaud, P. Cortés-Calva y L. Méndez. 2010. Invasive migration of a mainland rodent to Santa Catalina Island and its effect on the endemic species *Peromyscus slevini*. *Biological Invasions* 12(3):437-439.

Álvarez-Castañeda, S.T., E. Rios, P. Cortés-Calva *et al*. 2008. *Los mamíferos de las reservas del valle de los Cirios y El Vizcaíno*. CIBNOR/CONABIO, México.

Arbogast, B.S. y G.T. Kenagy. 2001. Comparative phylogeography as in integrative approach to historical biogeography. *Journal of Biogeography* 28(7):819-825.

Baena, M. y G. Halffter. 2008. Extinción. En: *Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad*. CONABIO, México, pp. 263-282.

Camargo, I. y S.T. Álvarez-Castañeda. 2020. A new species and three subspecies of the desert shrew (*Notiosorex*) from the Baja California Peninsula and California. *Journal of Mammalogy* 101(3):872-886.

Ceballos, G. y J. Arroyo-Cabrales. 2012. Lista actualizada de los mamíferos de México. *Revista Mexicana de Mastozoología* nueva época 2(1):27-80.

CITES. Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Floras Silvestres. 2025. *Appendices I, II and III valid from 28 August 2020*. En: <https://cites.org/eng/app/appendices.php>, última consulta: 22 de abril de 2025.

Cornejo-Latorre, C., P. Cortés-Calva y S.T. Álvarez-Castañeda. 2017. The evolutionary history of the subgenus *Haplomylomys* (Cricetidae: *Peromyscus*). *Journal of Mammalogy* 98(6) 1627-1640.

—. 2021. *Peromyscus fraterculus* (Rodentia: Cricetidae). *Mammalian Species* 53(1008):112-124.

Cortés-Calva, P., S.T. Álvarez-Castañeda, J.M. Hernández-Gutiérrez y M. De la Paz-Cuevas. 2012. Underwood's bonneted bat (*Eumops underwoodi*): first record in the Baja California Peninsula. *Western North American Naturalist* 72(3):412-415.

Cortés-Calva, P., J.P. Gallo-Reynoso, J. Delgadillo-Rodríguez *et al*. 2013. The effect of feral dogs and other alien species on native mammals of isla de Cedros, Mexico. *Natural Areas Journal* 33(4):466-473.

Cortés-Calva, P., I. González López, B. Bermúdez-Almada *et al*. 2015. Reserva de Biosfera El Vizcaíno: 25 años de manejo y conservación. En: *La investigación científica y las áreas naturales protegidas en México*. A. Ortega-Rubio, M. Pinkus-Rendón y C. Espitia-Moreno (eds.). CIBNOR/UADY/UMSNH, México, pp. 11-29.

Cortés-Calva, P., A. Gutiérrez-Ramos, M. De la Paz-Cuevas *et al*. 2016. Mamíferos de Baja California Sur: Actualidad y perspectivas. En: *Riqueza y conservación de los mamíferos en México a nivel estatal*. Vol. I. M. Briones-Salas, Y. Hortelano-Moncada, G. Magaña-Cota *et al*. (eds.). Instituto de Biología-UNAM/AMMAC/UG, México, pp. 91-128.

De la Paz-Cuevas, M., E. Rios y S.T. Álvarez-Castañeda. 2014. Los mamíferos del estado de Baja California Sur. *Revista Mexicana de Mastozoología* nueva época 4(1):24-39.

Donlan, C.J. y C. Wilcox. 2008. Diversity, invasive species and extinctions in insular ecosystems. *Journal of Applied Ecology* 45(4):1114-1123.

Donlan, C.J., B.R. Tershy, B.S. Keitt *et al*. 2000. Island conservation action in northwest Mexico. En: *Proceedings of the fifth California Islands Symposium*. H.C. Browne y K. Mitchell (eds.). Santa Barbara Museum of Natural History, EUA, pp. 330-338.

Espinosa-Gayosso, C.V. y S.T. Álvarez-Castañeda. 2006. Current status of the San José kangaroo rat (*Dipodomys insularis*), an endemic form of San Jose island, Gulf of California, México. *Journal of Mammalogy* 87(4):667-682.

Fleming, T.H. y V.J. Sosa. 1994. Effect of nectarivorous and frugivorous mammals on reproductive success of plants. *Journal of Mammalogy* 75(4):845-851.

Ferrusquía-Villafranca, I. 1993. Geology of México: A synopsis. En: *Biological diversity of México. Origins and distribution*. T.P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa (eds.). Oxford University Press, Nueva York, pp. 3-108.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Gallina, S., P. Galina-Tessaro y S. Álvarez-Cárdenas. 1991. Mule deer density and pattern distribution in the pine-oak forest at the Sierra de La Laguna in Baja California Sur, Mexico. *Ethology, Ecology and Evolution* 3:27-33.

Garcillán, P.P., C. González-Abraham y E. Ezcurra. 2012. Phytogeography, vegetation and ecological regions. En: *Baja California plant field guide*. J. Rebman y N. Roberts (eds.). San Diego Natural History Museum, EUA, pp. 23-34.

Guajardo-Quiroga, R.G. y A. Martínez-Nuñez. 2004. Cuantificación del impacto económico de la caza deportiva en el norte de México y perspectivas de su desarrollo. *Entorno Económico* 42(250):1-17.

Guajardo, R.Q. y A. Martínez. 2002. *Beneficios del aprovechamiento sustentable de vida silvestre en el norte de México*. Facultad de Ciencias Forestales-UANL, México.

INE. Instituto Nacional de Ecología. 2000. *Proyecto para la conservación, manejo y aprovechamiento sustentable del borrego cimarrón (Ovis canadensis) en México*. SEMARNAT/INE, México.

Lawlor, T.E., D.J. Hafner, P. Stapp *et al*. 2002. The mammals. En: *A new island biogeography of the Sea of Cortés*. T.J. Case, M.L. Cody y E. Ezcurra (eds.). Oxford University Press, Nueva York, pp. 326-361.

Lindsay, G. e I.H.W. Engstrand. 2002. History of scientific exploration in the sea of Cortés. En: *A new island biogeography of the sea of Cortés*. T.J. Case, M.L. Cody y E. Ezcurra (eds.). Oxford University Press, Nueva York, pp. 3-13.

Lorenzo, C., S.T. Álvarez-Castañeda, P. Cortés-Calva *et al*. 2010. Status of an invading mainland jackrabbit on Cerralvo island, Gulf of California. *Western North American Naturalist* 70(2):249-251.

Lorenzo, C., A. Carrillo-Reyes, T. Rioja-Paradela y M. de La Paz-Cuevas. 2012. Estado actual de conservación de liebres insulares en Baja California Sur, México. *Therya* 3(2):185-206.

Lorenzo, C., P. Cortés-Calva, G. Ruiz-Campos y S.T. Álvarez-Castañeda. 2013. Current distributional status for two subspecies of *Sylvilagus bachmani* in the Baja California Peninsula, Mexico. *Western North American Naturalist* 73(2):219-223.

Patton, J.L., D.G. Huckaby y S.T. Álvarez-Castañeda. 2007. The systematic and evolutionary history of woodrats of the *Neotoma lepida* complex. *University of California Press in Zoology* 135:1-411.

Price, M.V. 1978. Seed dispersion preferences of coexisting desert rodent species. *Journal of Mammalogy* 59(3):624-626.

Regal, P.J. 1982. Pollination by wind and animals. Ecology of geographics patterns. *Annual Review of Ecology and Systematics* 13:497-524.

Rodríguez-Moreno, A., G. Arnaud y B. Tershy. 2007. Impacto de la erradicación del gato (*Felis catus*), en dos roedores endémicos de la isla Coronados, Golfo de California, México. *Acta Zoológica Mexicana* nueva serie 23:1-13.

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.

SISR. Servicio de Información sobre Sitios Ramsar. 2008a. *Humedal Los Comondú*. En: <https://rsis.ramsar.org/es/ris/1761>, última consulta: enero de 2021.

—. 2008b. *Humedales Mogote-Ensenada La Paz*. En: <https://rsis.ramsar.org/es/ris/1816>, última consulta: enero de 2021.

Smith, F.A., B.T. Bestelmeyer, J. Biardi y M. Strong. 1993. Anthropogenic extinction of the endemic woodrat, *Neotoma bunkeri* Burt. *Biodiversity Letters* 1(5):149-155.

SNIB-CONABIO. Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad-Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2021. *Registros de ejemplares de Baja California Sur*. En: <https://www.snib.mx/>, última consulta: enero de 2021.

Trujano-Álvarez, A.L. y S.T. Álvarez-Castañeda. 2007. Taxonomic revision of *Thomomys bottae* in the Baja California Sur lowlands. *Journal of Mammalogy* 88(2):343-350.

UICN. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. 2025. *The IUCN Red List of threated species. Version 2025-1*. En: <http://www.iucnredlist.org>, última consulta: 22 de abril de 2025.

Woloszyn, B. y D. Woloszyn. 1982. *Los mamíferos de la Sierra de La Laguna, Baja California Sur*. CONACYT, México.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Mamíferos carnívoros

Gustavo Alberto Arnaud Franco, Israel Guerrero Cárdenas, Iara Minjarez Velasco y Luz Karina Guerra Huitrón

Descripción

Los mamíferos carnívoros presentan una dentadura especializada para cortar y triturar carne, con caninos muy desarrollados (colmillos), así como molares y premolares con cúspides. Su vista, audición y olfato están muy desarrollados, lo cual los hace eficientes depredadores (Nowak 1999). La mayoría de las especies son de hábitos crepusculares o nocturnos, elusivos al humano y a sus actividades; se desplazan solitarios en grandes extensiones territoriales, con ámbitos hogareños extensos, con requerimientos de hábitat tales que les proporcionen suficiente alimento y refugio; ocupan nichos ecológicos especializados; presentan bajas tasas de reproducción y reducidos tamaños de población. Este conjunto de cualidades los ha convertido en animales carismáticos (Servín 2013).

Con relación a su dieta, aunque todos son carnívoros, varía en función de su talla, tal como los mesocarnívoros, que incluyen en su dieta frutos silvestres e invertebrados (Arnaud y Acevedo 1990, Arnaud 1992, 1993, Delibes *et al*. 1997, Frieven 2003, Sansores 2016). En Baja California Sur se encuentran ejemplares de tallas pequeñas que van desde los 227 g como el zorrillo manchado (*Spilogale putorius*), hasta especies cuyos individuos alcanzan pesos superiores de 70 kg, como el puma o león de montaña (*Puma concolor*). Los más representativos son los carnívoros de talla mediana (entre 4 y 20 kg), como el babisuri (*Bassariscus astutus*), el tejón (*Taxidea taxus*), la zorra del desierto (*Vulpes macrotis*), la zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*), el coyote (*Canis latrans*) y el gato montés (*Lynx rufus*; Ceballos 2005, Arnaud *et al*. 2012, Servín 2013).

Diversidad

A nivel global, el orden Carnivora está representado por 245 especies terrestres, agrupadas en 107 géneros y 13 familias (Wilson 2009); en México se distribuyen 33 especies terrestres (Ceballos 2005), mientras que en el estado la diversidad se integra por cinco familias y nueve especies (Hall 1981), y la familia Canidae es la más diversa (cuadro 1).

Distribución

La fisiografía del estado es accidentada, e influye en la distribución de las especies. El puma (*P. concolor*, figura 1a) se distribuye en las zonas montañosas donde hay presencia de presas potenciales, como el venado bura (*Odocoileus hemionus*; Arnaud *et al*. 2012, Minjarrez 2013). Por su parte, el coyote (*C. latrans*, figura

Arnaud, G., I. Guerrero-Cárdenas, I. Minjarez-Velasco y K. Guerra-Huitrón. 2025. Mamíferos carnívoros. En: *La biodiversidad en Baja California Sur. Estudio de Estado*. CONABIO, Vol. II. México, pp. 502-506.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Cuadro 1. Diversidad y categoría de riesgo del orden Carnivora en Baja California Sur.

Especie	Nombre común	NOM-059
Familia Canidae		
Canis latrans	Coyote	
Urocyon cinereoargenteus	Zorra gris	
Vulpes macrotis	Zorrita del desierto	Amenazada
Familia Felidae		
Puma concolor	Puma o león de montaña	
Lynx rufus	Gato montés	
Familia Procyonidae		
Procyon lotor	Mapache	
Bassariscus astutus subsp. *saxicola*	Babisuri o cacomixtle	Amenazada
Familia Mustelidae		
Taxidea taxus	Tejón	Amenazada
Familia Mephitidae		
Spilogale putorius	Zorrillo manchado	

Fuente: elaboración propia con datos de SEMARNAT 2010.

1b), el gato montés (*L. rufus*, figura 1c) y la zorra gris (*U. cinereoargenteus*), son los carnívoros con la mayor distribución en la entidad, debido a que están presentes en todos los ambientes (Arnaud *et al.* 2012, Minjarez 2013).

El tejón (*T. taxus*, figura 1d) se encuentra en planicies no pedregosas; mientras que la zorrita del desierto (*V. macrotis*) está asociada a suelos profundos (1 a 1.5 m), sin pendiente y no rocosos, de tipo regosol, con texturas arenosas. Las últimas dos especies se encuentran distribuidas en las regiones El Vizcaíno, Llanos de Yrais y Llanos de La Magdalena (Campos 1995, Frieven 2003). Los babisuris (*B. astutus*) se encuentran preferentemente en zonas rocosas (Sansores 2016); mientras que los mapaches (*Procyon lotor*) están asociados a zonas mésicas, con presencia de agua. De los zorrillos manchados (*S. putorius*), se carece de información en el estado.



Figura 1. Mamíferos carnívoros en Baja California Sur: a) puma (*Puma concolor*); b) coyote (*Canis latrans*); c) gato montés (*Lynx rufus*); d) tejón (*Taxidea taxus*). Fotos: Iara Minjarez (a), Karina Guerra (b, c, d).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Importancia

Los carnívoros desempeñan un papel ecológico importante en la estructura de las comunidades (Steneck 2005); son claves en la dinámica de los ecosistemas y en el mantenimiento de la biodiversidad local y regional (Servín 2013). En el territorio sudcaliforniano, los mamíferos carnívoros tienen mayor impacto en la economía debido a que afectan directamente a la ganadería, como es el caso del puma y el coyote, que se alimentan de ganado en la Sierra La Giganta y en la región de Pescadero (al sur del estado), atacando becerros y cabras que se alejan del hato, así como animales enfermos. Por su parte, la zorra gris y el gato montés depredan ocasionalmente aves de corral. En cuanto a los mapaches, cuya dieta es en parte herbívora, llegan a afectar la agricultura de frutales: en los oasis de Sierra La Giganta, ingresan a los huertos para alimentarse de naranjas y mangos, y causan conflictos con los lugareños.

El resto de las especies de mamíferos carnívoros, como los tejones y zorrillos, pasan desapercibidos para los habitantes rurales; mientras que los babisuris pueden ser molestos para la gente de los ranchos, debido a que son muy curiosos y se meten a la cocina de las casas. Por el contrario, en la isla Espíritu Santo son un atractivo turístico (Sansores 2016): quienes pernoctan en la isla se sienten afortunados si tienen la oportunidad de observar a uno de estos animales por la noche.

A los zorrillos se les atribuye ser dispersores de la rabia, por ello los animales que son vistos cerca de los ranchos, son perseguidos; sin embargo, no existen pruebas que apoyen estas suposiciones. En general ninguno de los mamíferos carnívoros tiene interés cinegético en la región; no obstante, el coyote, el puma, el gato montés y las zorras, son perseguidos para prevenir daños en los animales domésticos de las rancherías.

Situación y estado de conservación

Los carnívoros se encuentran entre los mamíferos más amenazados por las actividades antropogénicas, como la destrucción del hábitat, la cacería, la explotación irracional y la introducción de enfermedades, así como por la percepción negativa que se tiene de estos depredadores, por atribuirles ataques a los animales domésticos (Ceballos 2005). En el estado y en el país, existen vacíos de información sobre las relaciones ecológicas de las diferentes especies, lo cual dificulta implementar estrategias para su conservación (Servín 2013). En los programas de manejo de las áreas naturales protegidas en el estado, no se incluyen acciones de conservación relativas a los carnívoros. De las 33 especies de mamíferos carnívoros mexicanos, 21 están incluidas en la NOM-059 (SEMARNAT 2010). De ellas, tres se encuentran en la entidad con la categoría de amenazada: la zorrita del desierto (*Vulpes macrotis*), el babisuri (*Bassariscus astutus* subsp. *saxicola*) y el tejón (*Taxidea taxus*, cuadro 1; SEMARNAT 2010).

Factores de presión

El mamífero carnívoro del que se tiene mayor temor en las zonas rurales sudcalifornianas es el puma. La evidencia de su presencia pone en alerta a los rancheros, quienes colocan veneno en los restos que encuentran de su presa, pues saben que volverá a ella para alimentarse. Algunos colocan trampas y otros utilizan armas de fuego para prevenir ataques contra el ganado o contra ellos mismos. En la Sierra La Giganta se cuentan historias poco verosímiles de ataques de pumas a humanos; sin embargo, a pesar de que potencialmente pueden atacar a las personas (Beck *et al*. 2005), en el estado no se registran ataques de estos animales. El temor a los pumas en la entidad data del siglo pasado; en 1950 el gobernador en turno ofreció una recompensa económica por cada ejemplar muerto, con el objetivo de reducir los daños de éste al ganado, pero se desconoce el número de pumas que fueron sacrificados (Galina-Tessaro *et al*. 1988). El coyote también es perseguido por los rancheros, porque a pesar de que eventualmente se alimenta de cabras, se le atribuye la pérdida de cualquier ejemplar que desaparezca de un rancho (Arnaud 1999).

Acciones de conservación

Para llevar a cabo planes de manejo y conservación de los mamíferos carnívoros sudcalifornianos, se re-

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

quiere de información sobre su biología y ecología. En el caso del puma y el coyote es necesario definir sus requerimientos ecológicos para implementar medidas de manejo del hábitat, de tal manera que cuenten con presas silvestres de las cuales puedan alimentarse, así como capacitar a personal de instituciones de gobierno (p.e. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas), para identificar los signos de depredación en un animal atacado, con el fin de definir con exactitud la especie involucrada y sean eventualmente implementadas medidas preventivas o de control, para reducir o eliminar futuros conflictos.

Conclusiones y recomendaciones

Los mamíferos carnívoros desempeñan una función importante en la estructura de las comunidades, son claves en la dinámica de los ecosistemas y en el mantenimiento de la biodiversidad local y regional. En el medio rural se tiene una percepción negativa del coyote y el puma, porque pueden afectar la ganadería; sin embargo, para evaluar las necesidades de un eventual control de depredadores, se requiere disponer de datos cuantitativos de las pérdidas de ganado e información sobre su biología y ecología. Se requiere implementar estrategias de educación ambiental para coadyuvar en la conservación de los mamíferos carnívoros en Baja California Sur.

Referencias

Arnaud, G. 1992. Efectos potenciales del coyote en las prácticas cinegética, ganadera y agrícola. En: *Uso y manejo de los recursos naturales en la Sierra de La Laguna, Baja California Sur*. A. Ortega (ed.). CIBNOR/WWF, México, pp. 251-261.

—. 1993. Alimentación del coyote (*Canis latrans*) en Baja California Sur, México. En: *Avances en el estudio de los mamíferos de México*. R.A. Medellín y G. Caballos (eds.). Asociación Mexicana de Mastozoología A.C., México, pp. 205-215.

—. 1999. Wildlife damage management in Mexico. *TWS Wildlife Damage Management Working Group Newsletter* 6:2.

Arnaud, G. y M. Acevedo. 1990. Hábitos alimenticios de la zorra gris *Urocyon cinereoargenteus* (Carnivora: Canidae) en la región meridional de Baja California Sur. *Biología Tropical* 38:497-500.

Arnaud, G., S. Álvarez-Cárdenas y P. Cortés-Calva. 2012. Mamíferos de la Reserva de la Biosfera Sierra La Laguna. En: *Evaluación biológica y ecológica de la Reserva de la Biosfera Sierra La Laguna, Baja California Sur: avances y retos*. A. Ortega-Rubio, M. Lagunas-Vázquez y L.F. Beltrán-Morales (eds.). CIBNOR, La Paz, pp. 145-161.

Beck, T., J. Beechman, P. Beier *et al*. 2005. *Cougar management guidelines*. Wild Futures, EUA.

Campos, J. 1995. *Distribución y hábitat de la zorra del desierto (Vulpes macrotis Merriam 1888) en el estado de Baja California Sur, México*. Tesis de licenciatura. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia.

Ceballos, G. 2005. Orden Carnivora. En: *Los mamíferos silvestres de México*. G. Ceballos y G. Oliva (eds.). CONABIO/FCE, México, pp. 348-425.

Delibes, M., M.C. Blázquez, R. Rodríguez-Estrella *et al*. 1997. Seasonal food habits of bobcats (*Lynx rufus*) in subtropical Baja California Sur, Mexico. *Canadian Journal of Zoology* 75: 478-483.

Frieven, C. 2003. *Selección temporal y espacial de hábitat por la zorra del desierto (Vulpes macrotis devia), en las planicies de Magdalena, BCS. México*. Tesis de maestría. CIBNOR, La Paz.

Galina-Tessaro, P., A. González-Romero, G. Arnaud *et al*. 1988. Mastofauna. En: *La Sierra de La Laguna de Baja California Sur*. L. Arriaga y A. Ortega (eds.). CIBNOR, La Paz, pp. 209-228.

Hall, E.R. 1981. *The mammals of North America*. John Wiley and Sons, Nueva York.

Minjarez, I. 2013. *Análisis de la distribución del puma (Puma concolor) en Sierra La Giganta, Baja California Sur*. Tesis de maestría. CIBNOR, La Paz.

Nowak, R.M. 1999. *Walkers mammals of the world*. The John Hopkins University Press, Baltimore.

Sansores, R. 2016. *Influencia de los recursos antropogénicos en la abundancia y dieta de los babisuris (Bassariscus astutus saxicola Merriam, 1897) en el complejo Insular Espíritu Santo, BCS, México*. Tesis de maestría. CIBNOR, La Paz.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. *Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010*. Publi-

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

cada el 30 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación. Última reforma publicada el 14 de noviembre de 2019.

Servín, J. 2013. Perspectivas de estudio, conservación y manejo de los Carnívoros en México. *Therya* 4:427-430.

Steneck, R. 2005. An ecological context for the role of large carnivores in conserving biodiversity. En: *Large carnivores and the conservation of biodiversity*. J. Ray, K. Redford, R. Steneck y J. Berger (eds.). Island Press, Washington, pp. 9-33.

Wilson, D.E. 2009. Class Mammalia. En: *Handbook of the mammals of the world*. D.E. Wilson y R.A. Mittermier (eds.). Lynx Editions, Barcelona, pp. 728.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Recuperación del berrendo peninsular

Jorge de Jesús Cancino Hernández y Adrián Munguía Vega

Introducción

El berrendo peninsular (*Antilocapra americana peninsularis*) es la raza geográfica que representa a la familia Antilocapridae en la Península de Baja California (figura 1); todas las otras especies de esta familia están extintas (O'Gara y Yoakum 2004). Esta especie se encuentra representada en las pinturas rupestres y fue de importancia cultural para los cochimies, grupo indígena de la media península, quienes lo llamaban *Ammo-gokio* (Cancino y Reygadas 1998).

Su distribución natural incluye Sonora y Chihuahua, en México; el oeste de los Estados Unidos de América, y el centro-sur de Canadá. Estudios genéticos del berrendo peninsular sugieren que constituye un linaje evolutivo más antiguo y genéticamente distinto al berrendo sonorense (*A. a. sonoriensis*; Klimova *et al*. 2014). El primero se habría originado de forma independiente del berrendo sonorense a partir de un ancestro del berrendo americano (*A. a. americana*) del suroeste de los Estados Unidos de América (Vaughn 2016). Probablemente, permaneció aislado y como una población históricamente pequeña desde el fin del último periodo glacial, y hasta la reducción poblacional por la cacería y la pérdida de hábitat en el siglo pasado. Estudios de ácido desoxirribonucleico (ADN o DNA por sus siglas en inglés) de muestras de berrendo de inicios del siglo XX indican que la subespecie *A. a. peninsularis* se distribuía a lo largo de la península, casi hasta la frontera con Estados Unidos de América (Vaughn 2016).

Experiencia en México

En el territorio mexicano, las primeras experiencias enfocadas al manejo para la recuperación del berrendo se remiten a finales de la década de los setenta en San Luis Potosí (Alcérreca y Sánchez 1979, Ramírez 1985). Desde entonces, se han desarrollado esfuerzos de recuperación del berrendo peninsular, donde han participado instituciones federales, estatales, empresas de la iniciativa privada, la academia y las organizaciones de la sociedad civil (Cancino *et al*. 2005, Sánchez *et al*. 2006).

Con la participación del Grupo Especialista en Reproducción para la Conservación (CBSG por sus siglas en inglés) de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), en 1994 se llevó a cabo el primer taller de Análisis de viabilidad de la población y hábitat en México (PHVA por sus siglas en inglés), enfocado al berrendo peninsular (Cancino *et al*. 1995). A partir de éste se tomaron medidas para iniciar (en 1997) el manejo en cautiverio de una parte de la población del berrendo peninsular con la captura inicial de cinco

Cancino, J. y A. Munguía-Vega. 2025. Recuperación del berrendo peninsular. En: *La biodiversidad en Baja California Sur. Estudio de Estado*. Vol. II. CONABIO/FFB, México, pp. 508-511.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Figura 1. Macho y hembra adultos de berrendo peninsular (*Antilocapra americana peninsularis*) en la Mesa de la Choya, Desierto El Vizcaíno. Foto: Sandra Muñoz.

recentales en 1998; asimismo, los primeros cinco adultos se obtuvieron en 1999 y los primeros nueve partos en cautiverio ocurrieron en 2000 en la Estación Berrendo (Cancino *et al*. 2005). Posteriormente, se evaluó y validó lo hecho en 10 años de manejo (Carrillo *et al*. 2004). El modelo de manejo intensivo del berrendo peninsular se replicó en Arizona para el berrendo sonorense (*A. a. sonoriensis*; Krausman *et al*. 2005, WSB 2005).

Respecto a los números y la ubicación de los animales bajo manejo en cautiverio, en 2005 se trasladaron los primeros ejemplares a la Mesa de la Choya, otra estación de manejo. En 2009, nuevamente se trasladaron ejemplares de la Estación Berrendo a la Estación Mesa de la Choya, y en ese año se inició la exhibición del berrendo peninsular en el zoológico de Los Ángeles (Cancino *et al*. 1996, Castellanos y Sánchez 2010). Por su parte, en 2010 empezó una nueva etapa en el manejo a partir del traslado de los primeros 50 ejemplares al Valle de Los Cirios, Baja California. Para 2017 había tres estaciones de manejo: La Mesa de la Choya, Llanos del Berrendo y Ejido Juárez (las tres ubicadas en la parte media de la Península de Baja California, al norte y sur del paralelo 28), con 270, 104 y 22 individuos respectivamente, además de 34 ejemplares en zoológicos y menos de 100 en vida silvestre. El libro de registro (*studbook*) se inició con el zoológico de Los Ángeles (cuadro 1; Castellanos y Holland 2001).

Conclusiones

Después de pasar lustros con escasas medidas de seguimiento a la población silvestre del berrendo peninsular (Jaramillo 1989), el inicio del manejo en semicautiverio de una parte de esa población, con los esfuerzos en campo, la gestión y la administración de los recursos necesarios, y hasta la voluntad política, ha demostrado que la recuperación de especies en peligro de extinción es posible. Hasta el momento, la diversidad genética del berrendo peninsular es extremadamente baja, resultado de su historia evolutiva, pero también ha sido acentuada por la reproducción en cautiverio en los últimos 20 años. Es necesario un cuidadoso manejo genético y reproductivo a nivel individual para evitar que la diversidad genética continúe erosionándose (Klimova *et al*. 2014).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Cuadro 1. Cronología sobre el proceso de recuperación del berrendo peninsular.

Año	Evento	Referencias
1984-1993	Búsqueda y conteo de hatos de berrendo peninsular en el Desierto El Vizcaíno, Baja California Sur	Jaramillo 1989, Cancino y Ortega 1994, Cancino y Rodríguez-Estrella 1994
1994	Primer taller de análisis de viabilidad de la población y hábitat en México	Cancino *et al.* 1995
1997	Inicio del manejo en cautiverio de una parte de la población de berrendo peninsular	Castellanos y Holland 2001, Cancino *et al.* 2005, Castellanos y Sánchez 2010
2004	Segundo taller de análisis de viabilidad de la población y hábitat en México	Carrillo *et al.* 2004
2005	Traslado del hato reproductivo a zona más extensa en Baja California Sur	Castellanos y Sánchez 2010
2009	Se inicia la exhibición en el zoológico de Los Ángeles, California	Castellanos y Sánchez 2010
2010	Se trasladan hatos a Baja California	Castellanos y Sánchez 2010
2012	Se colectan muestras para hacer análisis genéticos	Klimova *et al.* 2014

Fuente: elaboración propia.

