

Biología y Sociedad



Una publicación de la
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

Mtro. Rogelio G. Garza Rivera
Rector

Dr. Santos Guzmán López
Secretario General

QFB. Emilia Edith Vásquez Farías
Secretario Académico

Dr. Celso José Garza Acuña
Secretario de Extensión y Cultura

Lic. Antonio Ramos Revillas
Director de Publicaciones

Dr. José Ignacio González Rojas
Director de la Facultad de Ciencias Biológicas

Cuerpo Editorial de Biología y Sociedad

Dr. Jesús Ángel de León González
Editor en Jefe

Dra. María Elena García-Garza
Editor Técnico

Editores adjuntos:

Dr. Juan Gabriel Báez-González
Alimentos

Dr. Sergio I. Salazar-Vallejo
Dra. Evelyn Patricia Ríos-Mendoza
Biología Contemporánea

Dr. Sergio Arturo Galindo-Rodríguez
Dra. Martha Guerrero-Olazarán
Biotecnología

Dr. José Ignacio González-Rojas
Dr. Eduardo Alfonso Rebollar-Téllez
Ecología y Sustentabilidad

Dr. Reyes S. Tamez-Guerra
Dr. Iram P. Rodríguez-Sánchez
Salud

Jorge Ortega Villegas
Diseñador Gráfico

M.C. Alejandro Peña Rivera
Desarrollo y Diseño Gráfico, Web

Ing. Jorge Alberto Ibarra Rodríguez
Página web

BIOLOGÍA Y SOCIEDAD, año 3, No. 6, segundo semestre de 2020, es una Publicación semestral editada por el Universidad Autónoma de Nuevo León, a través de la Facultad de Ciencias Biológicas. Av. Universidad s/n, Cd. Universitaria San Nicolás de los Garza, Nuevo León, www.uanl.mx, biologiaysociedad@uanl.mx Editor responsable: Dr. Jesús Ángel de León González. Número de Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2017-060914413700-203, Ambos otorgados por el Instituto Nacional de Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número: y fecha: Dr. Jesús Ángel de León González, de fecha 18 de septiembre de 2018. ISSN en trámite. Las opiniones y contenidos expresados en los artículos son responsabilidad exclusiva de los autores y no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación.

Queda prohibida la reproducción total o parcial, en cualquier forma o medio, del contenido de la publicación sin previa autorización.



CONTENIDO

EDITORIAL	3
SECCION BIOLOGÍA CONTEMPORÁNEA	
LAS SERPIENTES VENENOSAS DEL NORESTE DE MÉXICO I. CANTIL DE TAYLOR (<i>Agicistrodon taylori</i>)	5
RIQUEZA Y ABUNDANCIA DE BATOIDEOS DE LA ISLA ESPIRITU SANTO, FOLFO DE CALIFORNIA	16
REVISIONES TAXONÓMICAS, CIENCIA DE FRONTERA Y PROGRAMAS NACIONALES	26
SECCIÓN ECOLOGÍA Y SUSTENTABILIDAD	
INTERACCIONES BIOLÓGICAS, UN COMPONENTE POCO CONOCIDO DE LA BIODIVERSIDAD DE ISLA CATALINA, GOLFO DE CALIFORNIA	34
FAUNA SILVESTRE DE LA RESERVA DE LA BIÓSFERA DE MAPIMÍ: HISTORIA NATURAL Y RETOS PARA SU CONSERVACIÓN	41
CAMARONES CARÍDEOS DE TAMAULIPAS	48
FILANTROPÍA ECOLÓGICA, TRABAJO Y VISIÓN DE UN SABINENSE	58
SOBRE LOS AUTORES	61

El número 6 de *Biología y Sociedad* se ha completado en medio de la contingencia sanitaria derivada de la pandemia del COVID en prácticamente todo el mundo. Hasta el momento, en México las cifras oficiales han sido más que alarmantes, alcanzando arriba de 805,000 infectados y más de 83,000 lamentables desesos. Por esta razón, en la introducción a este Editorial hacemos votos para que nuestros lectores, nuestros autores y co-autores, así como nuestro Cuerpo Editorial se encuentren todos bien y con salud.

Este número 6 de *Biología y Sociedad* esta constituido por siete artículos interesantes. En la sección de *Biología Contemporánea*, Manuel de Luna y colaboradores nos muestran diversos aspectos sobre la serpiente denominada “Cantil de Taylor”, un crotalo endémico del Noreste de México, en este trabajo nos muestran aspectos morfológicos, su historia taxonómica, y hábitat, entre otros puntos de la vida de estas interesantes serpientes. Yanet Sepúlveda de la Rosa y colaboradores abordan un tema muy importante, las poblaciones de mantarayas (Batoideos) y su pesquería en la Isla Espíritu Santo, en el Golfo de California, determinando cual de estas especies son vulnerables y cuales podrían presentar mayor resiliencia ante presiones de la pesca artesanal. Por último, Sergio I. Salazar-Vallejo y Norma Emilia González Vallejo nos explican en cuatro pasos como insentivar un programa nacional en taxonomía biológica, destacando la importancia de realizar revisiones globales para clarificar el estatus taxonómico de las especies.

En la sección *Ecología y Sustentabilidad*, Francisco J. García de León y Gustavo Arnaud Franco nos describen tres interacciones biológicas ocurridas en Isla Catalana, en la ANP de Bahía de Loreto, Golfo de California, una entre hormigas y garambullos, otra entre arañas y la biznaga gigante, y una más entre murcielagos y cardones. En otro trabajo, Sandra H. Montero-Bagatella y colaboradores, nos describe la Reserva de la Biósfera de Mapimí, los principales grupos de vertebrados y sus especies más emblemáticas en el área, así como los beneficios ambientales que proveen y sus principales amenazas. María Concepción Jordán-Hernández y Gabino Rodríguez Almaraz, presentan un interesante trabajo sobre los camarones carídeos de Tamaulipas, destacando el estado actual del conocimiento de estos invertebrados para esa zona, su importancia, principales amenazas y acciones para su conservación entre otros temas. Por último, el Dr. Iram Pablo Rodríguez Sanchez resalta mediante una entrevista, el lado filantrópico de un miembro de una comunidad del norte de Nuevo León, y su interés por la reforestación.

Reiterando nuestros más sinceros deseos de salud y bienestar, va nuestro agradecimiento a quienes hacen posible que *Biología y Sociedad* siga manteniendose como un foro de divulgación científica, puesto al alcance de cualquier persona, sin importar su especialización en los diversos temas tratados, a pesar de encontrarnos en plena contingencia sanitaria. Autores, revisores anónimos e integrantes del Cuerpo Editorial. gracias a todos ustedes.

 DR. JESÚS ANGEL DE
LEÓN-GONZÁLEZ
Editor en Jefe



LAS SERPIENTES VENENOSAS DEL NORESTE DE MÉXICO I. CANTIL DE TAYLOR (AGKISTRODON TAYLORI)

MANUEL DE LUNA¹, ROBERTO GARCÍA-BARRIOS¹,
ERIC ABDEL RIVAS-MERCADO²
DAVID LAZCANO-VILLAREAL³ Y DANIEL MONTOYA-FERRER³



Palabras clave: Pichicuata, metapil, navaca, tepoxo, navaja, rabo/cola de hueso

Key words: Pichicuata, metapil, navaca, navaja, rabo/cola