Referencias

Alcérreca, A.C. y V. Sánchez. 1979. *Manejo de una población introducida de berrendo (A. a. americana, Ord. 1818) al estado de San Luis Potosí, México*. Tesis de licenciatura. UNAM, México.

Cancino, J. y A. Ortega. 1994. Historical analysis and conservation of the peninsular pronghorn: an endangered subspecies. *Arquivos de Biologia e Tecnologia* 37(4):913-918.

Cancino, J. y R. Rodríguez-Estrella. 1994. El berrendo peninsular: ¿qué hay después de 20 años? En: *International Meeting of the Society for Conservation Biology and the Association for Tropical Biology*. Jalisco.

Cancino, J. y F. Reygadas. 1998. Historical notations regarding pronghorn *(Antilocapra americana)* in Mexico. En: *Proceedings of the 18th Biennial Pronghorn Antelope Workshop*. U.S.R. Ockenfels (ed.). Prescott, Arizona, pp. 81-83.

Cancino, J., P. Miller, J. Stoopen y J. Lewis. 1995. *Population and habitat viability assessment for the peninsular pronghorn (Antilocapra americana peninsularis)*. IUCN/SSC Conservation Breeding Specialist Group, Apple Valley.

Cancino, J., A. Ortega-Rubio y J.A. Sanchez-Pacheco. 1996. Status of an endangered subspecies: The peninsular pronghorn at Baja California. *Journal of Arid Environments* 32:463-467.

Cancino, J., V. Sánchez-Sotomayor y R. Castellanos. 2005. From the field: Capture, hand raising, and captive management of peninsular pronghorn. *Wildlife Society Bulletin* 33:61-65.

Carrillo, L., E. De la Cruz, J. Cancino *et al.* 2004. *Reporte final. Taller de conservación del berrendo peninsular (Antilocapra americana peninsularis)*. IUCN/SSC Conservation Breeding Specialist Group, La Paz.

Castellanos, R. y J. Holland. 2001. *Peninsular pronghorn (Antilocapra a. peninsularis) Regional studbook*. El Vizcaino Biosphere Reserve/Los Angeles Zoo, Los Ángeles.

Castellanos, R. y V. Sánchez. 2010. Recuperación del berrendo peninsular. En: *Patrimonio natural de México. Cien casos de éxito*. J. Carabias (comp.). CONABIO, México, pp. 78-79.

Jaramillo, F. 1989. *Contribución al conocimiento y conservación del berrendo de Baja California (Antilicapra americana peninsularis Nelson 1912; Antilocapridae, Mammalia) en el Desierto de Vizcaíno, Baja California Sur, México*. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias-UNAM, México.

Klimova, A., A. Munguia-Vega, J.I. Hoffman y J.I. Cuvier. 2014. Genetic diversity and demography of two endangered captive pronghorn subspecies from the Sonoran Desert. *Journal of Mammalogy* 95:1263-1277.

Krausman, P., J. Morgart, L. Harris *et al.* 2005. Introduction: management for the survival of Sonoran pronghorn in the United States. *Wildlife Society Bulletin* 33:5-7.

O'Gara, B. y J.D. Yoakum. 2004. *Pronghorn. Ecology and management*. The Wildlife Management Institute/University Press of Colorado, Colorado.

Ramírez, F. 1985. *Captura, crianza y reintroducción a la naturaleza de recentales de berrendo (Antilocapra americana, Ord 1818) (Antilocapridae, Mammalia) en San Luis Potosí, México*. Tesis

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

de licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootécnia-UNAM, México.

Sánchez, V., R. Castellanos, J. Warman *et al*. 2006. La conservación del berrendo peninsular. En: *El berrendo en México. Acciones de conservación*. M. Valdés, E. de la Cruz, E. Peters y E. Pallares (comps.). Agrupación Sierra Madre/CONANP/DGVS/INE/Servicio de Pesca y Vida Silvestre de Estados Unidos/Unidos para la Conservación, México, pp. 51-69.

Vaughn, E.E. 2016. *Conservation genetics and epigenetics of pronghorn, Antilocapra americana*. Tesis de doctorado. University of Arizona, Arizona.

WSB. Wildlife Society Bulletin. 2005. *Special section: Can the Sonoran pronghorn survive?* WSB, EUA.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Borrego cimarrón

Israel Guerrero Cárdenas, Rafael Ramírez Orduña, Gustavo Alberto Arnaud Franco, Guillermo Romero Figueroa, Enrique de Jesús Ruiz Mondragón, Juan Antonio Rodríguez Villeneuve y Joaquin Rivera Rosas

Descripción

El borrego cimarrón pertenece a la clase Mammalia (animales mamíferos), orden Artiodactyla (animales que poseen pesuñas), familia Bovidae, subfamilia Caprinae, género *Ovis*, especie *Ovis canadensis*, con siete subespecies (Valdez y Krausman 1999, Sandoval *et al.* 2014). Un adulto mide aproximadamente 1.50 m a 1.65 m de largo y 1.00 a 1.10 m de alto. Su pelo es color café claro a gris pardo u oscuro, según el hábitat y la subespecie, y el vientre y la parte trasera (anca) es de color blanco. La cornamenta en los adultos es profundamente corrugada, y de color café rojizo (Monson y Sumner 1980, Valdez y Krausman 1999). El macho es de cuerpo más robusto que las hembras, posee grandes y gruesos cuernos dispuestos en forma de vuelta hacia atrás, casi completa, que en los animales de mayor edad llega al nivel de la parte ocular. La curvatura de sus cuernos llega a alcanzar de 36 a 40 pulgadas de largo y su peso suele aproximarse hasta 10% del peso del animal (Monson y Sumner 1980, Valdez y Krausman 1999).

Por su parte, las hembras poseen cuernos más pequeños y delgados, ligeramente curvados hacia atrás en forma de hoz. Esta característica en las hembras puede facilitar que sean confundidas con los machos juveniles clase I y II (entre 12 y 30 meses de edad). Para diferenciarlos es importante observar las bases, que son ligeramente más gruesas en los machos juveniles. Al nacer, los corderos pesan entre 3 y 5.5 kg, y se desarrollan rápidamente; a los seis meses de edad pesan aproximadamente 29 kg y miden en promedio 67 cm a la altura de la cruz (figura 1; Valdez y Krausman 1999, Sandoval *et al.* 2014).

Los borregos silvestres de Norteamérica son principalmente consumidores de pastos; sin embargo, las plantas arbustivas y herbáceas constituyen una parte considerable de su alimentación (Sandoval *et al.* 2014). En un estudio realizado en la parte sur de Baja California Sur, Guerrero-Cárdenas y colaboradores 2016 encontraron que los borregos de la sierra El Mechudo, se alimentaron principalmente de especies arbustivas constituyendo 62.1% de su dieta. En este estudio, el borrego cimarrón se comportó como un especialista, debido a la selección particular de *Caesalpinia placida,* especie arbustiva que consumió alrededor de todo el año.

En otro estudio en la misma área serrana, Guerrero-Cárdenas y colaboradores 2018, encontraron que las hembras seleccionan especies forrajeras con buena y mediana calidad, con promedios de proteína cruda entre 8 y 12%, principalmente. De forma particular,

Guerrero-Cárdenas, I., R. Ramírez-Orduña, G. Arnaud, G. Romero-Figueroa, E.J. Ruiz-Mondragón, J.A. Rodríguez-Villeneuve y J. Rivera-Rosas. 2025. Borrego cimarrón. En: *La biodiversidad en Baja California Sur. Estudio de Estado*. Vol. II. CONABIO/FFB, México, pp. 512-522.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Figura 1. Clases de edades y sexos en borregos cimarrones. Fuente: tomado de Gobierno del Estado de Sonora 2012.

en algunas etapas fisiológicas importantes, las hembras buscan la mejor combinación de nutrientes en los forrajes que consumen como: ceniza o minerales, proteína cruda y extracto etéreo o grasas. Esta asociación de nutrientes se observó específicamente en la segunda etapa de la gestación (finales de verano y todo el otoño), y con la primera y segunda etapas del parto y lactancia (invierno y primavera).

El origen y la evolución del borrego cimarrón (*Ovis canadensis*) data de millones de años; los borregos salvajes aparecieron en Eurasia al inicio del Pleistoceno temprano. Los antepasados de los borregos que habitan en América se internaron por el Estrecho de Bering, hace aproximadamente 2.5 millones de años (Monson y Sumner 1980). Durante la glaciación de Biber en el Pleistoceno se produjeron cambios climatológicos, que generaron climas cálido-secos y frío-húmedos (Sandoval *et al.* 2014), los cuales por la concentración de hielo, formaron puentes periódicos entre Siberia y Alaska a través del Estrecho de Bering, que dieron conectividad y facilitaron el tránsito entre los continentes, lo cual permitió el ingreso de variedad de fauna como mamuts, bisontes, caballos, antílopes y borregos salvajes, entre otros ungulados, así como felinos depredadores (Valdez y Krausman 1999).

Los cimarrones se consideran inmigrantes tardíos que ingresaron probablemente de forma gradual desde las montañas del Cáucaso en Asia menor y de las tierras altas del Tíbet, hasta los desiertos de Mongolia, zona que marca una distribución geográfica de la especie, denominada como El Gran Arco del Borrego Salvaje (Valdez y Krausman 1999). Las manadas de borregos cruzaron por el Estrecho de Bering y se establecieron en Norteamérica, principalmente en las zonas montañosas de Alaska, desde el oeste de Canadá y Estados Unidos de América, hasta la parte norte de México (figura 2; Valdez y Krausman 1999, Sandoval *et al.* 2014)

Diversidad y distribución

El borrego cimarrón se reconoce como uno de los grandes ungulados silvestres nativos de Norteamérica; en México se encuentran tres de las siete subespecies que se distribuyen desde Canadá y Estados Unidos de América: *O. canadensis mexicana* en Sonora, *O. c. cremnobates* en Baja California, y *O. c. weemsi* en Baja

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

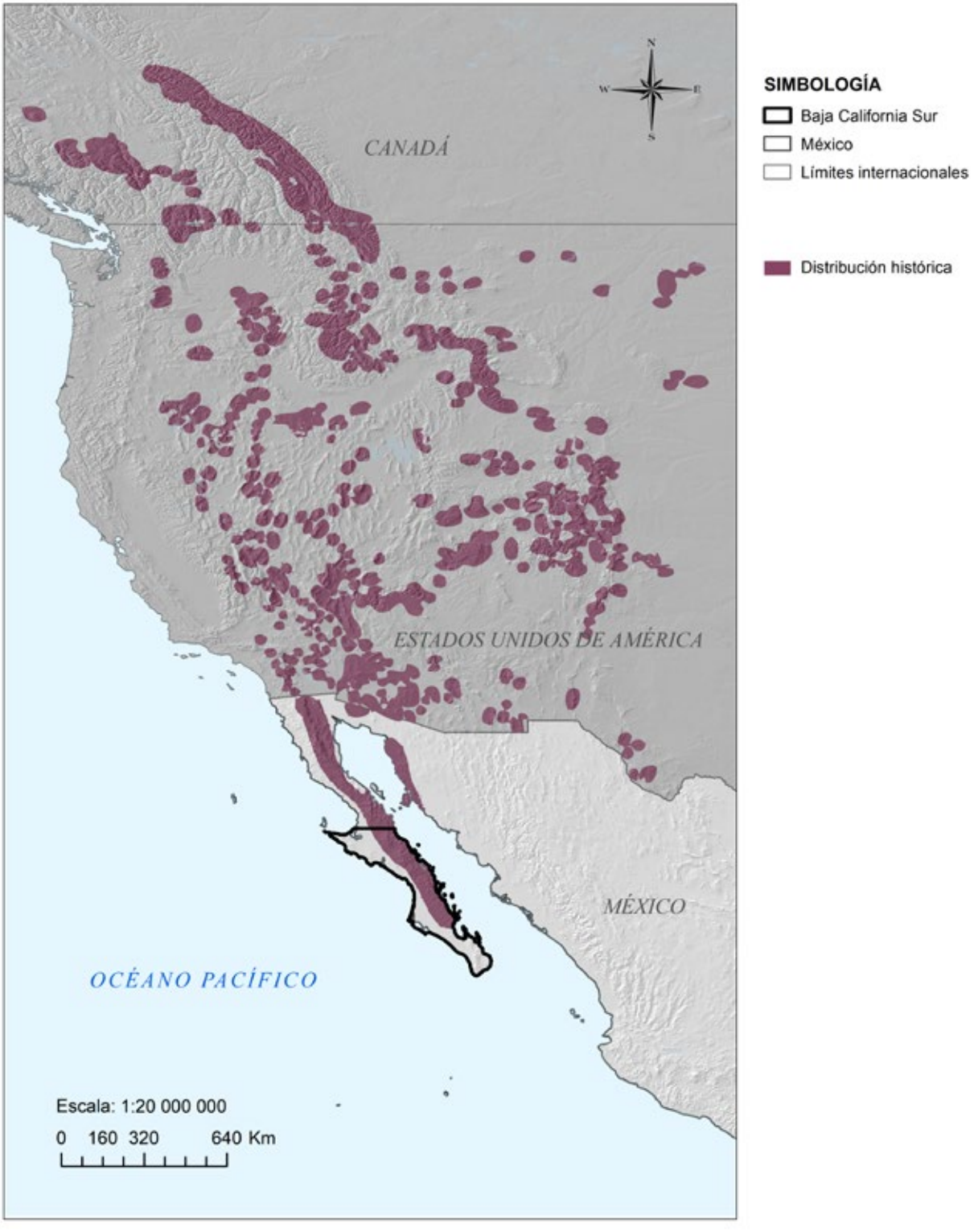


Figura 2. Distribución histórica del borrego cimarrón (*Ovis candensis*) a través de Norteamérica. Fuente: elaboración propia con base en Valdez y Krausman (1999).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

California Sur (Sandoval *et al.* 2014). La distribución de estas poblaciones naturales responde principalmente a las topoformas de la cordillera montañosa de la península, que han favorecido su dispersión debido a la presencia de refugios naturales caracterizados por cañadas profundas, riscos escarpados, pendientes pronunciadas y grandes acantilados (Valdez y Krausman 1999, Álvarez-Cárdenas *et al.* 2009).

Particularmente, las dos subespecies en la Península de Baja California, han tenido que adaptarse a condiciones extremas de aridez con prolongados períodos de sequía, escasez de agua y alimento de baja calidad (Guerrero-Cárdenas *et al.* 2016). En la entidad las poblaciones naturales de borrego cimarrón se encuentran distribuidas en 40% de su distribución original, divididas en tres zonas principales: Las Tres Vírgenes (Santa Rosalía), La Giganta (Loreto) y El Mechudo (La Paz, figura 3; Jiménez y Hernández 2010, Guerrero-Cárdenas *et al.* 2016).

Desde el punto de vista de la historia de la especie, a través del tiempo los borregos se distribuyeron hacia el sur desde América del norte, en función de las condiciones climáticas, la disponibilidad de agua y la cobertura vegetal para alimentarse y escapar de sus depredadores (Lee 1999). Los cambios climáticos y variaciones ambientales motivaron la dispersión de diferentes grupos, que dieron lugar a diferencias genotípicas y fenotípicas según el hábitat donde se establecieron, y dieron origen a dos especies de borregos de montaña: *O. dalli* (borregos de cuernos delgados, figura 4) restringida al norte del continente americano y *O. canadensis* (borregos de cuernos gruesos, figura 5), que se distribuye desde el oeste de Estados Unidos de América hasta el noroeste de México (Lee 1998, Valdez y Krausman 1999).

Importancia

La especie tiene un alto grado de valor cultural (Tapia-Landeros 1997), ecológico, económico y científico (Guerrero-Cárdenas *et al.* 2003, Álvarez-Cárdenas *et al.* 2009). Desde el punto de vista ecológico, el borrego cimarrón es importante como uno de los herbívoros de mayor tamaño, y es de las principales presas de diferentes especies de depredadores como el puma, el coyote y el águila real (Medellín *et al.* 2005, Guerrero-Cárdenas *et al.* 2012). Como herbívoros, los borregos producen un efecto sustancial en la composición de la vegetación y en los procesos básicos del ecosistema como el reciclaje de nutrientes. En este sentido se puede considerar especie clave porque que ejerce una influencia directa sobre los otros miembros de su comunidad sin proporción a su abundancia o densidad al remover la especie clave, la comunidad cambia drásticamente y el ecosistema sucumbe a la presión de los disturbios y su remoción podría provocar una serie de cambios en el ecosistema (Álvarez-Romero y Medellín 2005, Sandoval *et al.* 2014).

Se considera también como una especie emblemática, debido a que además de ser carismática para el público, puede ayudar a generar interés en la conservación. Por ello, el borrego cimarrón es la principal especie cinegética del país (Sandoval *et al.* 2014); con lo cual, además de generar recursos económicos a través de la expedición de los permisos de cacería controlada y autorizada y la infraestructura asociada a dicha actividad, se ayuda en la reproducción o reintroducción de la especie, ya que de no contar con un adecuado manejo, podría disminuir el tamaño y la calidad del trofeo (cornamentas), lo que reduciría el interés de los cazadores deportivos y su valor comercial, y afectaría la actividad y al mismo tiempo a la conservación de las poblaciones silvestres (Álvarez-Romero y Medellín 2005, Sandoval *et al.* 2014).

En el estado, los permisos de cacería de un borrego llegan a subastarse en precios que oscilan entre los 40 y 100 mil dólares (Félix-Lizárraga 2006, Álvarez-Cárdenas *et al.* 2009). Por esta razón, el borrego cimarrón se considera la especie cinegética más importante. Actualmente, en Baja California Sur se tiene el registro de 11 unidades de manejo para la conservación de la vida silvestre (UMA) de borrego cimarrón (SGPARN 2004).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

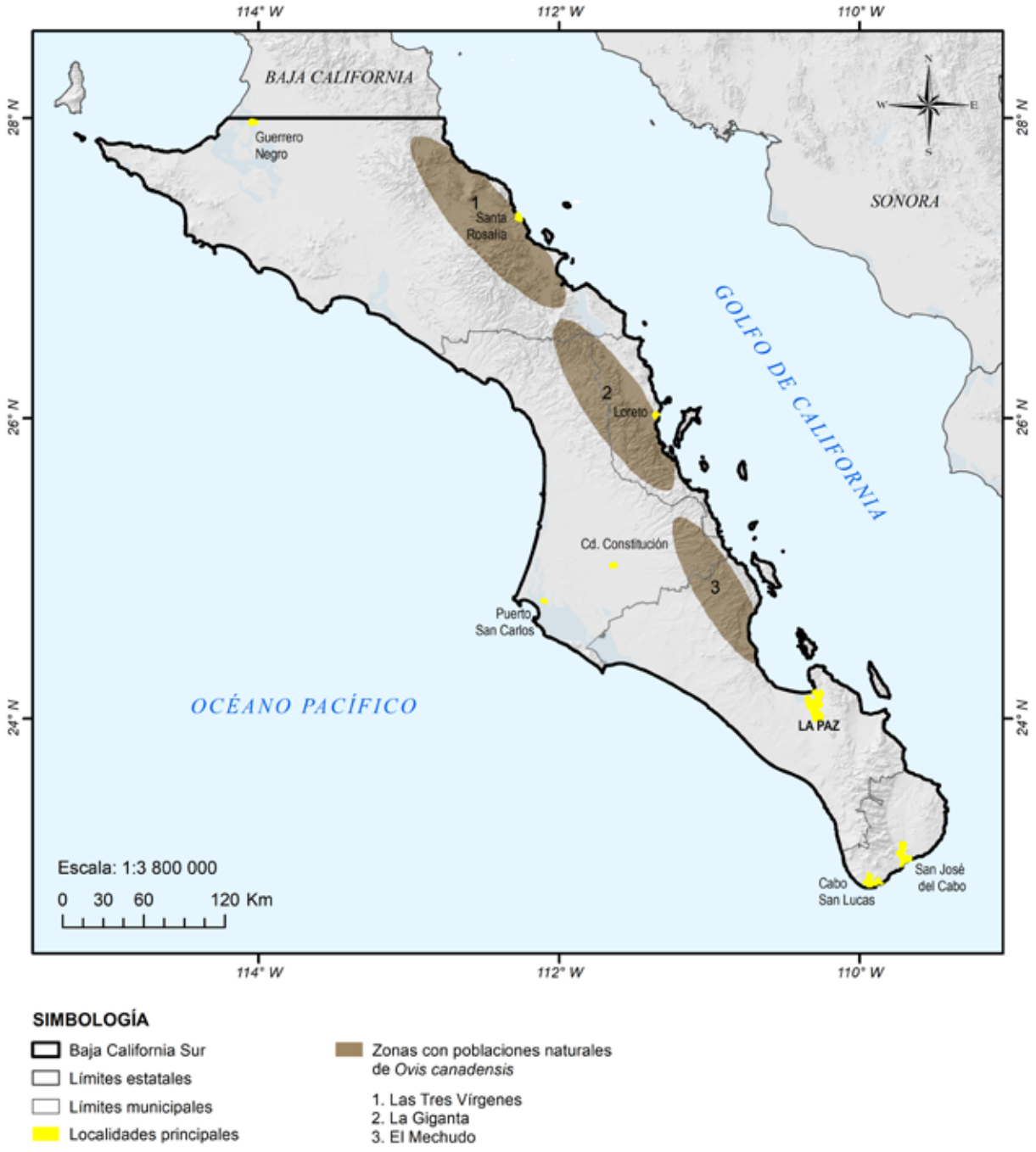


Figura 3. Principales zonas de la cordillera montañosa de Baja California Sur donde se localizan las poblaciones naturales de borrego cimarrón. Fuente: elaboración propia con datos de la Dirección General de Vida Silvestre 2011.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Figura 4. Especímenes de borrego de las nieves *Ovis dalli*: a) clásico macho adulto con cuernos retorcidos; b) hembra con cuernos pequeños tipo espigas y su cría. Fotos: Sam Wilson/Naturalista 2022 (a), Serguei Ponomarenko/iNaturalist 2021 (b).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Figura 5. Especímenes de borrego cimarron (*Ovis canadensis*) presentes en el sitio conocido como El Junco, ubicado dentro del ejido Ley Federal de Aguas Número Dos, entre las coordenadas geográficas 24° 24' 44.17" N y 110° 45' 9.10" O, en el extremo sur de la sierra El Mechudo, zona montañosa que bordea la parte norte de la bahía de la Paz. De del lado izquierdo se aprecia una hembra adulta y del lado opuesto, un macho adulto. Fotos: cortesía de Dr. Sergio Álvarez Cárdenas.

Situación y estado de conservación

En el territorio sudcaliforniano, *Ovis canadensis* se encuentra sujeto a protección especial (Pr) de acuerdo con la norma NOM-059 (SEMARNAT 2010). A nivel internacional, desde 1991, la especie está registrada en la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES), en el Apéndice II (CITES 2019), por lo que no está necesariamente en peligro de extinción, pero puede estarlo si su comercio y aprovechamiento no se regulan de manera estricta.

Factores de presión

En el estado, el borrego cimarrón ha sido históricamente amenazado por las actividades humanas, principalmente por la alteración de su hábitat debido a la fragmentación generada por empresas mineras en la zona para la extracción de roca fosfórica; la introducción de ganado (caprino, ovino, vacuno, caballar y asnar); y especies que compiten específicamente por forraje, espacio y agua, quienes ejercen presión sobre las poblaciones de los borregos silvestres. A lo anterior, se suma la mortalidad de los borregos por su alta susceptibilidad a infecciones y ectoparásitos que contraen al beber agua en los mismos aguajes donde toman las especies domésticas (Álvarez-Cárdenas *et al.* 2009, Mesa-Zavala *et al.* 2012). En la actualidad, la Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABCS) tiene un área de atención médica para fauna silvestre, la cual cuenta con expertos profesionales (médicos veterinarios), altamente capacitados para atender esta especialidad.

Cabe señalar que, con la explosión demográfica y el acelerado desarrollo observado en los alrededores de las diferentes áreas de distribución natural de los borregos, si no se hace nada por estas poblaciones naturales, la situación para determinar si esta especie y su hábitat serán protegidos exitosamente o degradados más por la fragmentación será critica en el corto plazo.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Acciones de conservación

Es difícil establecer un plan de manejo de borrego cimarrón aplicable en todos los sitios del estado, debido a que eso depende de múltiples factores como: la ubicación del área donde se encuentran los rebaños, el tipo de clima, la vegetación, la geomorfología, el estado actual de la población y del hábitat, las relaciones con la fauna asociada, el impacto de las actividades humanas, el nivel de conocimiento de la población y su hábitat, la vigilancia y la normatividad, entre otros. Todos estos factores se deben tomar en cuenta para establecer un plan de manejo particular para el aprovechamiento y conservación del borrego cimarrón y su hábitat en la entidad, por parte de propietarios de UMA, autoridades e investigadores (Álvarez-Cárdenas *et al.* 2009).

Se han realizado diversos estudios desde el punto de vista genético, morfológico, de historias de vida de las poblacionales y del hábitat, enfocados a la conservación y el manejo del borrego cimarrón de Norteamérica y particularmente en Baja California Sur (Valdez y Krausman 1999, Wehausen y Ramey 2000, Álvarez-Cárdenas *et al.* 2009, Mesa-Zavala *et al.* 2012, Guerrero-Cárdenas *et al.* 2003, 2016, 2018, 2020). Con base en esos estudios y en las experiencias derivadas del trabajo del grupo, se presentan algunas consideraciones importantes para la conservación y el manejo del borrego cimarrón del desierto.

Filogenéticas

La taxonomía de *O. canadensis* pretende identificar unidades de conservación a través de la evaluación de diversas medidas de variación (morfológicas o moleculares) para ubicarlas dentro de un contexto evolutivo. Las unidades pueden utilizarse para preservar recursos genéticos únicos, reintroducir borregos genéticamente similares a los que originalmente existían en un área y entender mejor la historia evolutiva de esos grupos.

Competencia

Además de los parásitos y otros agentes infecciosos que afectan al borrego cimarrón, la presencia de ganado doméstico libre al pastoreo puede resultar en competencia por el forraje, el agua y el espacio; esto es uno de los principales factores que han causado la declinación histórica de poblaciones de borrego cimarrón. La competencia puede ocasionar la disminución en la calidad poblacional de una o ambas especies, mediante el incremento de la mortalidad y de la dispersión, o por una disminución en la reproducción.

Estructura poblacional y ámbito hogareño

El ámbito hogareño y los movimientos de los machos incrementa cada año hasta los tres o cuatro años, a esta edad los jóvenes borregos entran en celo y pueden desplazarse a grandes distancias para localizar hembras receptivas; esos movimientos pueden permitir la exploración de áreas montañosas adyacentes. La mayoría de las áreas borregueras están naturalmente arregladas en parches y el tamaño, distribución y calidad de esos parches determina cuantos animales de la especie pueden ser soportados.

Un corredor adecuado debe contener por lo menos algunos de los requerimientos de hábitat de la especie. El terreno de escape, sobre todo, y la distancia al agua, son dos de los principales atributos que deben proveer los corredores, debido a que su disponibilidad es determinante para la existencia de un rebaño de borregos dentro de un área. Un manejo adecuado debe facilitar la interacción entre los borregos de parches adyacentes, ya que las poblaciones pequeñas no podrán persistir a menos que éstas interactúen reproductivamente con otras subpoblaciones. Aunque tal interacción no sea fácilmente realizada, aún con unos pocos animales por generación que se muevan entre las poblaciones es posible mantener la diversidad genética.

Para establecer áreas de aprovechamiento cinegético, primero es necesario consultar al órgano oficial que es la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), con el objeto de seguir los mecanismos para establecer en los predios ubicados en las diferentes áreas de distribución natural del borrego, el modelo actual para el aprovechamiento a través de UMA. Las normas a seguir, de acuerdo con los objetivos fijados en los predios, deben sujetarse a los lineamientos planteados en el Proyecto para la Conservación y Aprovechamiento Sustentable del Borrego Cimarrón en México (SEMARNAP e INE 2000), y deben cumplir con los requisitos fundamentales para la

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

obtención del registro de las UMA, como un plan de manejo del hábitat y el monitoreo de la población de borrego, principalmente.

Impacto de las actividades humanas

Es importante tener en cuenta que la actividad cinegética no es la única forma de aprovechamiento del cimarrón y su hábitat. También se pueden obtener ingresos de personas que gustan del campismo, observación de la fauna, toma de fotografías o videos, no solo de *O. canadensis*, sino de su hábitat natural y de la fauna asociada. De esta forma, fuera de temporada cinegética y sin extracciones, se podría aprovechar al máximo el gran valor estético del paisaje y de la fauna silvestre en general a través del ecoturismo.

Conclusiones y recomendaciones

La conservación de los recursos naturales (diversidad biológica), es una tarea que debe enfrentarse a través del establecimiento de estrategias bidireccionales a corto, mediano y largo plazos, debido a que involucran factores sociales y variables ecológicas. Es por ello que cualquier estrategia de conservación para las poblaciones de borrego cimarrón en la entidad, tiene que planificarse con la finalidad de que contemple los planes de desarrollo social y de utilización sostenible de los recursos naturales de cada área donde se distribuye el borrego. Además, se requiere de incorporar el estudio de los rasgos funcionales de las poblaciones de borregos y de las especies asociadas, lo que permitirá entender los mecanismos que promueven la coexistencia de todas las especies dentro del hábitat, previendo posibles efectos negativos sobre procesos del ecosistema y el diseño de planes de manejo.

Consideraciones para el manejo

Durante los censos y monitoreo aéreos y terrestres, es recomendable realizar no solo el avistamiento y conteo de borregos, también se deben incluir a los animales ferales y domésticos (p.e. ganado vacuno, caprino, ovino, asnar y caballar), además de establecer la disponibilidad y ubicación de aguajes naturales y características de la vegetación. Para el manejo y conservación del borrego cimarrón, se debe considerar la segregación sexual, sitios de parición y crianza. Las medidas de manejo deberán enfocarse en mantener o mejorar el reclutamiento (individuos de un año, que se incorporan a la población y han sobrevivido), así como indagar sobre aspectos de actividades antrópicas como construcción de cabañas, introducción de ganado y cacería.

Es de vital importancia que las medidas de manejo en todas las sierras borregueras del territorio estatal, se enfoquen en mantener el corredor natural, evitando la fragmentación por la construcción de caminos y explotación minera. Se recomienda realizar un programa de fototrampeo en los diferentes sitios con aguajes que utiliza el borrego cimarrón y otras especies silvestres importantes, como venado bura y águila real; con esta información será posible determinar la abundancia relativa de los animales registrados.

Es necesario identificar y monitorear de manera continua en las diferentes zonas que componen las serranías, las especies vegetales clave para el borrego, así como la distribución y la abundancia de estas plantas mediante índices de vegetación derivados de imágenes satelitales u obtenidas por vehículos aéreos no tripulados (drones); y posteriormente continuar con la búsqueda de otros sitios potenciales para posibles reintroducciones de borregos cimarrones. A partir del método de detección de aguajes, se recomienda determinar la distribución de los cuerpos de agua disponibles en las áreas borregueras y sierras colindantes con las zonas serranas sudcalifornianas. Por último, es recomendable la rehabilitación y construcción de aguajes, lo cual se debe fundamentar en los resultados obtenidos de la detección e identificación de éstos, y la fauna que los utiliza.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Referencias

Álvarez-Cárdenas, S., P. Galina-Tessaro, S. Díaz-Castro *et al.* 2009. Evaluación de elementos estructurales del hábitat del borrego cimarrón en la sierra del Mechudo, Baja California Sur, México. *Tropical Conservation Science* 2:189-203.

Álvarez-Romero, J. y R.A. Medellín. 2005. *Ovis canadensis*. *Vertebrados superiores exóticos en México: diversidad, distribución y efectos potenciales*. Bases de datos SNIB-CONABIO, Proyecto U020. Instituto de Ecología-UNAM, México.

CITES. Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. 2019. *Apéndices I, II y III.* En: <https://cites.org/sites/default/files/esp/app/2019/S-Appendices-2019-11-26.pdf>, última consulta: 19 de enero de 2021.

Félix-Lizárraga, M. 2006. *Unidades de manejo para la conservación de vida silvestre (UMA) de borrego cimarrón (Ovis canadensis) en el estado de Baja California Sur, México: análisis, propuestas y recomendaciones para su manejo*. Tesis de maestría. CIBNOR, La Paz.

Gobierno del Estado de Sonora. 2012. *Borrego cimarrón (Ovis canadensis mexicana): Resultados del monitoreo aéreo en el Estado de Sonora, México*. Dirección General Forestal y Fauna de Interés Cinegético-SAGARPA, México.

Guerrero-Cárdenas, I., I. Tovar-Zamora y S. Álvarez-Cárdenas. 2003. Factores que afectan la distribución del borrego cimarrón *Ovis canadensis weemsi* en la Sierra del Mechudo, BCS, México. *Anales del Instituto de Biología-UNAM* serie zoología 74:83-98.

Guerrero-Cárdenas, I., P. Galina-Tessaro, S. Álvarez-Cárdenas y E. Mesa-Zavala. 2012. Avistamientos recientes de águila real (*Aquila chrysaetos*) en la sierra El Mechudo, Baja California Sur, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 83:397-401.

Guerrero-Cárdenas, I., S. Álvarez-Cárdenas, S. Gallina *et al.* 2018. Variación estacional del contenido nutricional de la dieta del borrego cimarrón del desierto (*Ovis canadensis weemsi*), en Baja California Sur, México. *Acta Zoológica Mexicana* nueva serie 34:1-18.

Guerrero-Cárdenas, I., S. Álvarez-Cárdenas, S. Gallina *et al.* 2020. Estimación de cambios temporales de la condición corporal del borrego cimarrón (*Ovis canadensis weemsi*) a partir de fotointerpretación. *Acta Zoológica Mexicana* nueva serie 36:1-14.

Guerrero-Cárdenas, I., S. Gallina, P. Corcuera *et al.* 2016. Diet composition and selection of the bighorn sheep (*Ovis canadensis*) in Sierra El Mechudo, Baja California Sur, Mexico. *Therya* 7:423-438.

iNaturalist. 2021. *Foto 58208122, © Serguei Ponomarenko*. En: <https://www.inaturalist.org/photos/58208122>, última consulta: septiembre de 2023.

Jiménez, S.D. y M.C. Hernández. 2010. Programa de conservación del borrego cimarrón (*Ovis canadensis weemsi*) en Baja California Sur, México. *Galemys* 22:447-468.

Lee, R. 1998. Desert bighorn sheep. En: *The Wild Sheep Journal*. FNAWS, Wyoming, pp. 50-56.

Medellín, R., C. Manterola, M. Valdéz *et al.* 2005. History, ecology, and conservation of the pronghorn antelope, bighorn sheep, and black bear in Mexico. En: *Biodiversity, ecosystems, and conservation in northern Mexico*. J.L.E. Cartron, G. Ceballos y R.S. Felger (eds.). Oxford University Press, Oxford, pp. 387-404.

Mesa-Zavala, E., S. Álvarez-Cárdenas, P. Galina-Tessaro *et al.* 2012. Vertebrados terrestres registrados mediante foto-trampeo en arroyos estacionales y cañadas con agua superficial en un hábitat semiárido de Baja California Sur, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 83:235-245.

Monson, G. y L. Sumner. 1980. *The desert bighorn: its life history, ecology and management*. The University of Arizona Press, Tucson.

Naturalista. 2022. *Foto 92910964, © Sam Wilson*. En: <https://www.naturalista.mx/photos/92910964>, última consulta: septiembre de 2023.

Sandoval, A.V., R. Valdez y A.T. Espinoza. 2014. El borrego cimarrón en México. En: *Ecología y manejo de fauna silvestre*. R. Valdez y J.A. Ortega (eds.). Colegio de Postgraduados, Montecillo, pp. 475.501.

SEMARNAP e INE. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, e Instituto Nacional de Ecología. 2000. *Proyecto para la conservación, manejo y aprovechamiento sustentable del borrego cimarrón (Ovis canadensis) en México*. SEMARNAP/INE, 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.

SGPARN. Subdelegación de Gestión para la Protección Ambiental y Recursos Naturales. 2004. *Registro de Unidades de Manejo para la Conservación de Vida Silvestre*. Delegación Federal en Baja California Sur/Subdelegación de Gestión para la Protección Ambiental y Recursos Naturales/Unidad de Aprovechamiento y Restauración de Recursos Naturales y Vida Silvestre, México.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Tapia-Landeros, A. 1997. *Cimarrón: del culto a la cultura del borrego*. UABC, Mexicali.

Valdez, R. y P.R. Krausman 1999. *Description, distribution and abundance of mountain sheep in North America*. The University of Arizona Press, Tucson.

Wehausen, J.D. y R.R. Ramey II. 2000. Cranial morphometric and evolutionary relationships in the northern range of *Ovis canadensis*. *Journal of Mammalogy* 81:145-161.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Diversidad de mamíferos marinos

Jorge Urbán Ramírez, Lorena Viloria Gómora, Enrique Alejandro Gómez Gallardo Unzueta,
Fernando Ricardo Elorriaga Verplancken y Sergio Martínez Aguilar

Introducción

En Baja California Sur se han documentado 39 especies y subespecies (38 especies identificadas) de mamíferos marinos, pertenecientes a los órdenes Cetacea (32 especies y subespecies, 22 géneros y 7 familias), Carnivora (6 especies y subespecies, 5 géneros y 3 familias) y Chiroptera (1 especie; cuadro 1, apéndice 41). Las costas del estado son las de mayor riqueza de especies de mamíferos marinos en el país y de las más ricas del mundo. Esta gran diversidad se debe a sus diferentes ambientes: con aguas tropicales y una plataforma continental angosta en el golfo de California, y aguas templadas en la costa occidental (vertiente del Pacífico) con una plataforma continental ancha. Por otra parte, presenta una alta producción primaria por la influencia de vientos, corrientes submarinas y el talud continental (Urbán R. *et al*. 2005).

Entre las poblaciones de cetáceos se encuentran algunas especies residentes, como los tursiones (*Tursiops truncatus*) y el rorcual común (*Balaenoptera physalus*); otras migratorias como las ballenas azul (*Balaenoptera musculus*), jorobada (*Megaptera novaeangliae*) y gris (*Eschrichtius robustus*); y raras como la beluga (*Delphinapterus leucas*), la ballena franca (*Eubalaena japonica*) y la foca elefante del sur (*Mirounga leonina*). Entre los pinnípedos (lobos marinos y focas), el lobo común de California (*Zalophus californianus*) presenta varias colonias reproductivas dentro del territorio sudcaliforniano; mientras que las otras cuatro especies de este grupo son visitantes esporádicos (cuadro 1). También se encuentran especies consideradas en peligro de extinción como la nutria marina (*Enhydra lutris*) que es muy probable ya no exista en el estado, y el murciélago pescador mexicano (*Myotis vivesi*), el único quiróptero considerado como mamífero marino.

En la presente contribución se muestra un panorama general de la diversidad de los mamíferos marinos registrados en Baja Calidornia Sur, con la finalidad de resaltar el extraordinario capital natural de las costas sudcalifornianas.

Cetáceos

El orden Cetacea (que agrupa ballenas y delfines) se divide en dos subórdenes: Odontoceti, donde se incluye a todos los cetáceos con dientes como los delfines, cachalotes, zífidos y marsopas; y el suborden Mysticeti que incluye a todas las ballenas o cetáceos con barbas.

Urbán R., J., L. Viloria-Gómora, A. Gómez-Gallardo U., F.R. Elorriaga-Verplancken y S. Martínez-Aguilar. 2025. Diversidad de mamíferos marinos. En: *La biodiversidad en Baja California Sur. Estudio de Estado*. Vol. II. CONABIO/FFB, México, pp. 523-553.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Cuadro 1. Mamíferos marinos registrados en las costas de Baja California Sur y su categoría de riesgo.

Especie[1]	Nombre común[1]	UICN[2]	CITES[3]	NOM-059[4]
Orden Cetartiodactyla				
Suborden Mysticeti				
Familia Balaenidae				
Eubalaena japonica	Ballena franca del Pacífico norte	EN	I	P
Familia Eschrichtiidae				
Eschrichtius robustus	Ballena gris	LC	I	Pr
Familia Balaenopteridae				
Balaenoptera musculus musculus	Ballena azul	EN	I	Pr
B. physalus velifera	Rorcual común	EN	I	Pr
B. edeni	Rorcual tropical	DD	I	Pr
B. acutorostrata scammoni	Ballena Minke	CR	I	Pr
B. borealis borealis	Ballena de Sei	EN	I	Pr
Megaptera novaeangliae kuzira	Ballena jorobada	VU	I	Pr
Suborden Odontoceti				
Familia Physeteridae				
Physeter macrocephalus	Cachalote	VU	I	Pr
Kogia breviceps	Cachalote pigmeo	DD	II	Pr
K. sima	Cachalote enano	DD	II	Pr
Familia Ziphiidae				
Ziphius cavirostris	Zífido de Cuvier	DD	II	Pr
Berardius bairdii	Zífido de Baird	CR	I	Pr
Indopacetus pacificus	Zífido de Longman	CR	I	
Mesoplodon peruvianus	Mesoplodonte pigmeo	DD	II	Pr
M. ginkgodens	Mesoplodonte japonés	DD	II	Pr
M. densirostris	Mesoplodonte de Blainville	DD	II	Pr
Familia Monodontidae				
Delphinapterus leucas	Beluga	LC	II	
Familia Delphinidae				
Steno bredanensis	Delfín de dientes rugosos	DD	II	Pr
Tursiops truncatus truncatus	Tursión	DD	II	Pr
Stenella attenuata attenuata	Delfín manchado pantropical	CR	II	Pr
S. longirostris orientalis	Delfín tornillo	CR	II	Pr
S. coeruleoalba	Delfín listado	DD	II	Pr
Delphinus delphis delphis	Delfín común de rostro corto	DD	II	Pr
D. delphis bairdii	Delfín común de rostro largo	DD	II	Pr
Sagmatias obliquidens	Delfín de costados blancos	DD	II	Pr

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Cuadro 1. Continuación.

Especie[1]	Nombre común[1]	UICN[2]	CITES[3]	NOM-059[4]
Grampus griseus	Delfín de Risso	DD	II	Pr
Pseudorca crassidens	Orca falsa	DD	II	Pr
Peponocephala electra	Calderón pigmeo	DD	II	Pr
Orcinus orca	Orca	CR	II	Pr
Feresa attenuata	Orca pigmea	DD	II	Pr
Globicephala macrorhynchus	Calderón de aletas cortas	CR	II	Pr
Orden Carnivora				
Superfamilia Pinnipedia				
Familia Otariidae				
Arctocephalus townsendi	Lobo fino de Guadalupe	VU	I	P
Zalophus californianus	Lobo marino de California	CR		Pr
Familia Phocidae				
Phoca vitulina	Foca de puerto o común	CR		
Mirounga angustirostris	Elefante marino o foca elefante del norte	CR		A
M. leonina	Elefante marino o foca elefante del sur	LC		
Familia Mustelidae				
Enhydra lutris	Nutria marina	EN	II	P
Orden Chiroptera				
Suborden Microchiroptera				
Familia Vespertilionidae				
Myotis vivesi	Murciélago pescador mexicano	VU		P

CR: en peligro crítico; EN: en peligro; VU: vulnerable; LC: preocupación menor; DD: datos insuficientes; Apéndice I: especies severamente amenazadas; Apéndice II: especies no necesariamente en peligro actual, pero podrían ponerse en riesgo; A: amenazada, P: en peligro de extinción; Pr: sujeta a protección especial. Fuente elaboración propia con datos de [1]Rice 1998, [3]CITES 2009, [4]SEMARNAT 2010, [1]Medrano y Urbán R. 2019, [1]Society for Marine Mammals 2020, [2]UICN 2020.

Familia Delphinidae

Esta familia (figura 1) es una de las nueve que conforman el suborden Odontoceti. Las 37 especies y 17 géneros incluidas en esta familia son diversas en su morfología externa, longitud del cuerpo (p.e. 1.5 m en *Stenella longirostris* contra los 9 m de *Orcinus orca*), coloración, largo del rostro, tamaño y forma de la aleta dorsal, incluso hay especies sin aleta dorsal (p.e. *Lissodelphis* spp.). Los delfínidos se distribuyen en todos los océanos del mundo, en zonas profundas y someras. La dieta se compone de peces, calamares y otros invertebrados, en algunos casos se incluyen aves y mamíferos marinos (delfines, ballenas, pinnípedos y morsas; Wang *et al*. 2014, Jefferson y Leduc 2018).

En el estado se registran 14 especies y subespecies (cuadro 2). El delfín listado (*Stenella coeruleoalba*), el delfín de Risso (*Grampus griseus*), el tursión (*Tursiops truncatus*), el calderón aletas cortas (*Globicephala macrorhynchus*), la orca (*Orcinus orca*) y el delfín común de rostro corto (*Delphinus delphis*), se distribu-

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Figura 1. Delfín común de rostro corto (*Delphinus delphis*), representante de la familia Delphinidae. Foto: Sergio Martínez.

yen en la costa del golfo de California y en la costa del Pacífico, y se pueden observar durante todo el año (figura 2). Por su parte, para el delfín común de rostro largo (*Delphinus delphis bairdii*, figura 3), a pesar de ser uno de los más abundantes, no se tienen registros de organismos vivos en la costa del Pacífico, solo en varamientos.

El delfín moteado (*Stenella attenuata*), el tornillo (*S. longirostris*) y el de dientes rugosos (*Steno bredanensis*), son típicos de la temporada cálida en ambas costas. La orca falsa (*Pseudorca crassidens*) y el delfín de costados blancos (*Sagmatias obliquidens*) se presentan en la temporada templada (figura 4). Finalmente, el calderón pigmeo (*Peponocephala electra*) se ha registrado en dos varamientos, uno en la bahía de La Paz y otro en el Pacífico; para la orca pigmea (*Feresa attenuata*), solo se tienen registros de un avistamiento y un varamiento en la bahía de La Paz (Pérez-Cortés *et al.* 2000, Urbán R. 2010, PRIMMA-UABCS 2019).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

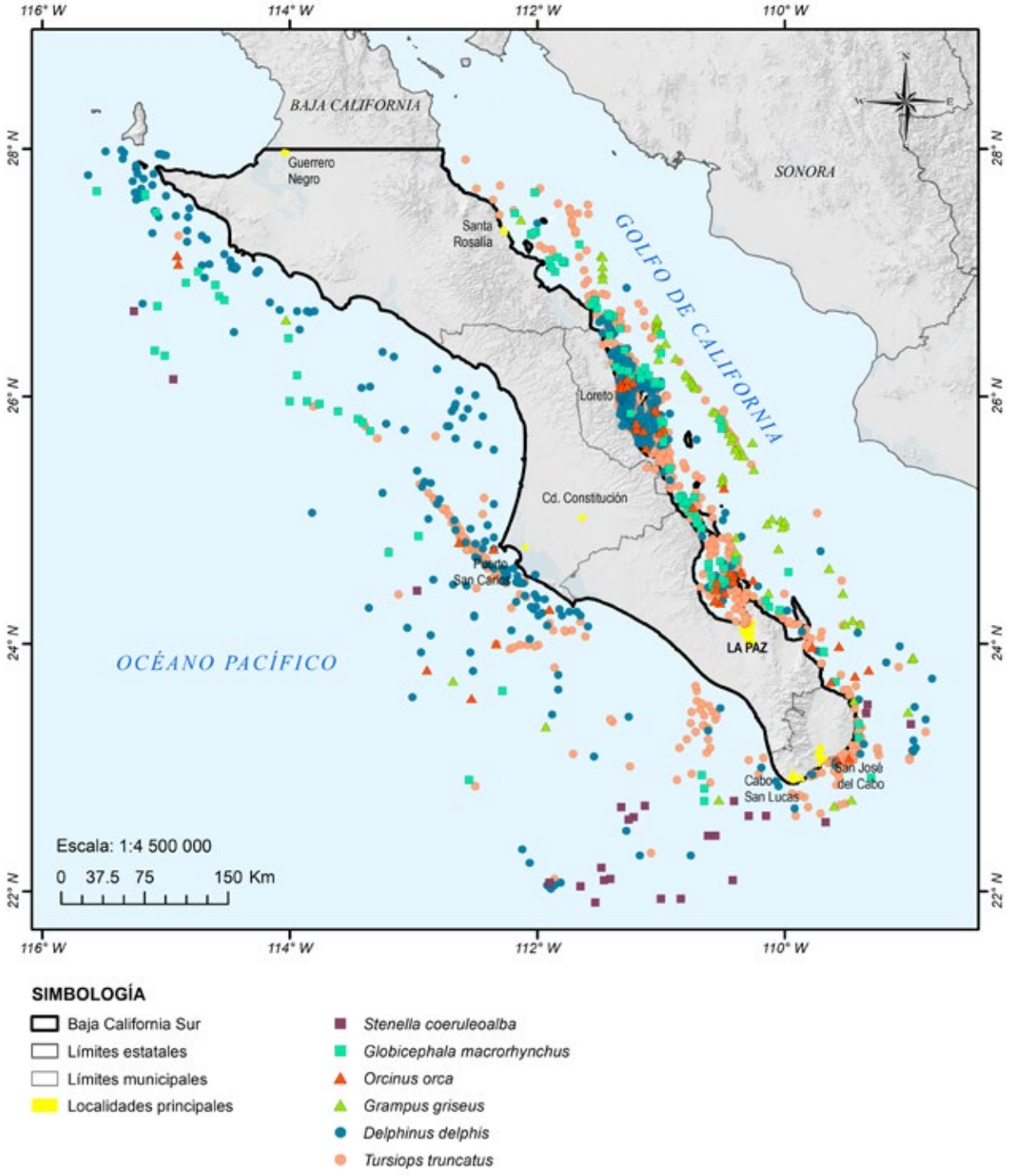


Figura 2. Distribución de avistamientos de seis especies de delfines presentes en ambas costas sudcalifornianas durante todo el año. Fuente: elaboración propia con datos de OBIS 2018, PRIMMA-UABCS 2019.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Cuadro 2. Especies de delfines registrados en las costas del estado y sus temporadas de registro.

Especie	Golfo de California	Pacífico
Delphinus delphis delphis	Todo el año	Todo el año
Stenella coeruleoalba	Todo el año	Todo el año
Grampus griseus	Todo el año	Todo el año
Tursiops truncatus	Todo el año	Todo el año
Globicephala macrorhynchus	Todo el año	Todo el año
Orcinus orca	Todo el año	Todo el año
Delphinus delphis bairdii	Todo el año	No hay registros
Steno bredanensis	Datos disponibles en agosto-octubre	Registros disponibles en agosto- octubre
Stenella attenuata	Datos disponibles en agosto-noviembre	Registros disponibles en agosto-noviembre
Pseudorca crassidens	Registros disponibles en febrero y abril	Registros disponibles en marzo y diciembre
Stenella longirostris	Datos disponibles en abril	Sin registros disponibles
Sagmatias obliquidens	Datos disponibles en abril	Registros disponibles en enero-marzo
Peponocephala electra	Rara	No hay registros
Feresa attenuata	Rara	No hay registros

Fuente: elaboración propia.



Figura 3. Delfín común de rostro largo (*Delphinus delphis bairdii*) en el golfo de California. Foto: Jorge Urbán.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

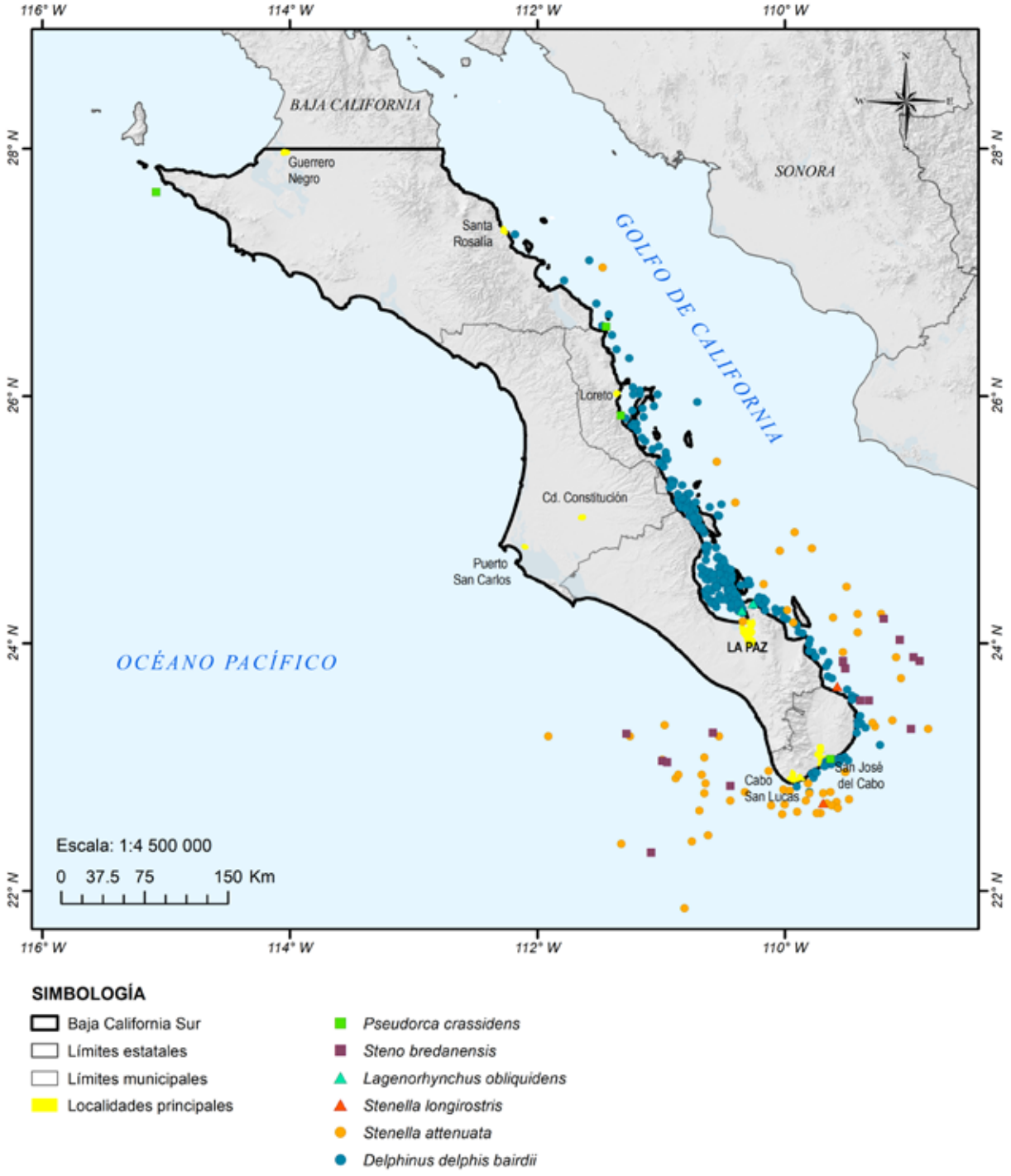


Figura 4. Distribución de avistamientos de seis especies de delfines con diferentes patrones temporales y espaciales. Fuente: elaboración propia con datos de OBIS 2018, PRIMMA-UABCS 2019.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Familia Physeteridae

Está representada por tres especies, una de ellas es el cachalote (*Physeter macrocephalus*, figura 5), que es el odontoceto más grande y con un evidente dimorfismo sexual, donde las hembras miden 12 m y los machos 18 m y pesan 15 y 45 t respectivamente; las hembras se distribuyen en los trópicos y los machos en todas las latitudes. Su dieta está compuesta por organismos de gran tamaño, principalmente calamares, pero también incluyen algunas especies de peces demersales y mesopelágicos (Jefferson *et al.* 2015, Whithead 2018).

En las costas sudcalifornianas se han registrado manadas conformadas por hembras, crías y jóvenes, en ocasiones acompañados por algunos machos adultos (figura 6). Su distribución en las zonas profundas o cercanas al talud continental corresponde con la de su principal presa, el calamar gigante (Gendron 2000a). Se conocen 13 varamientos de esta especie: seis individuales y tres masivos en la bahía de La Paz (Urbán R. *et al.* 2020), dos individuales en la región sur del golfo de California y dos en el Pacífico (uno en bahía Magdalena y otro entre la laguna San Ignacio y Punta Abreojos, cuadro 3).



Figura 5. Cachalotes (*Physeter macrocephalus*) representante de la familia Physeteridae. Foto: Claudia Guzmán.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

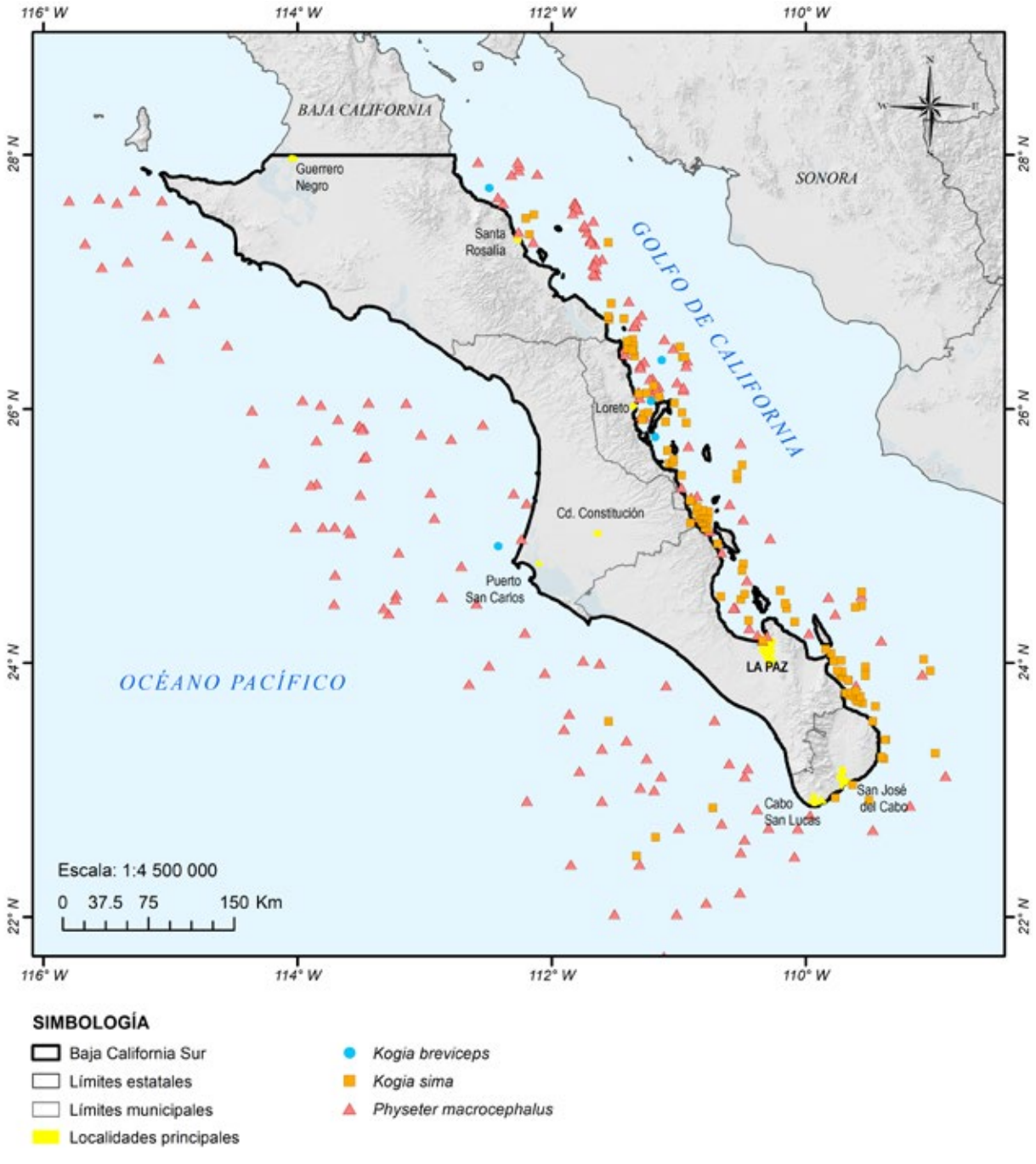


Figura 6. Distribución de los avistamientos de cachalote (*Physeter macrocephalus*), cachalote enano (*Kogia sima*) y pigmeo (*Kogia breviceps*). Fuente: elaboración propia con datos de OBIS 2018, PRIMMA-UABCS 2019.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Las otras dos especies de la familia Physeteridae son el cachalote pigmeo (*Kogia breviceps*) y el cachalote enano (*K. sima*, figura 7); aunque están estrechamente relacionados con el cachalote (*Physeter macrocephalus*), son animales mucho más pequeños. El cachalote pigmeo alcanza una longitud de 4 m, mientras que el cachalote enano mide hasta 2.7 m. Ambas especies son de color gris azulado oscuro a negruzco en el dorso y claros en la parte inferior. En el lado de la cabeza, entre el ojo y la aleta, se distingue una marca de color claro en forma de medialuna (falso opérculo). Se distribuyen en las zonas profundas de aguas tropicales y templadas. Son especies poco conocidas, se reconocen como evasivas. Su dieta se integra principalmente por calamares, y en su contenido estomacal se han encontrado restos de especies de profundidades de hasta 1 300 m (Berta *et al*. 2015, Mcalpine 2018).

Estas dos especies están presentes en el estado (figura 6). El cachalote pigmeo se distribuye en aguas templadas y subtropicales de todo el mundo; en las costas del estado sus registros son esporádicos, solo algunos avistamientos cerca de la isla Tortuga y varamientos, en la bahía de La Paz (Gendron 2000b), Cabo San Lázaro y la laguna Ojo de Liebre. Por su parte, el cachalote enano se distribuye en aguas tropicales y es frecuente observarlo en las costas del golfo de California, en particular entre la bahía de La Paz e isla Cerralvo. Después de los tursiones (*Tursiops truncatus*), es la segunda especie con más varamientos en el estado: 23 en la bahía de La Paz, uno en la región Los Cabos y uno en bahía Magdalena (cuadro 3).

Familia Ziphiidae

Los zífidos son la segunda familia más diversa de los cetáceos con 22 especies reconocidas; sin embargo, es un grupo poco conocido. Algunas especies se conocen solo por animales varados, y en general su taxonomía está sujeta a varios ajustes. La familia Ziphiidae (figura 8) se caracteriza anatómicamente porque todas las especies tienen un rostro agudo. Presentan una aleta dorsal pequeña, ubicada en el último tercio del cuerpo y la mayoría tienen uno o dos pares de dientes que han dejado de ser funcionales para la alimentación. El tamaño de los organismos se encuentra entre 4 m en el mesoplodonte pigmeo (*Mesoplodon peruvianus*), hasta 12 m en el zífido de Baird (*Berardius bairdii*). Se consideran especies oceánicas, prefieren zonas con profundidad mayor a 200 m. Su dieta se constituye por organismos de aguas profundas como calamares, peces y en algunas especies, crustáceos (Berta *et al*. 2015, MacLeod 2018).

En el estado se tienen registros de seis especies de esta familia, la mayoría de los reportes son de organismos varados. El zifio de Cuvier (*Ziphius cavirostris*, figura 8) que se distribuye en aguas templadas y tropicales de todo el mundo; en el estado se han registrado cinco varamientos en el golfo de California, tres de ellos en la bahía de La Paz (Urbán R. *et al*. 2020). El zífido de Baird (*Berardius bairdii*) y el mesoplodonte japonés (*Mesoplodon ginkgodens*) se distribuyen en aguas templado-frías del Pacífico norte; el primero se ha encontrado varado en cinco ocasiones en la bahía de La Paz y para el segundo, el único registro en el estado es un cráneo encontrado en la playa de Malarrimo en la costa occidental de la península (Leatherwood *et al*. 1982).

El mesoplodonte pigmeo (*M. peruvianus*) de aguas tropicales del Pacífico oriental, en la entidad se ha encontrado varado en tres ocasiones en la bahía de La Paz y una al sur en El Cardonal, todas dentro del golfo. Asimismo, se tiene el registro de un varamiento de la única especie del género *Indopacetus* (Urbán R. y Pérez-Cortés 2000, Urbán R. 2010). Finalmente, el mesoplodonte de Blainville (*M. densirostris*) se distribuye en aguas tropicales de todo el mundo; el único avistamiento corresponde a un individuo varado y liberado vivo en la bahía de La Paz (cuadro 3). Registros de animales vivos son del zífido de Cuvier (*Ziphius cavirostris*), el zífido de Baird (*Berardius bairdii*) y el mesoplodonte pigmeo (*Mesoplodon peruvianus*, figura 9).

Familia Monodontidae

Incluye dos géneros y dos especies: la beluga (*Delphinapterus leucas*, figura 10) y el narval (*Monodon monoceros*; Berta *et al*. 2015, Heide-Jørgensen 2018). La primera se caracteriza por ser de color blanco cuando son adultos, presenta un melón prominente, cuello flexible, sin aleta dorsal, llegan medir hasta 5.5 m de largo, los machos son más grandes que las hembras. Se distribuye principalmente en aguas del Ártico,

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Figura 7. Cachalote enano (*Kogia sima*), representante de la familia Physeteridae. Foto: Sergio Martínez.



Figura 8. Zifio de Cuvier (*Ziphius cavirostris*), representante de la familia Ziphiidae. Foto: Sergio Martínez.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

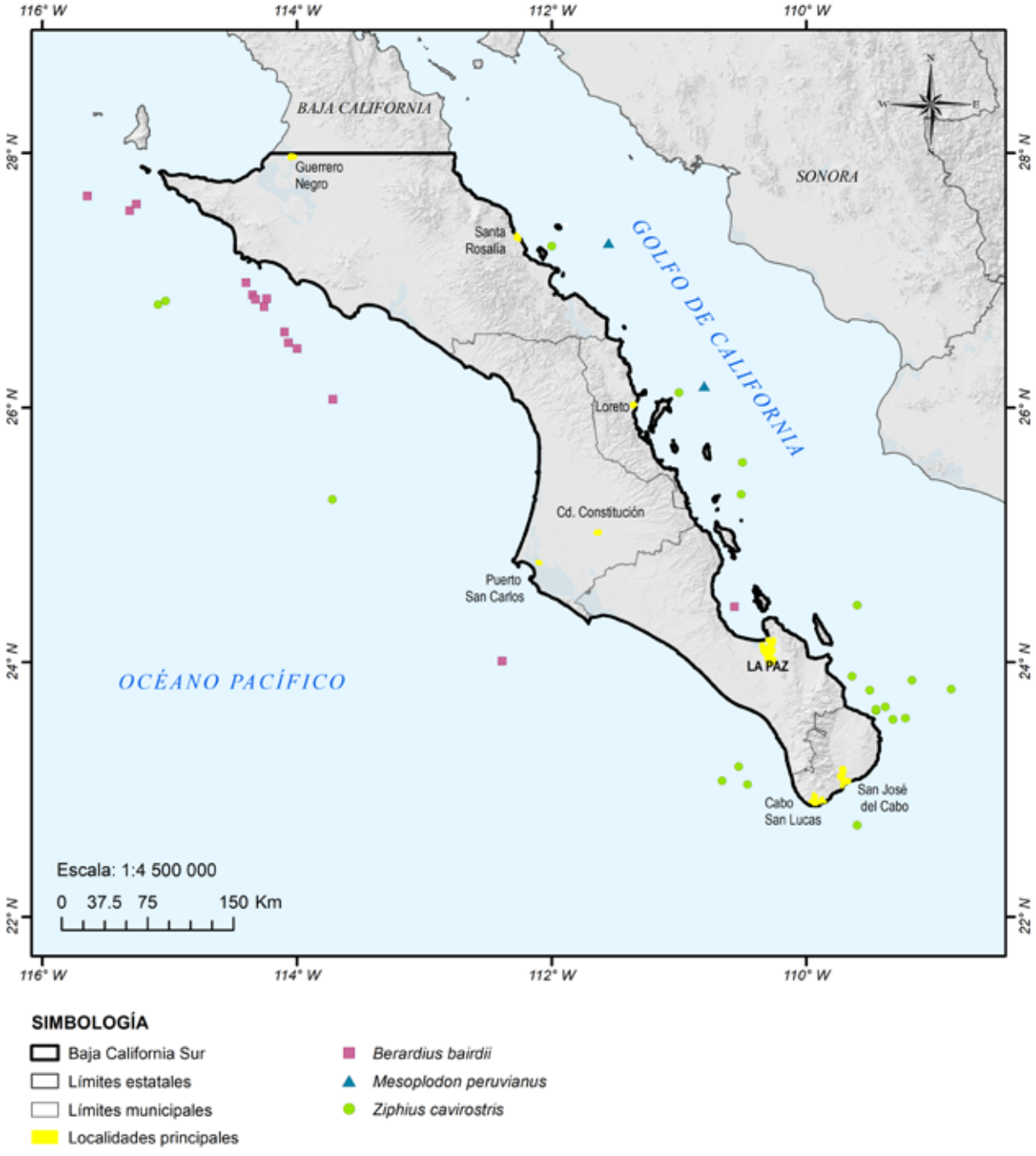


Figura 9. Distribución de avistamientos de tres especies de la familia Ziphiidae. Fuente: elaboración propia con datos de OBIS 2018, PRIMMA-UABCS 2019.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

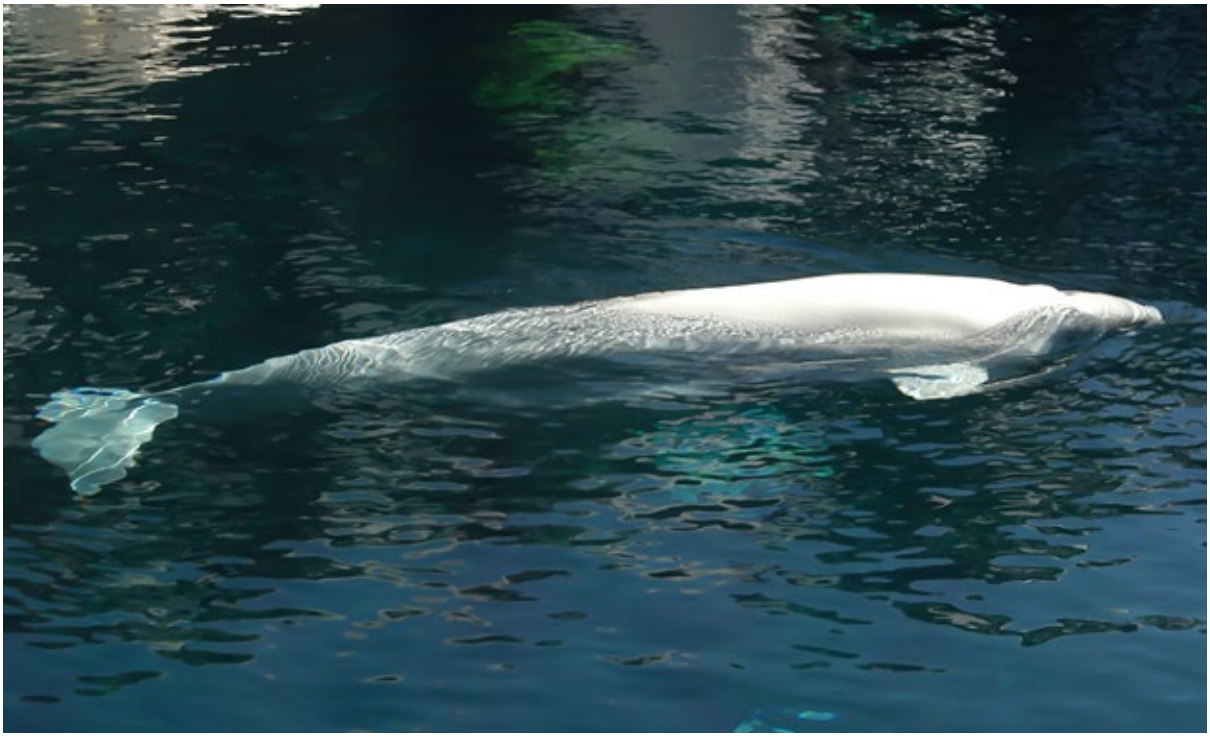


Figura 10. Beluga (*Delphinapterus leucas*), representante de la familia Monodontidae. Foto: Sergio Martínez.

mar de Bering, Chukchi, Beaufort, bahía de Hudson, golfo de Alaska y bahía de San Lorenzo. Se alimenta de peces pelágicos, calamares y otros invertebrados (O'Corry-Crowe 2018). En México solo existe un registro de esta familia. Una beluga varada el 1 de octubre de 2020 en la punta sur de la boca de la laguna de Ojo de Liebre, en la costa del Pacífico. Su presencia en el país se considera extremadamente anormal.

Familia Balaenidae

Se compone de cuatro especies incluidas en dos géneros: *Eubalaena* (ballenas francas) y *Balaena* (ballena de Groenlandia). Se caracterizan por presentar cuerpo robusto, miden entre los 13 y 18 m; son de rostro arqueado y tienen las barbas más largas entre todas las ballenas, llegando a medir 2.8 m. No presentan aleta dorsal, ni surcos en la garganta (figura 11). Se distribuyen en zonas templadas y polares de ambos hemisferios. Su alimentación es a base de crustáceos, que incluye krill y copépodos (Berta 2015).

En la entidad, la ballena franca del Pacífico norte (*Eubalaena japonica*) se ha observado en dos ocasiones: 1970 y 1999. Esta especie se distribuye en latitudes altas con aguas frías del Pacífico norte y se considera rara en el estado (Gendron 2000c).

Familia Balaenopteridae

Es la familia más diversa del suborden Mysticeti, contiene ocho especies incluidas en dos géneros: *Megaptera* y *Balaenoptera* (figura 12). Las características generales que comparten son la presencia de surcos en la región de la garganta, presencia de aleta dorsal y cráneo aplanado. El tamaño para estas especies va desde 8 m (ballena minke) hasta 33 m (ballena azul). Se distribuyen en todos los océanos del mundo y la mayoría son migratorias. La dieta varía según la especie: las hay especialistas en copépodos, krill y peces (Berta 2015).

En las costas sudcalifornianas se distribuyen seis de las ocho especies de esta familia. Dos de ellas son migratorias: la ballena azul (*B. musculus*) y la ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*, figura 13); dos están presentes todo el año: el rorcual común (*Balaenoptera physalus*, figura 14) y el rorcual tropical (*B. edeni*); y dos tienen registros esporádicos: la ballena de Sei

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Figura 11. Ballena franca del Pacífico norte (*Eubalaena japonica*), representante de la familia Balaenidae. Ilustración: Alejandra Saavedra/PRIMMA-UABCS.



Figura 12. Rorcual tropical (*Balaenoptera edeni*), representante de la familia Balaenopteridae. Foto: Sergio Martínez.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

(*B. borealis*) y la ballena Minke (*B. acutorostrata*, figura 15). De estas últimas, en 10 años de monitoreo se tienen únicamente cuatro registros para la ballena de Minke y seis para el rorcual de sei; a diferencia de los rorcuales común y tropical, que tienen poblaciones residentes en el golfo de California (Urbán R. 2010).

De las especies migratorias, la ballena azul se congrega principalmente en la bahía de Loreto, pero pueden verse esporádicamente en todo el golfo de California; sin embargo, sus registros más frecuentes incluyen una franja continua hasta la bahía de La Paz (donde se han presentado 3 varamientos) y en la costa del Pacífico (2 varamientos). De acuerdo con el número de registros, para la ballena jorobada la región más importante incluye las costas de Cabo San Lucas hasta Cabo Pulmo. A diferencia de la ballena azul, los reportes de la ballena jorobada forman una franja continua hasta la bahía de Loreto; además, se tienen registros de 24 varamientos: 10 en el golfo de California, 2 en Los Cabos y 12 en la costa del Pacífico.

La población del rorcual común tiene un tamaño calculado de 656 individuos (con un intervalo de confianza al 95%, de 374 a 938 individuos; Díaz-Guzmán 2006); asimismo, está genéticamente aislada (Bérubé *et al*. 2002), presenta una baja diversidad genética ($\pi = 0.00052$; Rivera-León 2014), y se sabe que existen diferencias en sus patrones de vocalización con respecto a las poblaciones del Pacífico norte (Thompson *et al*. 1992), por lo que es de gran interés en temas de evolución y conservación. Para esta especie se han registrado ocho varamientos: 7 en el golfo de California y 1 en la costa del Pacífico. Del rorcual tropical el tamaño poblacional calculado es de 400 individuos (Urbán R. y Flores 1996); su diversidad genética es de $\pi = 0.0111$, y existen diferencias acústicas entre los individuos de la región norte y los de la región sur del estado (Viloria 2015). Se conocen 10 varamientos, todos ellos en la bahía de La Paz.

Familia Eschrichtiidae

Esta familia solo contiene a una especie, la ballena gris (*Eschrichtius robustus*, figura 16). Se caracteriza por presentar cuerpo robusto, alcanza una longitud de hasta 15.3 m, no presenta aleta dorsal, en su lugar tiene una hilera de gibas o jorobas (Swartz 2018). La coloración del cuerpo es gris claro con manchas blancas; en general presenta ciámidos y balanos, que en algunas ocasiones la hacen ver con tonos amarillentos en algunas partes del cuerpo (Berta 2015). Es una especie migratoria, se alimenta en aguas costeras del mar de Bering, particularmente en la cuenca del Chirikov.

Se reproduce en temporada invernal en costas mexicanas, en particular en las lagunas de Ojo de Liebre, San Ignacio, complejo lagunar bahía Magdalena-Almejas y Canal de Santo Domingo, y se alimenta de anfípodos bentónicos (Swartz 2018). También tiene registros, aunque en menor número, en la costa del golfo de California, desde Los Cabos hasta la bahía de Loreto (figura 13; Urbán R. *et al*. 2003). La ballena gris es el cetáceo con más reportes de varamientos en el estado, ya sea en las costas del golfo (10 varamientos), el complejo lagunar bahía Magdalena-Almejas (14), la laguna San Ignacio (44) o la laguna de Ojo de Liebre y alrededores (261, cuadro 3).

Carnívoros

Familia Otariidae

Esta familia incluye 15 especies agrupadas en siete géneros. Comparten la característica de tener orejas pequeñas, que están ausentes en focas y morsas. Dentro de las especies del grupo se encuentran los lobos finos (subfamilia Arctocephaline) y lobos marinos (Otariinae, figura 17). Algunas diferencias entre ellos radican en que los lobos finos son más pequeños y con doble capa de pelo, con respecto a los lobos marinos. Del total de especies, 12 se distribuyen en el hemisferio Sur y 3 en el hemisferio Norte. Se les considera generalistas: su dieta se compone por diversas especies de peces, calamares y crustáceos, y en algunos casos incluyen aves marinas y crías de otros otáridos (Chilvers 2018).

La familia de los lobos marinos y finos tiene dos representantes en el estado: el lobo marino de California (*Zalophus californianus*, figura 17) y el lobo fino de Guadalupe (*Arctocephalus townsendi*, figura 18). El primero de ellos presenta cuatro colonias reproductivas, tres en la costa del Pacífico (isla Asunción con 4 400 individuos, isla Natividad con 2 000, e isla Santa Margarita con alrededor de 3 000; Ascencio 2010,

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

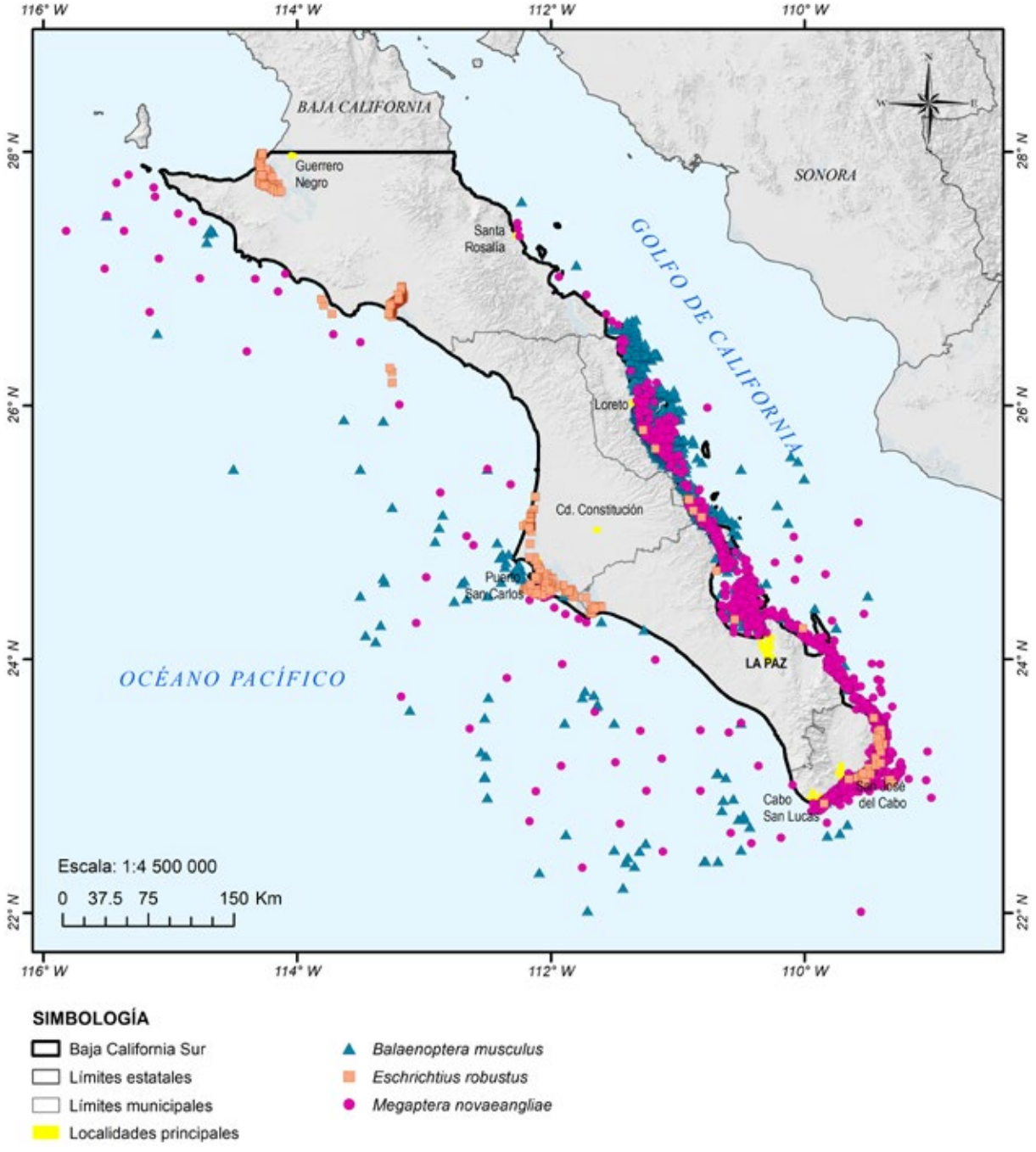


Figura 13. Distribución de avistamientos de ballenas que migran. Fuente: elaboración propia con datos de OBIS 2018, PRIMMA-UABCS 2019.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Figura 14. Individuo de rorcual común (*Balaenoptera physalus*) en la bahía de La Paz. Foto: Lorena Viloria.

Milanés-Salinas 2012); y una en la costa del golfo de California (Los Islotes en bahía de La Paz, con alrededor de 600 animales; Adame *et al.* 2017). Estas abundancias corresponden al verano, cuando es el periodo reproductivo y hay más individuos presentes en tierra. También habitan en colonias de descanso (no reproductivas), en islas como San Marcos, Coronado, La Habana, Las Ánimas, San Rafaelito, Los Frailes, Cabo San Lucas, Punta Lobos y Magdalena (Aurioles-Gamboa y Zavala 1994).

Por su parte, *A. townsendi* no presenta colonias reproductivas adyacentes al estado. Sin embargo, existe una pequeña colonia de descanso en Las Ánimas, así como también hay registros esporádicos (especialmente de jóvenes) en la región, incluyendo Los Islotes y Cabo San Lucas (figura 19). En isla Magdalena hay varamientos de lobos finos (machos especialmente) a lo largo del año y el golfo de Ulloa se argumenta como una zona de alimentación (Aurioles-Gamboa *et al.* 2017, Elorriaga-Verplancken *et al.* 2021). En cuanto a varamientos, el lobo marino de California es el mamífero marino que tiene más registros en el estado: 407 eventos que involucraron 543 animales, prácticamente en todas las costas de la entidad, donde la región con más varamientos corresponde a bahía Magdalena (348, cuadro 3).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

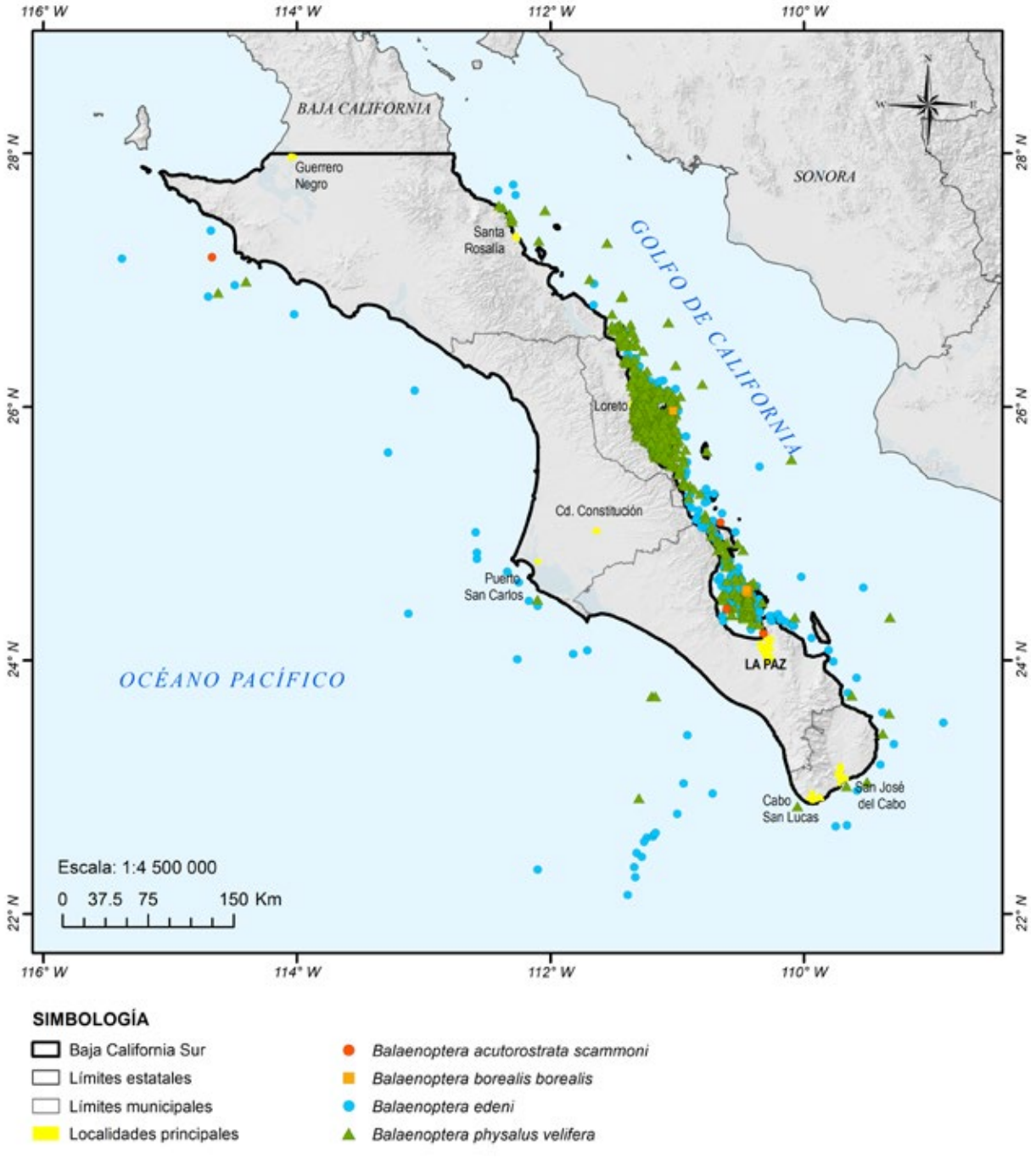


Figura 15. Distribución de avistamientos de los rorcuales presentes todo el año (*Balaenoptera edeni* y *B. physalus velifera*) y ballenas con registros esporádicos (*B. acutorostrata scammoni* y *B. borealis borealis*). Fuente: elaboración propia con datos de OBIS 2018, PRIMMA-UABCS 2019.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Figura 16. Ballena gris (*Eschrichtius robustus*), único represente de la familia Eschrichtiidae. Foto: Sergio Martínez.



Figura 17. Lobos marinos de California (*Zalophus californianus*); en primer plano se observan individuos adultos macho (izquierda) y hembra (derecha). Foto: Fernando Elorriaga.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Figura 18. Lobo fino de Guadalupe (*Arctocephalus townsendi*). Foto: Sergio Martínez.

Familia Phocidae

Incluye 19 especies en 15 géneros, y se caracterizan por no presentar orejas, sus extremidades posteriores están dirigidas hacia atrás y no son funcionales para desplazarse en tierra. Se dividen en las subfamilias Monachinae (que incluye a los fócidos de la Antártica y aguas tropicales y subtropicales del mundo) y Phocinae (que agrupa a los fócidos del hemisferio norte). Se distribuyen en prácticamente todos los océanos del mundo, evitando en general las zonas tropicales y el océano Índico. Su alimentación se compone de calamares y otros invertebrados como anfípodos, además de peces; asimismo, algunas especies incluyen aves y otras focas (Hammill 2018).

La familia de las focas tiene tres representantes en el estado: la foca de puerto o común (*Phoca vitulina*, figura 20), la foca elefante del norte o elefante marino del norte (*Mirounga angustirostris*) y, de manera muy inusual, la foca elefante del sur (*Mirounga leonina*). Durante su época reproductiva (invierno), la foca de puerto se encuentra en tres colonias: isla Natividad (~720 individuos), San Roque (635) y Asunción (275; Lubinsky *et al.* 2017). Por su parte, el elefante marino del norte presenta nacimientos ocasionales en isla Natividad y tanto ellos como las focas presentan registros inusuales en Los Islotes, Cabo San Lucas e isla Magdalena (figura 19; Gallo-Reynoso *et al.* 2010). Se conocen 40 reportes de varamientos de focas de puerto, 37 de ellos en la bahía Magdalena. El primer registro de foca elefante del sur que se conoce corresponde a un macho joven vivo en las playas de La Ribera (23° 36.03' N, 109° 34.55' O), justo al norte del Parque Nacional Cabo Pulmo en el golfo de California, el 4 de septiembre de 2019 (Elorriaga-Verplancken *et al.* 2020).

Familia Mustelidae

A nivel global, esta familia es la más diversa dentro del orden Carnivora. La mayoría de los mustélidos son relativamente pequeños, desde la comadreja común (*Mustela nivalis*) de 11 a 26 cm y 25 g, hasta la nutria

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

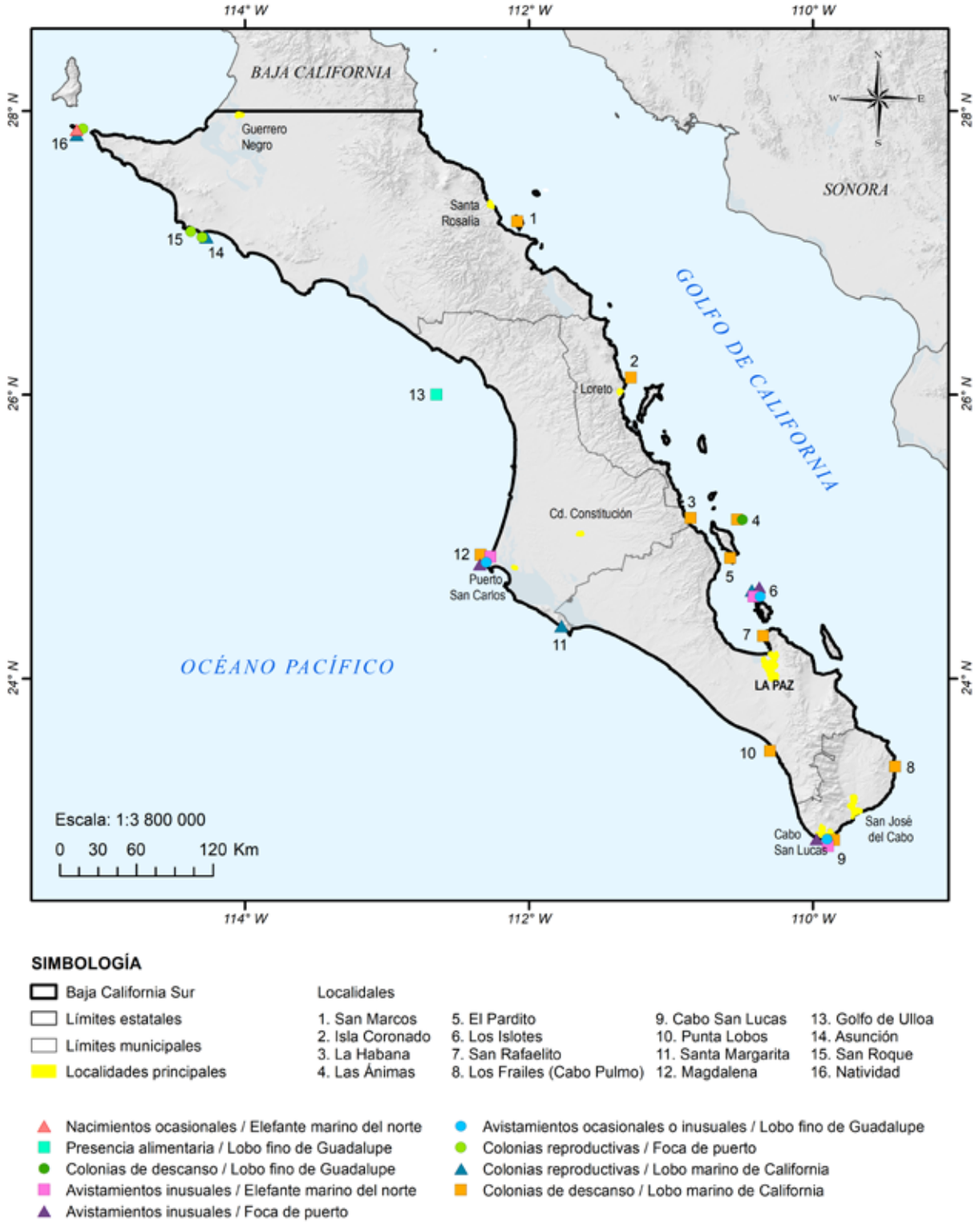


Figura 19. Presencia de pinnípedos (lobos y focas) en costas sudcalifornianas. Fuente: elaboración propia.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Figura 20. Foca de puerto o común (*Phoca vitulina*), representante de la familia Phocidae. Foto: Sergio Martínez.

marina (*Enhydra lutris*) de cerca de 1 m y 25 kg. La mayoría de los mustélidos tienen un cuerpo tubular de piernas cortas un cuello corto y grueso y una cabeza pequeña. Todos poseen glándulas odoríferas anales, cinco dedos en cada pata con garras puntiagudas no retráctiles. Generalmente, los machos son más grandes que las hembras. La mayoría son carnívoros, pero algunos pueden incluir algunas plantas y frutos en sus dietas. Gran parte de las especies son solitarias, excepto los tejones euroasiáticos (*Meles meles*), la nutria marina y algunas nutrias de río como la de América del norte (*Lontra canadensis*; Lariviere 2023).

El único representante marino de esta familia en la entidad es la nutria marina (*Enhydra lutris*, figura 21), que se distribuye en aguas frías y templadas del Pacífico norte. Es una especie muy apreciada por el humano por su piel, lo que provocó su desaparición en la costa occidental de la Península de Baja California; el último registro que se tiene para el estado corresponde a un individuo observado en enero de 1994 en la punta norte de la isla Magdalena (Rodríguez-Jaramillo y Gendron 1996).

Quirópteros

Familia Vespertilionidae

Esta es la familia más diversa del orden Chiroptera, con más de 48 géneros y 407 especies. Se encuentran en todo el mundo (excepto la Antártica), desde los trópicos hasta zonas templadas, incluyendo bosques, espacios abiertos y desiertos. Existe una gran diversidad morfológica entre los integrantes de la familia, pero la mayoría de las especies son pequeñas con un tamaño de 30 a 130 mm y de 40 a 80 g. En general, se caracterizan por una cara sencilla, sin hoja nasal, con ojos y orejas pequeños (ADW 2020). El murciélago pescador mexicano (*Myotis vivesi*) se considera un mamífero marino por depender de la captura de peces en el mar (Niño-Torres *et al*. 2011). Este quiróptero vive en islas de todo el golfo de California, en donde es endémico, y en la entidad se tienen registros desde isla Tortuga (frente a las costas de Santa Rosalía) hasta isla Espíritu Santo (al norte de la ciudad de La Paz; Blood y Clark 1998).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Figura 21. Nutria marina (*Enhydra lutris*), representante de la familia Mustelidae. Foto: Sergio Martínez.

Varamientos

Baja California Sur es el estado con mayor línea costera y el de mayor diversidad de mamíferos marinos del país; al mismo tiempo, presenta el mayor número de varamientos registrados. Entre 1970 y 2020 se reportaron 1 353 varamientos: 378 de seis especies de misticetos y 7 de misticetos sin especie identificada; 393 de 23 especies de odontocetos y 105 de odontocetos sin identificación de la especie; además de 470 de cuatro especies de pinnípedos. Las especies con más varamientos de cada uno de estos grupos fueron la ballena gris (329 eventos, incluyeron 331 individuos), el tursión (78, 78) y el lobo común de California (407, 543). Para facilitar la ubicación de los registros de las especies varadas, se dividió arbitrariamente el estado en 12 secciones (cuadro 3): cinco en el golfo de California, una en la boca del golfo y seis en el océano Pacífico (figura 22).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

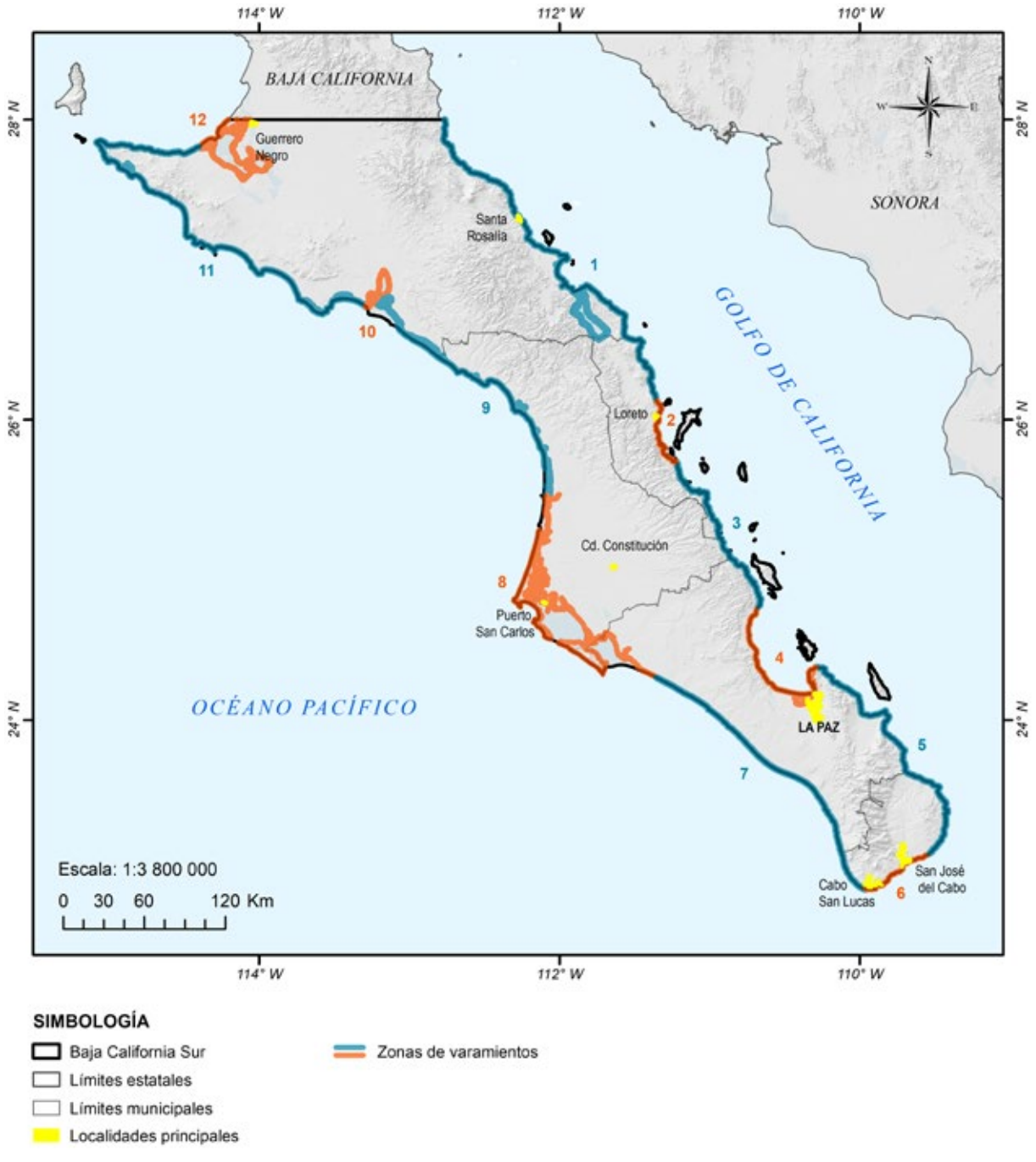


Figura 22. Zonas de varamientos (ver información complementaria en el cuadro 3). Fuente: elaboración propia.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Cuadro 3. Número y especies varadas reportadas para el estado (ver información complementaria en la figura 22).

Nombre común	Zonas de varamientos												Varamientos	Individuos
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Ballena azul				3				1			1		5	5
Rorcual común	2			5				1					8	8
Rorcual tropical				10									10	10
Ballena Minke				1				1					2	2
Ballena jorobada		1		6	3	2	2	7			2	1	24	24
Ballena gris	1	1		8				14		44		261	329	331
Rorcual sin identificar				3							1		4	4
Ballena sin identificar			2	1									3	3
Orca		1		2	1								4	11
Orca pigmea				2									2	3
Orca falsa				2									2	2
Calderón de aletas cortas	3	1		8	1			2					15	45
Calderón pigmeo				1			1						2	2
Delfín de Risso				8	1			2					11	12
Beluga												1	1	1
Delfín de costados blancos				2				9					11	11
Delfín listado				20	1	2	1					1	25	51
Delfín tornillo				5				7				1	13	165
Delfín manchado pantropical					1								1	1
Delfín sin identificar												8	8	8
Delfín de dientes rugosos				19		2		2					23	56
Tursión	1			28	1	3	1	30		8	1	5	78	78
Delfín común de rostro largo	1			10				48			1		60	113
Delfín común de rostro corto				19		1		19					39	55
Delfín común sin identificar		1		6	3		1	22				6	39	39
Cachalote				9	1	1		1			1		13	39
Cachalote pigmeo				1				1				1	3	4
Cachalote enano				23		1		1					25	28
Cachalote sin identificar				1									1	1
Mesoplodonte pigmeo				3	1			1					5	5
Mesoplodonte de Blainville				1									1	1
Mesoplodonte japonés												1	1	1
Zífido de Baird				5									5	22
Zífio de Cuvier				3	2								5	7
Odontoceto sin identificar	1			5		1		79	1		1	17	105	105
Lobo marino de California	7		2	25	2	9	3	348		8		3	407	543
Lobo fino de Guadalupe				2		1						3	6	6

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Cuadro 3. Continuación.

Nombre común	Zonas de varamientos												Varamientos	Individuos
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Foca común				1		1		37				1	40	40
Elefante marino del norte						2		14			1		17	17
Total de varamientos por zona	**16**	**5**	**4**	**248**	**18**	**26**	**9**	**647**	**1**	**60**	**9**	**310**	**1 353**	**1 859**

Zona 1: desde 28.000 N, 112.765 O hasta 26.09955 N, 111.32350 O; zona 2: desde 26.09955 N, 111.32350 O hasta 25.515 N, 111.01791 O; zona 3: desde 24.805 N, 110.655 O y hasta donde inicia la zona 4; zona 4: desde 24.35216 N, 110.29728 O y hasta donde inicia la zona 5; zona 5: desde 23.07183 N, 109.62654 O y hasta donde inicia la zona 6; zona 6: región Los Cabos desde San José del Cabo hasta el arco de Cabo San Lucas (22.87577 N, 109.89447 O); zona 7: del noroeste del arco de Cabo San Lucas al límite sur de la bahía Almejas (24.33763 N, 111.46366 O); zona 8: el complejo lagunar bahía Magdalena-Almejas, incluyendo Cabo San Lázaro y el canal de Santo Domingo (25.26247 N, 112.12893 O); zona 9: la bahía Ulloa desde el sur de puerto Adolfo López Mateos hasta la porción sur de la boca de la laguna San Ignacio (26.70647 N, 113.27475 O); zona 10: la laguna San Ignacio; zona 11: de la parte norte de la boca de la laguna San Ignacio (26.740818 N, 113.28162 O) hasta Punta Eugenia (27.84796 N, 115.08214 O), incluyendo Punta Abreojos y bahía Tortugas; zona 12: desde Punta Eugenia hasta el límite con Baja California (28.08746 N, 114.13055 O), incluyendo la playa Malarrimo, la laguna Ojo de Liebre y la isla Arenas. Fuente: PRIMMA-UABCS 2019, Mercuri 2007, Red Nacional de Varamientos de la Sociedad Mexicana de Mastozoología Marina A.C. 2018, Urbán R. *et al.* 2020,

Amenazas y acciones de conservación

Las principales amenazas para los mamíferos marinos en las costas del estado, son similares a las que enfrentan en diversas partes del mundo: interacciones con artes de pesca, colisiones con embarcaciones, degradación del hábitat por contaminación química, ruido y desarrollo urbano (Guerrero *et al.* 2006, Simmonds 2016). Las especies más afectadas por sus interacciones con actividades pesqueras son los lobos marinos de California, que se enredan en redes agalleras, particularmente en la bahía de La Paz y en Los Cabos (figura 23); la ballena jorobada también con redes agalleras principalmente en las costas entre Loreto y Los Cabos (figura 24); y la ballena gris con cabos de trampas de langosta en las lagunas de reproducción de la costa occidental (Aurioles-Gamboa *et al.* 2003, Urbán R. *et al.* 2017, Viloria *et al.* 2022). Por su parte, las colisiones con embarcaciones están documentadas en las cicatrices que dejan en ballenas jorobadas (figura 25), grises, azules y rorcuales comunes, entre otros; sin embrago éstas solo representan los eventos que no fueron letales para las ballenas (Jiménez-López 2019).

El turismo de observación de ballenas y delfines es una actividad muy importante en el estado, es la manera de explotar económicamente a los cetáceos y por lo tanto tiene un impacto socioeconómico. Los principales lugares de observación de cetáceos son las lagunas costeras de la costa occidental para la ballena gris, la bahía de Loreto para la ballena azul y el rorcual común, y Los Cabos para la ballena jorobada. Esta actividad es potencialmente nociva para las ballenas si no se respeta su normatividad (SEMARNAT 2011). El principal problema se presenta en Los Cabos con las ballenas jorobadas, por el intenso tráfico marino, incluidas las motos acuáticas (Urbán R. y Viloria-Gómora 2021).

Otra actividad relacionada con los mamíferos marinos es el nado con cetáceos, lo que en México es una actividad ilegal. Sin embargo, ha ido en aumento, tanto en términos de especies objetivo como de lugares donde se lleva a cabo. En Baja California Sur los sitios que ofrecen nado con cetáceos son principalmente el canal de Cerralvo, en las cercanías de Cabo Pulmo, la Bahía de La Paz, la región de San José del Cabo y Cabo San Lucas, así como la costa suroeste de la Península de Baja California desde Cabo San Lucas hasta Bahía Magdalena. En esta actividad los cetáceos son avistados por avionetas. Una vez encontrados, los barcos

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Figura 23. Lobo común de California (*Zalophus californianus*) con líneas de una red de pesca. Foto: Pamela Martínez.



Figura 24. Ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) enredada con red de pesca, en la región Los Cabos. Foto: Jorge Urbán.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Figura 25. Ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) con cicatrices producidas por la propela de una embarcación mediana. Foto: Pamela Martínez.

son avisados y llegan a gran velocidad, rodean a los organismos y los turistas saltan al agua, generalmente delante de los cetáceos, para al menos verlos pasar. Las especies de cetáceos de interés en esta actividad incluyen ballenas jorobadas, orcas, ballenas azules, rorcual tropical, cachalotes y calderones de aletas cortas (Urbán R. y Viloria-Gómora 2021). Otras amenazas para los mamíferos marinos en el estado son la minería submarina y el transporte de gas licuado, donde se utilizan grandes embarcaciones a lo largo del golfo de California (Urbán R. *et al.* 2025).

Las acciones de conservación de los mamíferos marinos en la entidad incluyen las leyes y normas federales relacionadas, como la Ley General de Vida Silvestre (SEMARNAP 2000) y la NOM-131 (SEMARNAT 2011) del avistamiento de ballenas. Uno de los instrumentos más efectivos en la conservación y manejo de los mamíferos marinos en el mundo es el establecimiento de áreas naturales protegidas (ANP) y Baja California Sur es una de las entidades con mayor superficie protegida en el país (CONANP 2020). Por su relación con los mamíferos marinos, destacan la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno, donde se encuentran bajo protección las principales lagunas de reproducción y crianza de la ballena gris (SEMARNAP 1988); el Parque Nacional Bahía de Loreto en la conservación de la ballena azul, rorcual común y varias especies más (SEMARNAP 1996); el Parque Nacional Cabo Pulmo (SEMARNAP 1995); el Área de Protección de Flora y Fauna Cabo San Lucas en la conservación de la ballena jorobada (SEMARNAP 1973); y Parque Nacional Zona Marina del Archipiélago de Espíritu Santo en la protección del lobo marino de California (SEMARNAT 2007).

Finalmente, derivado de un estudio sobre las regiones prioritarias para la conservación de grandes ballenas en el golfo de California y costa occidental de la Península de Baja California, se propone la creación de dos corredores biológicos que funcionen con la categoría de Programas de Protección Regional, en la costa entre Loreto y Cabo San Lucas (Urbán R. y Viloria

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

2022) y otro entre bahía Almejas y laguna San Ignacio (Viloria *et al*. 2022).

Conclusiones

Baja California Sur alberga una importante diversidad de mamíferos marinos, por lo que ocupa el primer lugar de las entidades del país con la mayor cantidad de especies y subespecies: 36 (29 de cetáceos, 6 de carnívoros y 1 de quirópteros). Su presencia en el estado favorece actividades económicas muy relevantes, como el turismo de observación, por lo que es necesario atender las indicaciones de la normatividad correspondiente. En el caso del nado con cetáceos, se requiere regular la actividad. Las colisiones con embarcaciones, el enredamiento en artes de pesca y las modificaciones de su hábitat son sus principales amenazas; por ello, se requiere atender estos factores de presión para mantener los beneficios socioeconómicos y ambientales que se derivan de los mamíferos marinos.

Referencias

Adame, K., M.A. Pardo, C. Salvadeo *et al*. 2017. Detectability and categorization of California sea lions using an unmanned aerial vehicle. *Marine Mammal Science* 33:913-925.

ADW. Animal Divesity Web. 20210. *Family Vespertilionidae*. En: <https://animaldiversity.org/accounts/Vespertilionidae/>, última consulta: 12 de diciembre de 2020.

Ascencio, E.H. 2010. *Evaluación de la mortalidad del lobo marino de California (Zalophus californianus) en isla Magdalena, BCS*, México. Tesis de maestría. CICIMAR-IPN, La Paz.

Aurioles-Gamboa, D. y A. Zavala. 1994. Algunos factores ecológicos que determinan la distribución y abundancia del lobo marino *Zalophus californianus*, en el golfo de California. *Ciencias Marinas* 20:535-553.

Aurioles-Gamboa, D., N. Pablo y P. Rosas. 2017. Guadalupe fur seal population expansion and its post-breeding male migration to the gulf of Ulloa. En: *Tropical pinnipeds, bio-ecology, threads and conservation*. J.J. Alava (ed.). CRC Press, Boca Ratón, pp. 91-118.

Aurioles-Gamboa, D., F. García-Rodríguez, M. Ramírez-Rodríguez *et al*. 2003. Interacción entre el lobo marino de California y la pesquería artesanal en la bahía de La Paz, golfo de California, México. *Ciencias Marinas* 29:357-370.

Berta, A. (ed.). 2015. *Whales, dolphins, and porpoises: a natural history and species guide*. University of Chicago Press, EUA.

Berta, A., J.L. Sumich y K.M. Kovacs. 2015. *Marine mammals: evolutionary biology*. Elsevier, EUA.

Bérubé, M., J. Urbán R., A.E. Dizon *et al*. 2002. Genetic identification of a small and highly isolated population of fin whales (*Balaenoptera physalus*) in the Sea of Cortez, Mexico. *Conservation Genetics* 3:183-190.

Blood, B.R. y M.K. Clark. 1998. *Myotis vivesi*. *Mammalian Species* 588:1-5.

CITES. Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. 2019. *Apéndices*. En: <https://www.cites.org/esp/app/appendices.php>, última consulta: julio de 2019.

Chilvers, B.L. 2018. Eared seals, Otariidae. En: *Encyclopedia of marine mammals*. B. Würsig, J.G.M. Thewissen y K.M. Kovacs (eds.). Academic Press, San Diego, pp. 281-284.

CONANP. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 2020. *Áreas Naturales Protegidas de México*. En: <http://sig.conanp.gob.mx/website/pagsig/anps_decretadas/lista_anps.pdf>: última consulta: 20 de abril de 2018.

Díaz-Guzmán, C. 2006. *Abundancia y movimientos del rorcual común, Balaenoptera physalus, en el golfo de California*. Tesis de maestría. UNAM, México.

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(2):137-145.

Elorriaga-Verplancken, F.R., A. Paniagua-Mendoza, C.J. Hernández-Camacho *et al*. 2021. A new Guadalupe fur seal colony in the Gulf of California? Ecological and conservation implications. *Aquatic Mammals* 47(1):1-9.

Gallo-Reynoso, J.P., O. Maravilla y C.J. Navarro. 2010. Registros nuevos de pinnípedos no-residentes en el golfo de California, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 81:209-213.

Gendron, D. 2000a. Familia Physeteridae. En: *Mamíferos marinos del noroeste de México II*. S.T. Álvarez-Castañeda y J.L. Patton (eds.). CIBNOR, La Paz, pp. 635-637.

—. 2000b. Familia Kogiidae. En: *Mamíferos marinos del noroeste de México II*. S.T. Álvarez-Castañeda y J.L. Patton (eds.). CIBNOR, La Paz, pp. 639-641.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

—. 2000c. Familia Balaenidae. En. *Mamíferos marinos del noroeste de México II*. S.T. Álvarez-Castañeda y J.L. Patton (eds.). CIBNOR, La Paz, pp. 685-687.

Guerrero, R.M., J. Urbán R. y L. Rojas. 2006. *Las ballenas del golfo de California*. SEMARNAT/INE, México.

Heide-Jørgensen, M.P. 2018. NARWHAL, *Monodon monoceros*. En: *Encyclopedia of marine mammals*. B. Würsig, J.G.M. Thewissen y K.M. Kovacs (eds.). Academic Press, San Diego, pp. 627-631.

Hammill, M.O. 2018. Earless seals, Phocidae. En: *Encyclopedia of marine mammals*. B. Würsig, J.G.M. Thewissen y K.M. Kovacs (eds.). Academic Press, San Diego, pp. 284-289.

Jefferson, T.A. y R. Leduc. 2018. Delphinids, Overview. En: *Encyclopedia of marine mammals*. B. Würsig, J.G.M. Thewissen y K.M. Kovacs (eds.). Academic Press, San Diego, pp. 676-678.

Jefferson, A.T., A.M. Webber y L.R. Pitman. 2015. *Marine mammals of the world, A comprehensive guide to their identification*. Academic Press, EUA.

Jiménez-López, M.E. 2019. *Propuesta de áreas prioritarias para la conservación de grandes ballenas del golfo de California*. Tesis de doctorado. UABCS, Baja California Sur.

Lariviere, S. 2023. *Mustelid. Encyclopedia Britannica*. En: <https://www.britannica.com/animal/mustelid>, última consulta: septiembre de 2023.

Leatherwood, S., R.R. Reeves, W.F. Perrin y W.E. Evans. 1982. *Whales, dolphins and porpoises of the eastern North Pacific and adjacent Arctic waters: a guide to their identification*. Technical Report. NOAA/NMFS, EUA.

Lubinsky, J.D., Y. Schramm y G. Heckel. 2017. The Pacific harbor seal's (*Phoca vitulina richardii*) breeding colonies in Mexico: abundance and distribution. *Aquatic Mammals* 43:73-81.

MacLeod, C.D. 2018. Beaked whales, Overview. En: *Encyclopedia of marine mammals*. B. Würsig, J.G.M. Thewissen y K.M. Kovacs (eds.). Academic Press, San Diego, pp. 936-938.

Mcalpine, D.F. 2018. Pygmy and dwarf sperm whales. En: *Encyclopedia of marine mammals*. B. Würsig, J.G.M. Thewissen y K.M. Kovacs (eds.). Academic Press, San Diego, pp. 936-938.

Medrano, G.L. y J. Urbán R. 2019. Mamíferos marinos: identidad, diversidad y conservación. *Ciencia* 70(3):8-17.

Mercuri, M. 2007. *Varamientos de mamíferos marinos en isla Magdalena, BCS, México y su relación con factores físicos y biológicos*. Tesis de maestría. CICIMAR-IPN, La Paz.

Milanés-Salinas, M.A. 2012. *Abundancia y distribución del lobo marino de California (Zalophus californianus) en el Pacífico mexicano*. Tesis de maestría. UABC, Ensenada.

Niño-Torres, C.A., J. Urbán R. y O. Vidal. 2011. *Mamíferos marinos del golfo de California: guía ilustrada*. Publicación Especial No. 2. Alianza WWF México/Telcel, México.

OBIS. Ocean Biogeographic Information System. 2018. *Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO*. En: <https://obis.org/>, última consulta: septiembre de 2023.

O'Corry-Crowe, G.M. Beluga whale, *Delphinapterus leucas*. En: *Encyclopedia of marine mammals*. B. Würsig, J.G.M. Thewissen y K.M. Kovacs (eds.). Academic Press, San Diego, pp. 93-96.

Pérez-Cortés, H., B. Villa-Ramírez, A. Delgado-Estrella y J.L. Patiño-Valencia. 2000. En: *Mamíferos marinos del noroeste de México II*. S.T. Álvarez-Castañeda y J.L. Patton (eds.). CIBNOR, La Paz, pp. 597-626.

PRIMMA-UABCS. Programa de Investigación de Mamíferos Marinos de la Universidad Autónoma de Baja California Sur. 2019. *Registros de mamíferos marinos en Baja California Sur*. México (inédito).

Red Nacional de Varamientos de la Sociedad Mexicana de Mastozoología Marina Marinos A.C. 2018. En: <http://rednac-varamientos-somemma.blogspot.mx>, última consulta: 15 de abril de 2018.

Rice, D.W., 1998. *Marine mammals of the world: systematics and distribution*. Special Publication 4. The Society for Marine Mammalogy, EUA.

Rivera-León, V.R. 2014. *How vulnerable are the fin whales (Balaenoptera physalus) in the Gulf of California? Research Report*. Tesis de maestría. University of Groningen, Holanda.

Rodríguez-Jaramillo, M.C. y D. Gendron. 1996. Report of a sea otter, *Enhydra lutris*, off the coast of Isla Magdalena, Mexico. *Marine Mammal Science* 12:153-157.

SEMARNAP. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. 1973. *Decreto por el que se declara Área de Proyección de Flora y Fauna de Cabo San Lucas, ubicado en el Municipio de Los Cabos, B.C.S.* Publicado el 29 de noviembre de 1973 en el Diario Oficial de la Federación. Última modificación publicada el 7 de junio de 2000.

—. 1988. *Decreto por el que se declara la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno, ubicada en el Municipio de Mulegé, B.C.S.* Publicado el 5 de diciembre de 1988 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.

—. 1995. *Decreto por el que se declara área natural protegida con el carácter de Parque Marino Nacional, la zona conocida como Cabo Pulmo, ubicada frente a las costas del Municipio de Los Cabos, B.C.S.* Publicado el 6 de junio de 1995 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.

—. 1996. *Decreto por el que se declara el Parque Nacional Bahía de Loreto, ubicado en el Municipio de Loreto, B.C.S.* Publicado el 19 de julio de 1996 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

—. 2000. *Ley General de Vida Silvestre.* Publicada el 3 de julio de 2000 en el Diario Oficial de la Federación. Última reforma publicada el 19 de enero de 2018.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2007. *Decreto por el que se declara Parque Nacional a la Zona Marina del Archipiélago de Espíritu Santo, ubicado en el Municipio de La Paz, B.C.S.* Publicado el 10 de mayo de 2007 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.

—. 2011. *Norma Oficial Mexicana NOM-131-SEMARNAT-2010, que establece lineamientos y especificaciones para el desarrollo de actividades de observación de ballenas, relativas a su protección y la conservación de su hábitat.* Publicada el 17 de marzo de 2011 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.

Simmonds, M.P. 2016. Marine mammals and multiple stressors: implications for conservation and policy. En: *Marine mammal ecotoxicology*. M.C. Fossi y C. Panti (eds.). Academic Press, Oxford, pp. 459-470.

Society for Marine Mammals. 2020. En: <https://www.marinemammalscience.org/species-information/list-marine-mammal-species-subspecies/>, última consulta: 25 de noviembre de 2020.

Swartz, S.L. 2018. Gray whale. En: *Encyclopedia of marine mammals.* B. Wursig, J.G.M. Thewissen y K.M. Kovacs (eds.). Academic Press, San Diego, pp. 423-428.

Thompson, P.O., L.T. Findley y O. Vidal. 1992. 20-Hz pulses and other vocalizations of fin whales, *Balaenoptera physalus*, in the Gulf of California, Mexico. *The Journal of the Acoustical Society of America* 92:3051-3057.

UICN. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. 2020. *Lista Roja de especies amenazadas*. En: <https://www.iucn.org/resources/conservation-tools/iucn-red-list-threatened-species>, última consulta: diciembre de 2020.

Urbán R., J. 2010. Marine mammals of the Gulf of California: an overview of diversity and conservation status. En: *The Gulf of California. Biodiversity and conservation. Arizona-Sonora Desert Museum Studies in Natural History.* R.C. Brusca (ed.). University of Arizona Press, EUA, pp. 188-209.

Urbán R., J. y R.S. Flores. 1996. A note on bryde's whales (*Balaenoptera edeni*) in the Gulf of California, Mexico. *Report International Whaling Commission* 46:453-457.

Urbán R., J. y H. Pérez-Cortés. 2000. Familia Ziphiidae. En: *Mamíferos marinos del noroeste de México II*. S.T. Álvarez-Castañeda y J.L. Patton (eds.). CIBNOR, La Paz, pp. 643-653.

Urbán R., J. y L. Viloria-Gómora. 2021. Challenges of whale watching and swim with dolphins in Mexico. *Frontiers in Marine Science* 8:624596.

J. Urbán R. y L. Viloria. 2022. *Programas de protección regional de áreas prioritarias de grandes ballenas en el golfo de California y costa occidental de Baja California Sur. Propuestas de conservación*. UABCS, Baja California Sur.

Urbán R., J., A. Frisch y S. Martínez-Aguilar. 2017. Comprehensive assessment of north Pacific humpback whales En: *Report on the humpback whale entanglements in the Mexican Pacific (2004-2017).* International Whaling Commission Scientific Committee, Cambridge.

Urbán R., J., L. Viloria-Gómora y P. Martínez-Loustalot. 2025. *Impacto del Proyecto Saguaro Energía GNL a los cetáceos en el golfo de California*. Programa de Investigación de Mamíferos Marinos-UABCS, Baja California Sur.

Urbán R., J., S. Martínez, L. Viloria *et al*. 2020. Varamientos de mamíferos marinos en la bahía de La Paz, B.C.S., México. En: *La bahía de La Paz: biodiversidad, procesos ecológicos y sociales.* R. Riosmena R., J.M. López V., E.A. Gómez Gallardo U. *et al.* (coords.). UABCS, Baja California Sur, pp. 866-931.

Urbán R., J., L. Rojas-Bracho, H. Pérez-Cortés *et al*. 2003. A review of gray whales on their wintering grounds in Mexican waters. *Journal of Cetacean Research and Management* 5:281-295.

Urbán R., J., L. Rojas-Bracho, M. Guerrero-Ruiz *et al*. 2005. Cetacean diversity and conservation in the Gulf of California. En: *Biodiversity, ecosystems, and conservation in Northern Mexico*. J.E. Cartron, G. Ceballos y R.S. Felger (eds.). Oxford University Press, Oxford, pp. 276-297.

Viloria, L. 2015. *Estructura poblacional del rorcual tropical (Balaenoptera edeni brydei), en el Golfo de California con base en técnicas acústicas y moleculares*. Tesis de doctorado. UABCS, Baja California Sur.

Viloria, L., J. Urbán R., M.E. Manríquez B. *et al.* 2022. Propuesta de programa de protección regional del área de refugio de la ballena gris en la región Bahía Magdalena a laguna San Ignacio, B.C.S. En: *Programas de protección regional de áreas prioritarias de grandes ballenas en el golfo de California y costa occidental de Baja California Sur. Propuestas de conservación*. J. Urbán R. y L. Viloria (eds.). UABCS, Baja California Sur, pp. 16-76.

Wang, J.Y., K.N. Riehl y S.Z. Dungan. 2014. Family Delphinidae. En: *Handbook of the mammals of the world. 4. Sea Mammals*. D.E. Wilson y R.A. Mittermeier (eds.). Lynx Editions, EUA, pp. 242-246.

Whithead, H. 2018. Sperm whale, *Physeter microcephalus*. En: *Encyclopedia of marine mammals*. B. Würsig, J.G.M. Thewissen y K.M. Kovacs (eds.). Academic Press, San Diego, pp. 919-925.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

La ballena gris en laguna San Ignacio

Enrique Alejandro Gómez Gallardo Unzueta, Jorge Urbán Ramírez y Sergio Martínez Aguilar

Introducción

De acuerdo con la Comisión Ballenera Internacional (IWC 2019), de las 12 especies de ballenas con barbas conocidas en el mundo, la ballena gris (*Eschrichtius robustus*) es la única que pertenece a la familia Eschrichtiidae. Habita solo en el Pacífico norte, aunque el registro fósil indica que alguna vez habitó en el Atlántico norte (Barnes y McLeod 1984, Mead y Mitchell 1984). Actualmente está representada por dos poblaciones: la casi extinta población asiática y la población americana (Rice y Wolman 1971).

La ballena gris es uno de los cetáceos mejor estudiados en el mundo, debido a que viven en aguas no muy profundas cercanas a la costa. Cada invierno realizan una de las migraciones más largas entre los mamíferos: se desplazan más de 8 000 km desde sus zonas de alimentación en las aguas circumpolares de los mares de Chukchi y Beaufort, hasta algunas lagunas de la costa occidental de Baja California Sur, en donde realizan sus actividades de reproducción (figuras 1 y 2; Rice y Wolman 1971).

Esta especie fue cazada intensamente durante el siglo XIX y principios del XX, principalmente por balleneros estadounidenses, noruegos, ingleses y rusos, hasta mediados del siglo XX (Swartz *et al.* 2006), cuando se consideraban como una presa accesible. Lo anterior provocó que la población del Pacífico norte se redujera de manera dramática, a grado tal, que en la actualidad la población coreana cuenta con menos de 200 individuos (después de haber tenido varios miles), por lo que se considera en peligro crítico (Weller *et al.* 2012). La población americana también se redujo de más de 20 mil ballenas a unos pocos miles (Reeves 1984).

Desde la década de los treinta, la ballena gris se encuentra protegida internacionalmente a través de la Comisión Ballenera Internacional (IWC por sus siglas en inglés), de la que México forma parte (Reeves 1984). Para 2009, su población se estimó en 21 911 individuos (Punt y Wade 2010). A pesar de todo lo anterior, se permitió una captura total de 744 ballenas grises del Pacífico nororiental en el periodo de 2013-2018, con un máximo de 140 por año, por parte de los pueblos nativos de Chukotka (Rusia) y del estado de Washington (Estados Unidos de América; Cooke 2018).

Uno de los pueblos que cazaron la ballena gris de forma importante fueron los makah (fracción del pueblo nuu-chah-nulth, amerindios norteamericanos de lengua wakash en Washington), la cual es una actividad que en dicho pueblo remonta a cientos de años (Huelsbeck 1988). La caza de ballenas makah, dirigida

Gómez-Gallardo U., A., J. Urbán R. y S. Martínez-Aguilar. 2025. La ballena gris en laguna San Ignacio. En: *La biodiversidad en Baja California Sur. Estudio de Estado*. Vol. II. CONABIO/FFB, México, pp. 554-561.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Figura 1. Distribución de la población americana de la ballena gris; se indica la ruta migratoria (línea punteada) y las zonas de alimentación (sombreado) y de reproducción (recuadros). Fuente: Gómez-Gallardo 2004.

principalmente a las ballenas jorobadas (*Megaptera novaeangliae*) y grises, fue una actividad central en la vida del pueblo, y se efectuó de manera intensa hasta bien entrado el siglo xx (Laut 1928, Webb 1988). Este pueblo buscaba principalmente la carne y el aceite de ballena, elementos básicos en la dieta makah; sin embargo, también se comercializó el aceite excedente a otros grupos indios y comerciantes blancos a partir de la década de 1850 en adelante (MacLeod 1929, Reeves 2002). Los makah cazaron las ballenas con canoas, flotadores de piel de foca y arpones y lanzas manuales, método que al parecer continuó hasta 1928 (Reeves 2002).

Distribución en México

En el otoño, una vez que se alimentaron a plenitud durante el verano y acumularon suficientes reservas, las ballenas grises migran principalmente hacia la costa suroccidental de la Península de Baja Califor-

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Figura 2. Cría de ballena gris saltando en las aguas de Laguna San Ignacio. Foto: PRIMMA-UABCS.[1]

nia, donde se concentran para reproducirse, especialmente en las lagunas Ojo de Liebre y San Ignacio, el complejo lagunar bahía Magdalena-Almejas, así como en la región suroccidental del golfo de California, aunque existen avistamientos en prácticamente todo este golfo (Urbán R. *et al.* 2003). Se considera que las características ecológicas de las lagunas ofrecen ventajas para que lleven a cabo sus actividades de reproducción y crianza (Guerrero *et al.* 2006), pues al ser zonas relativamente someras y de fácil acceso, las ballenas grises se congregan en altas densidades en estos sitios para llevar a cabo su apareamiento, el cual realizan en grupos de una hembra y dos o tres machos en grupos de cortejo (figura 3) o bien, en menores densidades hacia el interior de las lagunas donde paren y crían a sus ballenatos (figura 4). Las condiciones de calma relativa y una total ausencia de depredadores, permiten que las ballenas puedan concentrarse plenamente en sus actividades de reproducción, lo que disminuye considerablemente la mortalidad de las crías que, como cualquier animal, son muy vulnerables en las primeras semanas de vida. De esta manera, y después de cuatro a siete semanas de amamantamiento intensivo, inician su larga travesía hacia el norte, la cual les toma de dos a tres meses para alcanzar sus áreas de alimentación.

Observación turística de ballena gris

Si bien las ballenas casi no son cazadas por el humano para consumo directo, hoy en día se tiene un aprovechamiento no extractivo, a través del turismo de observación. De acuerdo con Hoyt (2002), la actividad de observación turística se inició con esta especie a mediados de la década de los cuarenta en California,

1 Programa de Investigación de Mamíferos Marinos, Universidad Autónoma de Baja California Sur.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Figura 3. Dos ballenas grises machos en un grupo de cortejo mostrando sus órganos copuladores, laguna San Ignacio. Foto: PRIMMA-UABCS.



Figura 4. Hembra de ballena gris con su cría en un área de reproducción, en laguna San Ignacio. Foto: A. Gómez-Gallardo/PRIMMA-UABCS.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Estados Unidos de América, y posteriormente en los setenta se extendió hacia la Península de Baja California en México.

El comportamiento de las ballenas grises en las zonas de reproducción es muy activo, debido a que realizan todo tipo de despliegues conductuales, los cuales resultan muy llamativos para los visitantes. Llama la atención el denominado comportamiento amistoso, en el cual las ballenas, principalmente las crías, se acercan a las embarcaciones y se dejan tocar por los turistas (figura 5). Las densas agregaciones de ballenas grises y su comportamiento ante las personas en estas lagunas han provocado el desarrollo de toda una industria turística por parte de los habitantes de estas zonas, así como de personas que tienen una concesión por parte del gobierno.

Laguna San Ignacio

Esta laguna fue la primer área de agregación invernal de ballena gris con un estudio por seis años donde se siguió la misma metodología, lo que permitió comparar su abundancia, distribución y otros aspectos demográficos, de forma objetiva y precisa. Cabe señalar que esta especie ha estado sujeta a un monitoreo por parte del Programa de Investigación de Mamíferos Marinos de la Universidad Autónoma de Baja California Sur (PRIMMA-UABCS) en la laguna San Ignacio durante los periodos 1996-2000 y 2009 a la fecha. El primero de estos periodos fue particularmente importante por los planes del gobierno mexicano para expandir las actividades de extracción de sal de la empresa paraestatal Exportadora de Sal S.A. de C.V., a la zona aledaña a la laguna San Ignacio durante inicios de la década de los noventa, situación que causó mucha controversia a nivel internacional, por lo que el gobierno federal decidió cancelar el proyecto el 2 de marzo del 2000 (Ortíz 2000).

Asimismo, desde la década de los setenta, esta laguna ha tenido un incremento constante de visitantes con interés en la observación de la ballena gris, provocando un aumento en el número de los prestadores de servicio. En este sentido, Jones y Swartz (1984) realizaron la descripción de las características de los viajes turísticos de observación y la reacción de las ballenas ante la presencia de las embarcaciones en esta zona, con el que advirtieron cambios conductuales y, aunque propusieron un potencial decremento en la presencia



Figura 5. Una madre y su ballenato exhibiendo un comportamiento amistoso, en laguna San Ignacio. Foto: A. Gómez-Gallardo.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

de ballenas relacionado con el turismo, al analizar los días con presencia de embarcaciones turísticas y sin ellas, no encontraron evidencia que les permitiera concluir su propuesta.

Durante la temporada invernal de 1993-1994 se registraron cinco campamentos turísticos en la actividad de observación, el arribo de seis barcos provenientes de San Diego, California y dos cruceros de una compañía con base en Seattle, Washington (Dedina y Young 1995). Para 2016, se documentó un importante incremento en el que se identificaron 20 compañías nacionales y extranjeras que llevaron turistas a la laguna (Gómez-Gallardo U. *et al*. 2016).

En la laguna, operan desde microempresas familiares que prestan el servicio a los turistas que visitan la laguna por su propia cuenta, hasta empresas turísticas medianas que ofrecen paquetes dirigidos principalmente al turismo extranjero de alta capacidad económica. La derrama monetaria que generó esta actividad en la laguna durante 1994, se estimó en 1.6 millones de dólares por 1 500 turistas (Young y Dedina 1994). Por su parte, Sánchez (1997) estimó un total de 28 484 visitantes en las tres principales lagunas mexicanas donde se realiza la observación de ballenas grises (Ojo de Liebre, San Ignacio y el complejo lagunar bahía Magdalena-Almejas), de los cuales 17% fueron mexicanos y 64% estadounidenses; mientras que Hoyt e Íñiguez (2008) estimaron una derrama económica en 2006 de aproximadamente 4 millones de dólares solo en laguna San Ignacio, lo que ejemplifica el notable crecimiento de la actividad.

Conclusiones

La población americana de ballena gris creció de manera constante durante los últimos años, por lo que la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) la incluye en su Lista Roja, dentro de la categoría preocupación menor (Cooke 2018). Sin embargo, aún hay algunas situaciones que pueden amenazar a la especie como los enmallamientos en redes de pesca y las colisiones con embarcaciones (Scordino *et al.* 2017).

Entre los esfuerzos para brindar asistencia a las ballenas en eventos de enmallamiento con artes de pesca, destaca la agrupación nacional denominada Red de Asistencia a Ballenas Enmalladas (RABEN), la cual es auspiciada –entre otras organizaciones– por la Comisión Ballenera Internacional, que a su vez entrena y equipa a gente a lo largo del país para el desenmallamiento de ballenas. Así, desde 2007 en laguna San Ignacio se han enmallado ocho ballenas, y para todas ha sido posible su liberación gracias a la utilización de las técnicas aprendidas.

En cuanto a los factores naturales que afectan a la especie, están los eventos El Niño y La Niña, que provocan altas mortalidades de ballenas (Le Boeuf *et al.* 2000), por la disminución en la producción en sus zonas de alimentación, que ocasiona desnutrición y consecuentemente su muerte durante el proceso de migración, además de la disminución en la producción de crías y la presencia de ballenas con evidente desnutrición en su morfología. Estos fenómenos también modifican la distribución en sus áreas de reproducción, debido a que las ballenas buscan la temperatura idónea para el nacimiento y cuidado de sus crías. De esta manera, al haber temperaturas mayores en el agua durante eventos de El Niño, tienden a mantenerse en latitudes más norteñas (costas de California o laguna Ojo de Liebre) y disminuyen su presencia en el sur (complejo lagunar bahía Magdalena-Almejas). Por el contrario, cuando hay temperaturas menores durante el evento de La Niña, aumentan su presencia en las zonas sureñas (muy evidente incluso dentro del golfo de California) y disminuye en las zonas norteñas (Salvadeo *et al.* 2015). Otra amenaza relacionada con la caza por parte de comunidades nativas en las zonas de alimentación al norte del continente, puede ocurrir si no se controlan y respeten las cuotas especificadas por la Comisión Ballenera Internacional (Cooke 2018).

Si bien el incremento constante de las actividades de observación turística de las ballenas grises en México ha traído importantes beneficios a las poblaciones locales,[2] es necesario que estas actividades se realicen con regulaciones específicas en todas las

2 Entre estos beneficios se encuentran la construcción de una carretera pavimentada desde el poblado de San Ignacio hasta unos pocos kilómetros antes de los sitios de observación en la laguna; una planta solar de generación de energía eléctrica para el centro de población ejidal, donde vive la mayoría de la población local; empleos para los pobladores locales en diversos oficios; y una derrama económica importante como documentaron Hoyt e Íñiguez (2008).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

zonas de observación, con criterios ponderados para la abundancia y distribución invernal, así como a la naturaleza de cada zona, pues se desconoce el efecto que pueda tener el crecimiento desmedido de estas actividades, o una práctica deficiente de las mismas; lo anterior si se considera que estas zonas de observación se utilizan por una proporción importante de la población americana de ballena gris para llevar a cabo su reproducción, por lo que son muy relevantes para la salud poblacional de la especie (Urbán R. *et al.* 2003) .

Actualmente, la Norma Oficial Mexicana NOM-131-SEMARNAT-2010 regula las actividades para la observación de ballenas (SEMARNAT 2011); sin embargo, la vigilancia para el cumplimiento de estas regulaciones es insuficiente y en ocasiones las actividades de observación turística se realizan fuera de lo que en ella se establece (Gómez-Gallardo U. *et al.* 2016, Paredes L. 2017). A pesar de lo anterior, en las zonas de reproducción ubicadas en la costa noroccidental del estado (lagunas San Ignacio y Ojo de Liebre) hay un alto grado de organización entre los operadores turísticos, de modo que estas actividades se realizan de forma controlada, segura y respetuosa, tanto para los visitantes como para las ballenas. No así en el caso para la zona situada al sur, en el complejo lagunar bahía Magdalena-Almejas, que es una zona más cercana a la capital del estado (la ciudad de La Paz) y al área con mayor afluencia turística en la entidad (Los Cabos), situación que provoca una gran demanda turística en dicha zona y, al no estar contemplada en ninguna de las categorías de áreas naturales protegidas, la vigilancia del cumplimiento de la norma se dificulta de una manera considerable.

Es importante revisar nuevamente la NOM-131 con la opinión de expertos en temas de conservación (organizaciones de la sociedad civil), de mamíferos marinos, de turismo y de los prestadores del servicio, así como con los encargados de la administración y vigilancia del área. Por otro lado, sería deseable contar con un solo tipo de certificación de guías (actualmente hay estatales y federales) que contemple una capacitación continua y de calidad en donde participen las personas e instituciones mencionadas anteriormente.

Referencias

Barnes, L.G. y S.A. McLeod. 1984. The fossil record and phyletic relationships of gray whales. En: *The gray whale Eschrichtius robustus*. M.L. Jones, S.L. Swartz y S. Leatherwood (eds.). Academic Press, Orlando, pp. 3-32.

Cooke, J.G. 2018. *Eschrichtius robustus*. *The IUCN Red List of Threatened Species*. En: <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2018-2.RLTS.T8097 A50353881>, última consulta: 11 de marzo de 2019.

Dedina, S. y E.H. Young. 1995. *Conservation and development in the gray whale (Eschrichtius robustus) lagoons of Baja California Sur, Mexico*. Department of Geography and Regional Development-University of Arizona, Tucson.

Gómez-Gallardo U., E.A. 2004. *Uso de la laguna San Ignacio, BCS, por la ballena gris Eschrichtius robustus, durante las temporadas invernales de 1996 y 1997*. Tesis de maestría. CICIMAR-IPN, La Paz.

Gómez-Gallardo U., E.A., L. Paredes L. y J.C. Leyva A. 2016. *Estudio de límite de cambio aceptable mediante el análisis integral de la actividad turística de observación de la ballena gris (Eschrichtius robustus) en Laguna Ojo de Liebre y Laguna San Ignacio, BCS*. CONANP, México.

Guerrero, R., M.J. Urbán R. y L. Rojas B. 2006. *Las ballenas del golfo de California*. INE/SEMARNAT, México.

Hoyt, E. 2002. Whale watching. En: *Encyclopedia of marine mammals*. W.F. Perrin, B. Wursig y J.G.M. Thewissen (eds.). Academic Press, San Diego, pp. 1305-1310.

Hoyt, E. y M. Iñíguez. 2008. *Estado del avistamiento de cetáceos en América Latina*. WDCS/IFAW9/Global Ocean, Reino Unido.

Huelsbeck, D.R. 1988. Whaling in the precontact economy of the central northwest coast. *Arctic Anthropology* 25(1):1-15.

IWC. International Whaling Commission. 2019. *Gray whale-Eschricthtius Robustus*. En: <https://iwc.int/gray-whale>, última consulta: 5 de octubre de 2020.

Jones, M.L. y S.L. Swartz. 1984. Demography and phenology of gray whales and evaluation on whale-watching activities in laguna San Ignacio, Baja California Sur, Mexico. En: *The gray whale: Eschrichtius Robustus*. M.L. Jones, S.L. Swartz y S. Leatherwood (eds.). Academic Press, Orlando, pp. 309-374.

Laut, A.C. 1928. Who wants a whale steak? The exciting enterprise of catching a whale. *Mentor* 1:33-35.

Le Boeuf, B.J., H. Pérez-Cortés M., J. Urbán R. *et al.* 2000. High gray whale mortality and low recruitment in 1999: potential

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

causes and implications. *Journal of Cetacean Research and Management* 2(2):85-99.

MacLeod, W.C. 1929. The origin of servile labor groups. *American Anthropologist* 31:89-113.

Mead, J.G. y E.D. Mitchell. 1984. Atlantic gray whales. En: *The gray whale Eschrichtius robustus*. M.L. Jones, S.L. Swartz y S. Leatherwood (eds.). Academic Press, Orlando, pp. 33-56.

Ortíz, A. 2000. El conflicto de los salitrales de San Ignacio. *Gaceta Ecológica* SEMARNAT 57:47-60.

Paredes L., L. 2017. *Análisis integral del uso de la ballena gris con fines turísticos en puerto Adolfo López Mateos, BCS*. Tesis de maestría. UABCS, Baja California Sur.

Punt, A.E. y P.R. Wade. 2010. *Population status of the eastern north Pacific stock of gray whales in 2009*. NOAA Tech Memo NMFS-AFSC-207, Washington.

Reeves, R.R. 1984. Modern commercial pelagic whaling of gray whales. En: *The gray whale Eschrichtius robustus*. M.L. Jones, S.L. Swartz y S. Leatherwood (eds.). Academic Press, Orlando, pp. 187-202.

—. 2002. The origins and character of 'aboriginal subsistence' whaling: a global review. *Mammal Review* 32(2):71-106.

Rice, D.W. y A.A. Wolman. 1971. The life history and ecology of the gray whale (*Eschrichtius robustus*). *Special Publication of American Society of Mammalogy* 3:1-142.

Salvadeo, C.J., A. Gómez-Gallardo U., M. Nájera-Caballero *et al.* 2015. The effect of climate variability on gray whales (*Eschrichtius robustus*) within their wintering areas. *PLOS ONE* 10(8):e0134655.

Sánchez, P.J. 1997. Descripción y desarrollo de las actividades turísticas de observación de ballena gris en las lagunas de la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno y bahía Magdalena, Baja California Sur, México, temporadas 1996 y 1997. *Boletín Pesquero CRIP-La Paz* 7:8-18.

Scordino, J., J. Carretta, P. Cottrell *et al.* 2017. *Ship strikes and entanglements of gray whales in the North Pacific ocean, 1924-2015*. International Whaling Commission Scientific Committee, Cambridge.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2011. *Norma Oficial Mexicana NOM-131-SEMARNAT-2010*. Publicada el 17 de octubre de 2011 en el Diario Oficial de la Federación.

Swartz, S.L., B.L. Taylor y D.J. Rugh. 2006. Gray whale *Eschrichtius robustus* population and stock identity. *Mammal Review* 36(1):66-84.

Urbán R., J., L. Rojas-Bracho, H. Pérez-Cortés *et al.* 2003. A review of gray whales (*Eschrichtius robustus*) on their wintering grounds in mexican waters. *Journal of Cetacean Research and Management* 5(3):281-295.

Webb, R.L. 1988. *On the northwest: commercial whaling in the Pacific northwest 1790-1967*. University of British Columbia Press, Vancouver.

Weller, D.W., A. Klimek, A.L. Bradford *et al.* 2012. Movements of gray whales between the western and eastern north Pacific. *Endangered Species Research* 18(3):193-199.

Young, E. y S. Dedina. 1994. Community and conservation: gray whale (*Echrichtius robustus*) en Baja California Sur, México. En: *XIX Reunión Internacional para el Estudio de los Mamíferos Marinos*. La Paz.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Ballena jorobada

Jorge Urbán Ramírez y Rocío Pamela Martínez Loustalot

Introducción

La ballena jorobada o yubarta (*Megaptera novaeangliae*) pertenece a la familia Balaenopteridae, que incluye a los rorcuales (orden Cetacea, suborden Mysticeti). Su cuerpo, relativamente corto y robusto, alcanza una longitud de cerca de 16 m y un peso de 40 t, y se caracteriza por la presencia de unas aletas pectorales muy largas, de un tercio de su longitud total (Johnson y Wolman 1984). El promedio de longitud de las crías al nacer es entre 4 y 5 m (figura 1; Chittleborough 1965). Las hembras son en promedio ligeramente más grandes que los machos y no tienen dimorfismo sexual (Matthews 1937).

Es una especie migratoria que se distribuye en todos los océanos del mundo (Johnson y Wolman 1984). Pasan el verano en lugares de alimentación de latitudes altas y en el invierno migran a zonas tropicales y subtropicales, en aguas poco profundas alrededor de islas, y a lo largo de costas continentales donde se aparean, dan a luz y cuidan de sus crías (Mackintosh 1942). El comportamiento de las ballenas jorobadas durante la temporada de reproducción es muy característico: los machos producen canciones específicas de la temporada y región geográfica (Clapham 1996), forman grupos de competencia de cuatro a 12 individuos, y se atacan físicamente con golpes de las aletas y embestidas con todo el cuerpo (figura 2). Las hembras con cría se distribuyen cerca de la costa (Martínez-Loustalot 2017), para evitar a sus principales depredadores (orcas), y por lo general, las acompaña un escolta (macho adulto, figura 3).

Distribución

Existen tres principales congregaciones de ballenas jorobadas en el Pacífico mexicano: 1) las costas de la Península de Baja California; 2) la costa continental mexicana, desde el sur de Sinaloa hasta Centroamérica; y 3) el archipiélago de Revillagigedo (Rice 1974, Urbán R. y Aguayo 1987). En Baja California Sur, las ballenas jorobadas cada año se concentran en las costas del extremo sur de la península, entre diciembre y abril. Su distribución varía a lo largo de la temporada de acuerdo con la clase de edad y sexo. En general, se concentran desde El Cardonal (lado este de la península), a lo largo de la costa hacia el sur, pasando por Cabo San Lucas y hasta La Tinaja (lado oeste de la península). La mayor concentración ocurre entre Los Frailes y San José del Cabo (figura 4).

Urbán R., J. y P. Martínez-Loustalot. 2025. Ballena jorobada. En: *La biodiversidad en Baja California Sur. Estudio de Estado*. Vol. II. CONABIO/FFB, México, pp. 562-570.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

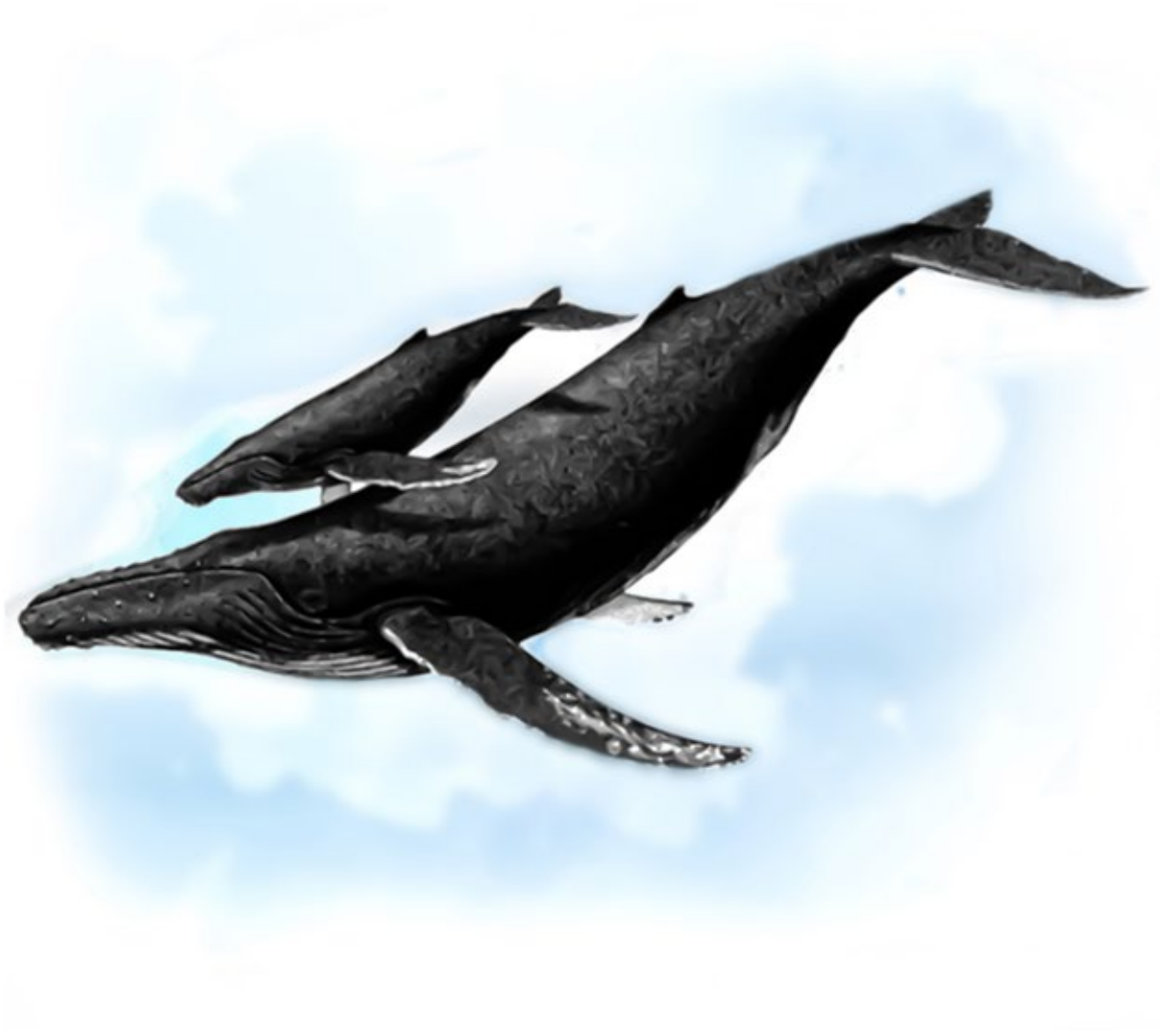


Figura 1. Ballena jorobada. Ilustración: Alejandra Saavedra/PRIMMA-UABCS.

Las ballenas jorobadas que se congregan en las costas sudcalifornianas provienen de todas las zonas de alimentación conocidas del Pacífico norte (figura 5; Urbán R. *et al.* 2000, Calambokidis *et al.* 2008). En el estado se congregan ballenas de tres unidades poblacionales diferentes; una oceánica cuyos integrantes se alimentan en el golfo de Alaska occidental, islas Aleutianas y mar de Bering; y otras dos costeras, ambas con áreas de alimentación en las costas de California, Oregón y Washington (González-Peral 2011, Urbán R. *et al.* 2017b, Martínez-Loustalot *et al.* 2023). Esto trae como consecuencia que las ballenas jorobadas en Baja California Sur tengan la más alta diversidad genética de todas las congregaciones del Pacífico norte (González-Peral 2011, Baker *et al.* 2013).

Amenazas

Al igual que en otras partes del mundo, las principales amenazas para la conservación de las ballenas jorobadas en la entidad se relacionan con sus interacciones con las artes de pesca y el tráfico marino, que provoca colisiones con embarcaciones y ruido submarino (Urbán R. 2010).

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Figura 2. Machos en grupo de competencia. Foto: Jorge Urbán R./PRIMMA-UABCS.



Figura 3. Madre y cría. Foto: Pamela Martínez L./PRIMMA-UABCS.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

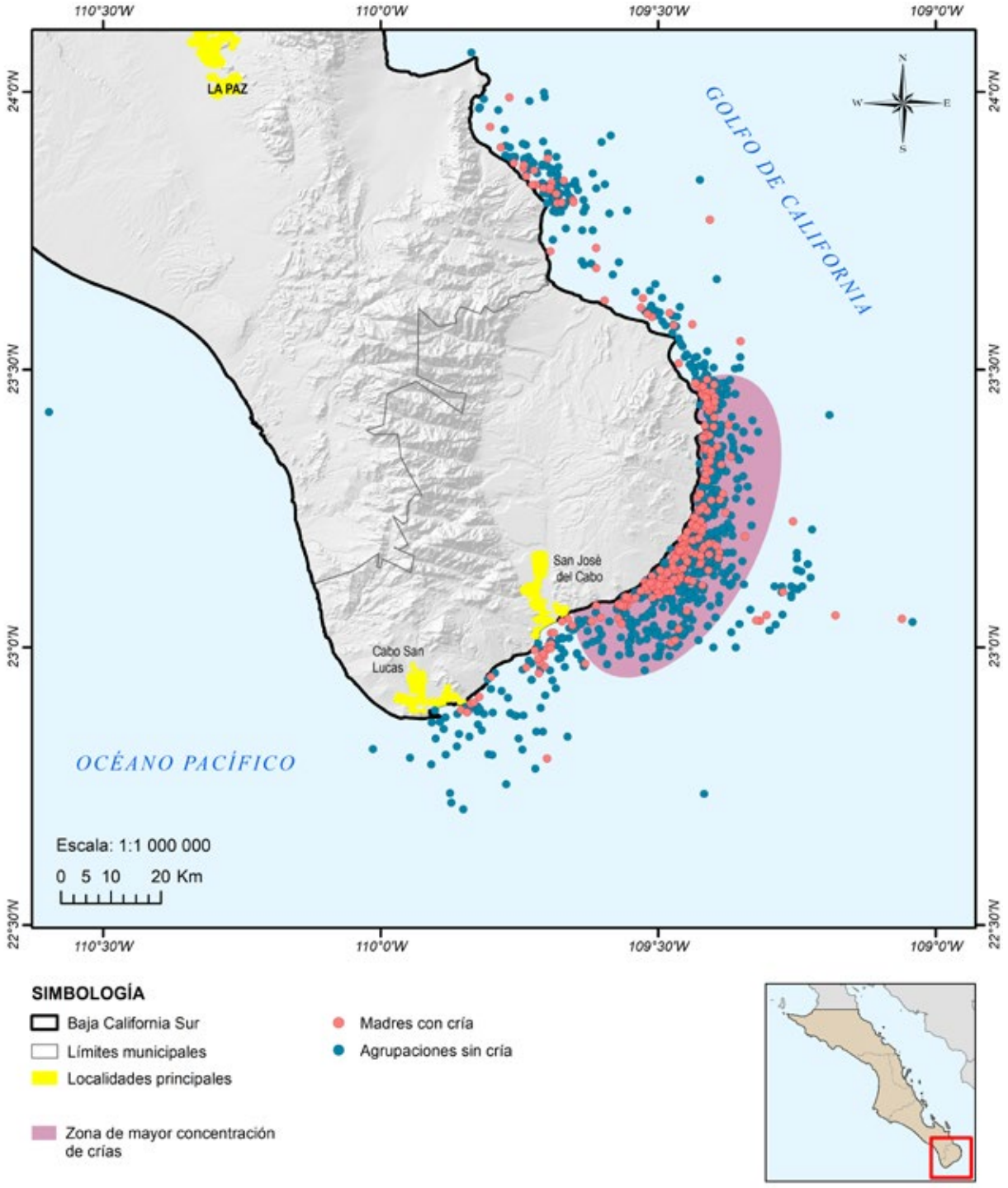


Figura 4. Distribución de la ballena jorobada en Los Cabos. Fuente: elaboración propia con datos de Martínez-Loustalot 2017.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Figura 5. Conexiones migratorias de las ballenas jorobadas que se congregan en las costas sudcalifornianas. Fuente: elaboró Jorge Urbán R. con datos de PACE 2017.

Los incidentes de enredamiento son una de las causas más importantes de mortalidad en ballenas por efectos antropogénicos. Entre 2008 y 2018 se registraron 29 casos de ballenas jorobadas enredadas en el estado (la mayoría adultas), en las localidades de Loreto (3 ejemplares), La Paz (5), bahía Magdalena (1) y Los Cabos (20). Las artes de pesca involucradas fueron principalmente redes agalleras seguidas por cabos (Urbán R. *et al.* 2017a). En 12 de los 29 eventos, las ballenas pudieron ser liberadas gracias a la acción de la Red de Asistencia de Ballenas Enmalladas (RABEN). Los enredamientos de ballenas involucran problemas de seguridad pública (accidentes durante los rescates), éticos (bienestar de los animales), de conservación (salud de las poblaciones de ballenas) y económicos (pérdida de artes de pesca, figura 6; Urbán R. *et al.* 2005, Guerrero *et al.* 2006).

La ballena jorobada es la especie más atractiva para el turismo de observación de ballenas (*whale-watching*), debido a que sus conductas incluyen diversos despliegues en la superficie del agua como saltos, golpes en el agua con las aletas pectorales y caudales, así como interacciones físicas de los machos en grupos de competencia (figura 7). En los últimos 15 años, en la región Los Cabos (de Cabo Pulmo a Cabo San Lucas) este tipo de turismo se ha convertido en una actividad socioeconómica relevante (figura 8; Hoyt 2001). Adicionalmente, cabe señalar que Cabo San Lucas y San José del Cabo son dos de los principales polos turísticos de México.

De acuerdo con la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT 2018), en el municipio de Los Cabos se otorgaron cinco autorizaciones para realizar la actividad de avistamiento de ballenas para las temporadas 2008-2009 y en los años subsecuentes se autorizaron cada vez más (cuadro 1). Sin embargo, en la temporada 2018-2019 no se otorgaron permisos, lo que provocó que esta actividad se realizara de manera desorganizada y sin una vigilancia efectiva. Este desarrollo de las actividades turísticas no ha ido acompañado de una adecuada regulación. El tráfico provoca colisiones con embarcaciones y el ruido de los vehículos marinos son importantes amenazas para esta especie en la zona.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Figura 6. Ballena jorobada enredada frente a Punta Gorda, Los Cabos. Foto: Jorge Urbán R./PRIMMA-UABCS.

Conclusión

Es necesaria la creación de un área natural protegida en la región Los Cabos, con base en el Programa de Protección Regional del Área de Refugio de la Ballena Jorobada en Los Cabos, propuesto por el Programa de Acción para Conservación de Especies (PACE) de la Ballena Jorobada en 2007 (PACE 2017), que contribuya al adecuado ordenamiento de las actividades turísticas y la conservación de la importante diversidad marina (figura 9). De acuerdo con estudios recientes, las poblaciones de ballenas jorobadas del Pacífico norte incrementan sus números de manera gradual y constante (Barlow *et al.* 2011, Martínez-Aguilar *et al.* 2017). Este hecho implica un aumento de las interacciones entre las ballenas y las actividades humanas. Es responsabilidad de la sociedad implementar las medidas y acciones necesarias para que esta especie sea un recurso natural manejado de forma sustentable en la región, y que las ballenas continúen poblando cada año las costas sudcalifornianas.

Cuadro 1. Permisos otorgados para realizar la observación de ballenas en el municipio de Los Cabos.

Temporada	Número de permisos
2008-2009	5
2009-2010	5
2010-2011	160
2011-2012	183
2012-2013	215
2013-2014	210
2014-2015	172
2015-2016	192
2016-2017	185
2017-2018	187
2018-2019	0

Fuente: elaboración propia con datos de SEMARNAT 2018.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Figura 7. Ballena Jorobada saltando en Los Cabos. Foto: Jorge Urbán R./PRIMMA-UABCS.



Figura 8. Turismo de observación de ballenas jorobadas cerca de Cabo San Lucas. Foto: Pamela Martínez L./PRIMMA-UABCS.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

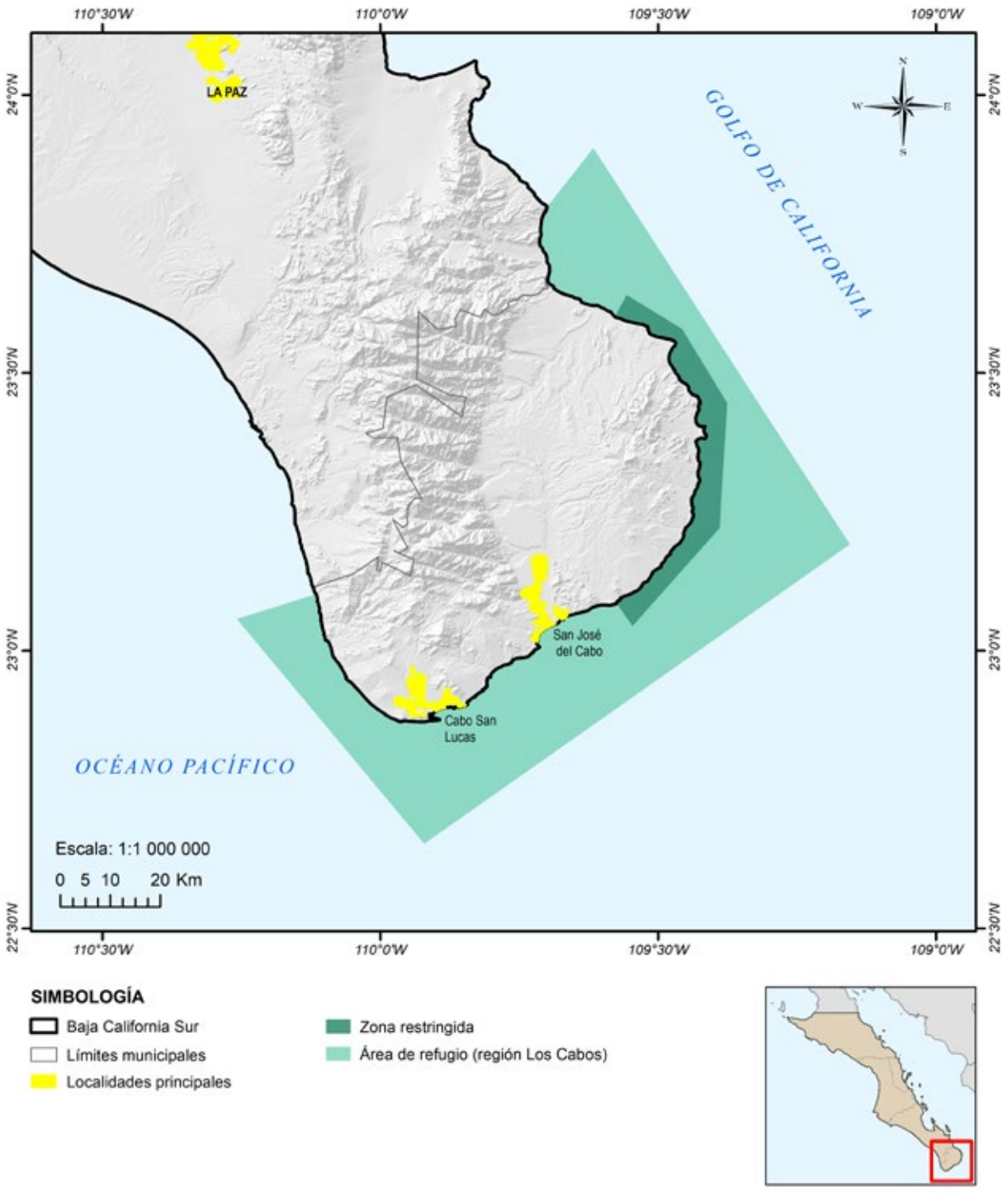


Figura 9. Área de protección de la ballena jorobada propuesta en el Programa de Protección Regional del Área de Refugio de la Ballena Jorobada en Los Cabos. Fuente: Esther Jiménez L./PRIMMA-UABCS.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Referencias

Baker, C.S., D. Steel, C. Calambokidis *et al.* 2013. Strong maternal fidelity and natal philopatry shape genetic structure in North Pacific humpback whales. *Marine Ecology Progress Series* 494:291-306.

Barlow, J., J. Calambokidis, E.A. Falcone *et al.* 2011. Humpback whale abundance in the North Pacific estimated by photographic capture-recapture with bias correction from simulation studies. *Marine Mammal Science* 27:793-818.

Calambokidis, J., E.A. Falcone, T.J. Quinn *et al.* 2008. SPLASH: *Structure of populations, levels of abundance and status of humpback whales in the North Pacific*. Final report to contract AB133F-03-RP-00078. Cascadia Research, Washington.

Chittleborough, R.G. 1965. Dynamics of two populations of the humpback whale, *Megaptera novaeangliae* (Borowski). *Australian Journal of Marine and Freshwater Research* 16:33-128.

Clapham, P.J. 1996. The social and reproductive biology of humpback whales: an ecological perspective. *Mammal Review* 26:27-49.

González-Peral, U. 2011. *Definición y características de las unidades poblacionales de las ballenas jorobadas que se congregan en el Pacífico mexicano*. Tesis de doctorado. UABCS, Baja California Sur.

Guerrero, R., J. Urbán y L. Rojas. 2006. *Las ballenas del golfo de California*. SEMARNAT/INE, México.

Hoyt, E. 2001. *Whale watching 2001: Worldwide tourism numbers, expenditures, and expanding socioeconomic benefits*. International Fund for Animal Welfare, Massachusetts.

Johnson, J.H. y A.A Wolman. 1984. The humpback whale, *Megaptera novaeangliae*. *Marine Fisheries Review* 46:30-37.

Mackintosh, N.A. 1942. The southern stocks of whalebone whales. *Discovery Reports* 22:197-300.

Martínez-Aguilar, S., J. Urbán y J. Barlow. 2017. *Abundance and recovery rates in humpback whales (Megaptera novaeangliae) in the Mexican Pacific (1986-2006)*. International Whaling Commission, Inglaterra.

Martínez-Loustalot, P. 2017. *Abundancia relativa, distribución espacio-temporal y preferencias de hábitat de la ballena jorobada (Megaptera novaeangliae) en Los Cabos, BCS,* México, de 2004 a 2011. Tesis de maestría. UNAM, México.

Martínez-Loustalot, P., K. Audley, T. Cheeseman *et al.* 2023. Towards the definition of the humpback whale population units along the Mexican and Central American coasts in the Pacific Ocean. *Marine Mammal Science* 39:422-437.

Matthews, L.H. 1937. The humpback whale, *Megaptera nodosa*. *Discovery Reports* 17:7- 92.

PACE. Programa de Acción para la Conservación de Especies. 2017. *Ballena jorobada*. En: <www.conanp.gob.mx/pdf_especies/PACE-B-JOROBADA-1.pdf>, última consulta: 16 de marzo de 2018.

Rice, D.W. 1974. Whales and whale research in the eastern North Pacific. En: *The whale problem*. W.E. Schevill, D.G. Ray y K.S. Norris (eds.). Harvard University Press, Cambridge, pp. 170-195.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2018. *Propuesta de Programa de Protección Regional del Área de Refugio de la Ballena Jorobada en Los Cabos, Baja California Sur*. México (inédito).

Urbán R., 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.). University of Arizona Press, Arizona, pp. 188-209.

Urbán R., J. y A. Aguayo. 1987. Spatial and seasonal distribution of the humpback whale, *Megaptera novaeangliae*, in the Mexican Pacific. *Marine Mammal Science* 3:333-344.

Urbán R., J., A. Frisch J. y S. Martínez-Aguilar. 2017a. *Report of the humpback whale entanglements in the Mexican Pacific (2004-2017)*. SC/A17/NP/16. International Whaling Commission, Inglaterra.

Urbán R., J., U. González-Peral y C.S. Baker. 2017b. *Stock identity and migratory destinations of the humpback whales from the Mexican Pacific*. SC/A17/NP/19. International Whaling Commission, Inglaterra.

Urbán R., J., A. Jaramillo, A. Aguayo *et al.* 2000. Migratory destination of humpback whales wintering in the Mexican Pacific. *The Journal of Cetacean Research and Management* 2:101-110.

Urbán R., J., L. Rojas-Bracho, M. Guerrero-Ruíz *et al.* 2005. Cetacean diversity and conservation in the Gulf of California. En: *Biodiversity, ecosystems, and conservation in northern Mexico*. J.E. Cartron, G. Ceballos y R.S. Felger (eds.). Oxford University Press, Nueva York, pp. 276-297.

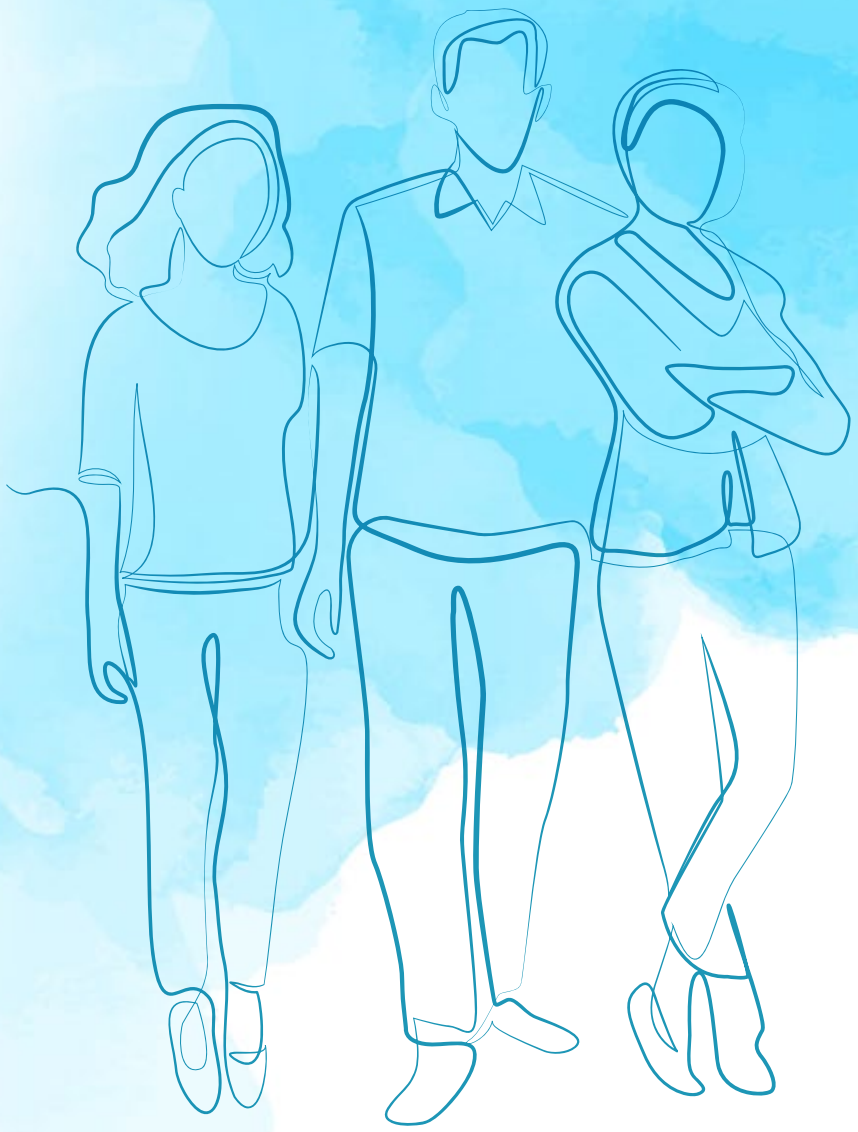
DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Nuestros autores

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Abitia Cárdenas Leonardo Andrés
labitia@ipn.mx
Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas-IPN

Aceves Medina Gerardo
gaceves@ipn.mx
Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas-IPN

Acosta Gutiérrez Roxana
roxana_a2003@ciencias.unam.mx
Universidad Nacional Autónoma de México

Acosta Vargas Baudilio
bacosta04@cibnor.mx
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.

Albores Barajas Yuri Vladimir
y.albores@uabcs.mx
Universidad Autónoma de Baja California Sur

Alcérreca Huerta Juan Carlos
jalcerrecah@ecosur.mx
El Colegio de la Frontera Sur

Almendarez Hernández Marco Antonio
malmendarez@cibnor.mx
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.

Álvarez Cárdenas Sergio

Álvarez Castañeda Sergio Ticul
sticul@cibnor.mx
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.

Angeloni Del Castillo Paula Eliana
Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas-IPN

Anguiano Vega Gerardo Alfonso
gerardo.anguiano@ujed.mx
Universidad Juárez del Estado de Durango

Angulo Campillo Orso Juan
orsoanguloc@gmail.com
Consultor independiente

Aranda López Omar

Arce Villavicencio Nallely
nvilla@uabcs.mx
Universidad Autónoma de Baja California Sur

Argueta Arriaga José Agustín
argueta@cibnor.mx
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.

Arizpe Covarrubias Oscar
oarizpe@uabcs.mx
Universidad Autónoma de Baja California Sur

Armendáriz Villegas Elisa Jeanneht
jean.armen@gmail.com
Gobierno del Estado de Baja California Sur

Arnaud Franco Gustavo Alberto
garnaud04@cibnor.mx
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.

Ávalos Hernández Omar

Avendaño Ibarra Raymundo
ravendan@ipn.mx
Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas-IPN

Ávila García Ariadna Esmeralda
a.avila@uabcs.mx
Universidad Autónoma de Baja California Sur

Ayala Pérez Víctor Omar
v.ayala@uabcs.mx
Universidad Autónoma de Baja California Sur

Balart Páez Eduardo Francisco

Band Schmidt Christine Johanna
cbands@ipn.mx
Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas-IPN

Barjau González Emelio
ebarjau@uabcs.mx
Universidad Autónoma de Baja California Sur

Bashan Yoav†

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Beltrán Castro Juan Ramón
juan.beltran@cbtis62.edu.mx
Centro de Bachillerato Tecnologico Industrial y de Servicios

Beltrán Morales Félix Alfredo
abeltran@uabcs.mx
Universidad Autónoma de Baja California Sur

Benavides Rios Eva
eva.benavides.rios@gmail.com
Anglia Ruskin University

Bencomo Álvarez Alfonso Enrique

Bermúdez Almada Benito

Blázquez Moreno María del Carmen
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.

Bobadilla Jiménez Mariana

Bocanegra Castillo Noemí
nbocanegra@cibnor.mx
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.

Breceda Solís Cámara Aurora†

Brito Castillo Luis
lbrito04@cibnor.mx
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.

Bustillos Guzmán José Jesús
josebgjesus@gmail.com
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.

Cab Sulub Leticia
lety.cs90@gmail.com
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.

Caballero Güendulain Karina
karinacg@unam.mx
Universidad Nacional Autónoma de México

Camacho Ruedas Juan Pablo
camachoruedasjuanpablo@gmail.com
Universidad Nacional Autónoma de México

Camarena Rosales Faustino

Camargo Pérez Alejandro Issac
issaccamargo@gmail.com
Universidad Autónoma de Sinaloa

Campos Dávila Lucía
lcampos04@cibnor.mx
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.

Campos Torres Oliva
olis.campos@gmail.com
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.

Cancino Hernández Jorge de Jesús
jcancino04@cibnor.mx
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.

Cano Santana Zenón
zcs@ciencias.unam.mx
Universidad Nacional Autónoma de México

Caraveo Patiño Javier
jcaraveo04@cibnor.mx
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.

Cariño Olvera Martha Micheline
m.carino@uabcs.mx
Universidad Autónoma de Baja California Sur

Carmona Piña Leandro Roberto
beauty@uabcs.mx
Universidad Autónoma de Baja California Sur

Casas Valdez Margarita
mcasasv33@gmail.com
Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas-IPN

Castaño Meneses Gabriela
gcastanom@ciencias.unam.mx
Universidad Nacional Autónoma de México

Castellanos Vargas Iván
icv@ciencias.unam.mx
Universidad Nacional Autónoma de México

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Cazares Ramírez Linette Hazel
Universidad Juárez del Estado de Durango

Chávez Hidalgo Alejandra
achavezh65@gmail.com
Centro de Asesoría para la Sustentabilidad Ambiental A.C.

Chávez Morelos María del Rosario
r.chavez.morelos@gmail.com
Universidad Autónoma de Baja California

Cornejo Latorre Cristian
crisclat@gmail.com
Universidad Nacional Autónoma de México

Cortés Calva Patricia
pcortes04@cibnor.mx
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.

Cruz Angón Andrea
acruz@conabio.gob.mx
Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad

Cruz Chávez Plácido

Cruz García Luz María
lmcruz@uabcs.mx
Universidad Autónoma de Baja California Sur

Cruz Hernández Pedro
pcruz@cibnor.mx
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.

Cruz López Jesus Rafael
rcruz@oandn.org
Ocean and Nature A.C.

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

De Anda Montañez Juan Antonio

De la Paz Cuevas Mayra
mdelapaz04@cibnor.mx
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.

De Lachica Bonilla Francisco†

De León Espinosa Angel
Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas-IPN

De los Ríos Luna Rodrigo Andrés
radelosrios@gmail.com
Centro Amarilo

Defeo Gorospe Omar Domingo
odefeo@fcien.edu.uy
Universidad de la República de Uruguay

Delgado Vargas Francisco
fdelgado@uas.edu.mx
Universidad Autónoma de Sinaloa

Díaz Blanco Daniel Alberto
danielqbt07@gmail.com
Universidad Juárez del Estado de Durango

Díaz Castro Sara Cecilia
direcciongeneral@coscyt.mx
Consejo Sudcaliforniano de Ciencia y Tecnología

Domínguez Cadena Raymundo

Echevarría Haro Jesús
jesus.echevarria@conapesca.gob.mx
Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca

Elorriaga Verplancken Fernando Ricardo
felorriaga@ipn.mx
Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas-IPN

Erickson Richard

Figueroa Reyes Adela
adela@uabc.edu.mx
Universidad Autónoma de Baja California

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Flores Anaya Ricardo Javier
Rfloresa1705@alumno.ipn.mx
Instituto Politécnico Nacional

Flores Ramírez Sergio

Galina Tessaro Patricia
pgalina04cibnor@gmail.com
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.

Galván Magaña Felipe
fgalvan@ipn.mx
Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas-IPN

Galván Tirado Carolina
c.galvan@uabcs.mx
Universidad Autónoma de Baja California Sur

Galvez Ballesteros María de la Paz
mgalvezballesteros@gmail.com
Medio Ambiente y Sociedad A.C.

Gámez Vázquez Alba Eritrea
agamez@uabcs.mx
Universidad Autónoma de Baja California Sur

García De León Francisco Javier
fgarciadl@gmail.com
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.

García López Karen Berenice
karen.be.03@gmail.com
Servicio Nacional de Aprendizaje

García Maldonado José Quinatzin
jose.garcia@cinvestav.mx
Instituto Politécnico Nacional

García Velazco Humberto
humgarciavel@hotmail.com
Unidad de Educación Media Superior Tecnológica Agropecuaria y Ciencias del Mar

Gaxiola Robles Ramón

Geiger Villalpando Andrea Marcela
andrea.geiger@profepa.gob.mx
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.

Glebskiy Yury
agloti@ciencias.unam.mx
Universidad Nacional Autónoma de México

Gómez del Prado Rosas María del Carmen
mcgomez@uabcs.mx
Universidad Autónoma de Baja California Sur

Gómez Gallardo David
david.gomez@conafor.gob.mx
Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales

Gómez Gallardo Unzueta Enrique Alejandro
eagg@uabcs.mx
Universidad Autónoma de Baja California Sur

Gómez Gutiérrez Jaime
jagomezg@ipn.mx
Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas-IPN

Gómez León Adriana Abigail
geology.adriana@gmail.com
Comisión Nacional del Agua

González Acosta Adrián Felipe
aacosta@ipn.mx
Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas-IPN

González Baheza Arturo
agonzalez@uabcs.mx
Universidad Autónoma de Baja California Sur

González de Bashan Luz Estela
luz@bashanfoundation.org
Bashan Institute of Science

González González Jesús
biojes_14@hotmail.com

González Payan María Elizabeth

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

González Peláez Sergio Scarry
scarry04@cibnor.mx
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.

Grijalva Calderón Cinthia Karely
karely_grijalva@hotmail.com
Aquamol S.C. de R.L.

Guerra Huitrón Luz Karina
karina.pinacate@gmail.com
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.

Guerrero Cárdenas Israel
guerrero04@cibnor.mx
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.

Gutiérrez Flores Carina
carina.gutierrez@secihti.mx
Universidad Autónoma de Guerrero

Gutiérrez Ruacho Oscar Gerardo

Guzmán Torres Mirely
mirelygt@ciencias.unam.mx
The Carbon Trust

Hernández Alvarez Adriana Delfina
ahernandez@pronatura-noroeste.org
Pronatura A.C.

Hernández Barrera Jesús Ricardo
jesusricardohb@hotmail.com
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.

Hernández Carmona Gustavo
gcarmona@ipn.mx
Instituto Politécnico Nacional

Hernández González Julio

Hernández Hernández Brenda
brennd_by@ciencias.unam.mx
Universidad Nacional Autónoma de México

Hernández López Armando
arhernandez@ipn.mx
Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas-IPN

Hernández Morales Pablo
pa.hernandez@uabcs.mx
Universidad Autónoma de Baja California Sur

Hernández Moreno Luis Gerardo
lghm@uabcs.mx
Universidad Autónoma de Baja California Sur

Hernández Sandoval Francisco Eduardo
fhernan04@cibnor.mx
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.

Hernández Trejo Víctor Ángel
victorh@uabcs.mx
Universidad Autónoma de Baja California Sur

Herrera Valdivia Eloisa

Hinojosa Díaz Ismael Alejandro
ihinojosa@ib.unam.mx
Universidad Nacional Autónoma de México

Holguín Peña Ramón Jaime
jholguin04@cibnor.mx
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.

Hollingsworth Bradford Damion
bhollingsworth@sdnhm.org
San Diego Natural History Museum

Ibáñez Pérez Reyna María
ribanez@uabcs.mx
Universidad Autónoma de Baja California Sur

Ibarra Núñez Edgar
edgar.ibarra79.el@gmail.com
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.

Ivanova Boncheva Antonina
aivanova@uabcs.mx
Universidad Autónoma de Baja California Sur

Jaime Rivera Mario
carcharodonmaritus@yahoo.com.mx
Universidad Autónoma de Baja California Sur

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Jakes Cota Ulianov
ujakes@ipn.mx
Instituto Politécnico Nacional

Jarquín González Jani
jani.jarquin@gmail.com
Instituto Tecnológico de Chetumal

Jiménez Jiménez María Luisa
ljimenez04@cibnor.mx
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.

Jiménez Rosenberg Sylvia Patricia Adelheid
srosenbe@ipn.mx
Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas-IPN

Juárez León Eduardo
lalo@uabcs.mx
Universidad Autónoma de Baja California Sur

Juárez Mancilla Judith

Kachok Gavarain René Arturo
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.

Lagunas Vázques Magdalena
vaz.lag@gmail.com
Consultora independiente

Lagunes Díaz Elio Guarionex

Lara Uc María Mónica
mlara@uabcs.mx
Universidad Autónoma de Baja California Sur

Leal Jiménez Miguel Ángel†

Lebsky Vladimir

León Cisneros Karla
kleon@uabcs.mx
Universidad Autónoma de Baja California Sur

León de la Luz José Luis
pachycereus@gmail.com
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.

Leyva Valencia Ignacio
ileyvav@ipn.mx
Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas-IPN

Lluch Cota Daniel Bernardo
dblluch@cibnor.mx
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.

Lluch Cota Salvador Emilio
sslluch@cibnor.mx
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.

López Cortés Alejandro
alopez04@cibnor.mx
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.

López Cortés David Javier†

López Fuerte Francisco Omar
folopez@uabcs.mx
Universidad Autónoma de Baja California Sur

López López José Luis
lopezlopezjol42@gmail.com
Instituto Tecnológico de La Paz

López Martínez Juana
jlopez04@cibnor.mx
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.

López Morales Carlos Andrés
calopez@colmex.mx
Colegio de México

López Torres Alejandra
hola.thealeale@gmail.com
Consultora independiente

López Vivas Juan Manuel
jmlopez@uabcs.mx
Universidad Autónoma de Baja California Sur

Lora Vilchis María Concepción
cony04@cibnor.mx
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Lozano Cobo Horacio
hlozanoc21@xanum.uam.mx
Universidad Autónoma Metropolitana

Luis Martínez Moisés Armando

Luna Rodríguez José Raúl
Universidad Autónoma de Baja California Sur

Macías Carballo Mariana

Maeda Martínez Alejandro Manuel
almaeda04@cibnor.mx
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.

Marrón Méndez Guadalupe Gerardo
atakamara@gmail.com
Universidad Autónoma de Baja California Sur

Martínez Aguilar Sergio
yellowwhale@hotmail.com
Universidad Autónoma de Baja California Sur

Martínez Cervantes Ana Celeste
celeste.martinez@st.ib.unam.mx
Universidad Nacional Autónoma de México

Martínez López Aída
amartin@ipn.mx
Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas-IPN

Martínez Loustalot Rocío Pamela
Universidad Autónoma de Baja California Sur

Martínez Noguez Josué Jacob
jjmnoguez@gmail.com
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.

Martínez Rincón Raúl Octavio
rrincon@cibnor.mx
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.

Maya Delgado Yolanda Lourdes
yolanda.maya.d@gmail.com
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.

Mazariegos Villarreal Alejandra
amaza04@cibnor.mx
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.

Medel Narváez Alfonso
amedel@cibnor.mx
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.

Medina Hernández Diana
dmedina@cibnor.mx
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.

Mejía Rebollo Arminda
arebollo04@cibnor.mx
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.

Melgarejo Erika Daniela
emelgare@conabio.gob.mx
Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad

Méndez Rodríguez Lía Celina
lmendez04@cibnor.mx
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.

Mendoza Portillo Verónica
veronica.mepor@gmail.com
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.

Mercado Guido María del Carmen
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.

Mercier Laurence Stéphanie
lmercier04@cibnor.mx
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.

Minjarez Velasco Iara
Iara.minjares.velasco@gmail.com
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.

Monroy Gamboa Alina Gabriela
beu_ribetzin@hotmail.com
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.

Monteforte Sánchez Mario

Mora Arrambídez Delia María

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Morales Flores Georgina
geomoflor@gmail.com
Grupo ERAS Consultores S.A. de C.V.

Morales Zárate María Verónica
mzarate04@cibnor.mx
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.

Moreno Alcántara María
maria_moreno@uan.edu.mx
Universidad Autónoma de Nayarit

Moreno Legorreta Manuel
legorreta04@gmail.com
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.

Munguía Vega Adrián

Muñoz García Claudia Irais
cimunoz@correo.xoc.uam.mx
Universidad Autónoma Metropolitana

Murillo Amador Bernardo
bmurillo04@cibnor.mx
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.

Murillo Jiménez Janette Magali
jmurillo@ipn.mx
Instituto Politécnico Nacional

Murugan Gopal
murugan04@cibnor.mx
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.

Nájera Cordero Karla Carolina
knajera@conabio.gob.mx
Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad

Nieto Garibay Alejandra
anieto04@cibnor.mx
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.

Núñez Vázquez Erick Julián
enunez04@cibnor.mx
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.

Obregón Barboza Hortencia
hobregon04@cibnor.mx
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.

Ocampo Victoria Lucia

Ochoa Díaz María Ruth
mrochoa@cibnor.mx
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.

Olivas Hernández José Luis
ruah.aelohim@gmail.com
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.

Olmos Martínez Elizabeth
eolmosm.udo@gmail.com
Universidad Autónoma de Occidente

Oropeza Bueno Cintia Lucero
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.

Orozco Ruiz Adonaji Madeleine
aorozco@pg.cibnor.mx
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.

Ortega Arriaga Paloma
palomaortega.a@gmail.com

Ortega Rubio Alfredo
aortega@cibnor.mx
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.

Palacios Cardiel Carlos
palacios04@cibnor.mx
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.

Palacios Vargas José Guadalupe
troglolaphysa@hotmail.com
Universidad Nacional Autónoma de México

Pedraza Venegas Karla Verónica
kv.pedrazavenegas@gmail.com
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.

Pérez Cortés Moreno Héctor
hector.perezcortes@gmail.com
Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Pérez Enríquez Ricardo
rperez@cibnor.mx
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.

Pérez Hernández Cisteil Xinum
cxinum@gmail.com
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Pérez Navarro José Juan†

Pérez Silva Evangelina

Petatan Ramírez David

Piñón Gimate Alejandra
apinong@ipn.mx
Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas-IPN

Pío León Juan Fernando
d1j17kk@hotmail.com
Instituto Politécnico Nacional

Poghosyan Arevik
arevik04@cibnor.mx
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.

Pozas Ocampo Ivan Fernando
fernandopozas@hotmail.com
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.

Quiñonez Velázquez Casimiro
cquinone@ipn.mx
Instituto Politécnico Nacional

Ramírez Arce José Luis
lramirez04@cibnor.mx
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.

Ramírez Ivanova Ekaterine Ambar
eka.ivanova@uabcs.mx
Universidad Autónoma de Baja California Sur

Ramírez Orduña Rafael
rramirez@uabcs.mx
Universidad Autónoma de Baja California Sur

Ramos Velázquez Ernesto
eramos@uabcs.mx
Universidad Autónoma de Baja California Sur

Rebman Jon Paul

Rendón Franco Emilio
erendon@correo.xoc.uam.mx
Universidad Autónoma Metropolitana

Rendón von Osten Jaime
jarendon@uacam.mx
Universidad Autónoma de Campeche

Reyes Bonilla Héctor
hreyes@uabcs.mx
Universidad Autónoma de Baja California Sur

Reygadas Dahl Fermín
reygadas@uabcs.mx
Universidad Autónoma de Baja California Sur

Rivera Castañeda Patricia
privera@colef.mx
El Colegio de la Frontera Norte

Rivera Rosas Joaquin
jrivera04@cibnor.mx
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.

Rodríguez Miranda Jesús Alejandro
ibq.jarm@hotmail.com
Secretaría de Planeación Urbana e Infraestructura, Movilidad, Medio Ambiente y Recursos Naturales de Baja California Sur

Rodríguez Romero Jesús
jrodri04@cibnor.mx
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.

Rodríguez Villeneuve Juan Antonio
aville04@cibnor.mx
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.

Romero Figueroa Guillermo
gromero4@uabc.edu.mx
Universidad Autónoma de Baja California

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Romero González Astrid Carolina
bmastridromero@gmail.com
Organización de las Naciones Unidas

Romero López Blanca Estela
bromero@cibnor.mx
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.

Romero Mata Ariana
arianromat@yahoo.com.mx
Universidad Nacional Autónoma de México

Romo Piñera Abril Karim
akromo@uabcs.mx
Universidad Autónoma de Baja California Sur

Rosas Pacheco Luis Fernando
rosas@uaeh.edu.mx
Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Ruiz Campos Gorgonio
Universidad Autónoma de Baja California

Ruiz Cortes Lenin

Ruiz Espinoza Francisco Higinio
fruiz@uabcs.mx
Universidad Autónoma de Baja California Sur

Ruiz Mondragón Enrique de Jesús
ruize56@uabc.edu.mx
Universidad Autónoma de Baja California

Sáenz Arroyo Andrea
msaenz@ecosur.mx
El Colegio de la Frontera Sur

Saldierna Martínez Ricardo Javier
rsaldier@ipn.mx
Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas-IPN

Saldívar Lucio Romeo
rsaldivar@cicese.edu.mx
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada

Salinas Zavala César Augusto
csalinas@cibnor.mx
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.

Salvadeo Christian
csalvadeo@uabcs.mx
Universidad Autónoma de Baja California Sur

Sánchez Brito Ismael
isanchez@cibnor.mx
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.

Sánchez González Alberto
alsanchezg@ipn.mx
Instituto Politécnico Nacional

Sánchez Ortíz Carlos Armando

Sánchez Uvera Arturo Rubén
uverart@gmail.com
Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas-IPN

Santillán Sidón Alma Patricia
paty_20_san@hotmail.es
Universidad Juárez del Estado de Durango

Serrano Castro Rodrigo

Serrano Pinto Vania Verónica
serranovania04@gmail.com
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.

Serviere Zaragoza Elisa
serviere04@cibnor.mx
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.

Silveyra Bustamante Angel Antonio
s.b.angel4@gmail.com
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada

Siqueiros Beltrones David Alfaro
dsiquei@ipn.mx
Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas-IPN

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Solís Jerónimo Sandra Janet
sandrajanetsolisjeronimo@gmail.com
Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo

Torres Alfaro Guadalupe Minerva
gmtorres@ipn.mx
Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas-IPN

Torres García Alberto

Tripp Quezada Arturo
atripp@ipn.mx
Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas-IPN

Troyo Diéguez Enrique

Urbán Ramírez Jorge
jurban@uabcs.mx
Universidad Autónoma de Baja California Sur

Vacio Fraga Carmen Angélica
c.vaciof@isla.org.mx
Conservación del Territorio Insular Mexicano A.C.

Valdez Villavicencio Jorge Heriberto
jorge.valdez@faunadelnoroeste.org
Conservación de Fauna del Noroeste A.C.

Valdivia Carrillo Tania
tania.valdiviac@gmail.com
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.

Valenzuela Quiñonez Fausto
fvalenzuela@cibnor.mx
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.

Vargas Fernández Isabel

Vargas Salinas Mayela
vmaye3@gmail.com
Consultora independiente

Vázquez Ovando Celia Gloria
cboucard04@cibnor.mx
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.

Vázquez Quiroz Paola

Vega Aviña Rito
rito.vegaq@gmail.com
Universidad Autónoma de Occidente

Velázquez Quiroz Paola Yazmin

Viloria Gómora Lorena
lviloria@uabcs.mx
Universidad Autónoma de Baja California Sur

Zamora Salgado Sergio
szamora@uabcs.mx
Universidad Autónoma de Baja California Sur

Zenteno Savín Tania
tzenteno04@cibnor.mx
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Compilación y edición técnico-científica de las secciones:

VOLUMEN I
Medio físico: M. en C. Jorge Cruz Medina[1]
Contexto socioeconómico: Dr. Enrique Alejandro Gómez Gallardo Unzueta[2]
Contexto normativo e institucional: Dr. Alfredo Ortega Rubio[3]
Gestión de la biodiversidad: Dr. Enrique Alejandro Gómez Gallardo Unzueta[2]
Diversidad de ecosistemas: M. en C. Jorge Cruz Medina[1]

VOLUMEN II
Diversidad de especies: Dr. Enrique Alejandro Gómez Gallardo Unzueta[2]

VOLUMEN III
Diversidad genética: Dr. Francisco Javier García De León[3]
Usos tradicionales y convencionales: Dr. Alfredo Ortega Rubio[3]
Factores de presión y oportunidades: Dr. Alfredo Ortega Rubio[3]
Hacia la estrategia: CONABIO

[1]Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), [2]Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABCS), y [3]Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C. (CIBNOR).

Revisión técnica de textos,[a] listas de especies[b] y apoyo administrativo:[c]
Inti Burgos Hidalgo,[a] Esteban Eduardo Benítez Inzunza,[a] Nubia Betzabé Morales Guerrero,[a] Oscar Báez Montes,[a] Elizabeth Campos Sánchez,[a] Erika Daniela Melgarejo,[a] Jorge Cruz Medina,[a,b] Griselda Guerrero Márquez[b] y Consuelo Islas Gálvez.[c]

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 Rodrigo Andrés de los Ríos Luna, Christian de Jesús Pérez Cárdenas, Paolette Trasviña Medina, Diana Espinoza Meza y Nora Alicia Trelles Ríos, por su apoyo para la conformación de esta obra; al Dr. Felipe Neri Melo Barrera por su colaboración en las etapas iniciales de compilación; así como a la Secretaría de Planeación Urbana e Infraestructura, Movilidad, Medio Ambiente y Recursos Naturales de Baja California Sur, en especial a la Arq. Carolina Armenta Cervantes, al Ing. Francisco Flores González y a la Lic. Selma Leonor Rodríguez Orozco por su labor para concluir esta obra.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Forma de citar:
Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) y Gobierno del Estado de Baja California Sur. 2025. *La biodiversidad en Baja California Sur. Estudio de Estado*. CONABIO/FFB, México.

Los apéndices de esta obra se encuentran en forma digital en:
http://www.biodiversidad.gob.mx/region/EEB/estudios.html

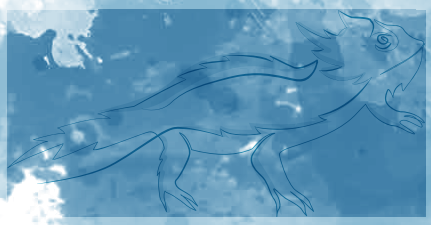
Versión digital

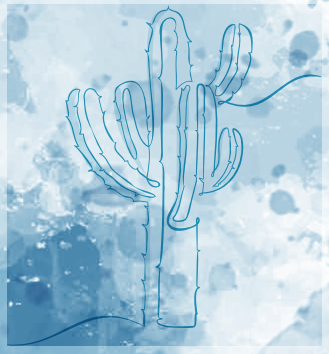
DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Versión digital publicada en noviembre de 2025
Familia tipográfica: BigCity Grotesque Pro

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA





ISLA®

PNUD

VISIT BAJA CALIFORNIA SUR
WWW.VISITBAJASUR.TRAVEL

Medio Ambiente
Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales

CONABIO
COMISIÓN NACIONAL PARA EL CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD

GOBIERNO DEL ESTADO DE BAJA CALIFORNIA SUR

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA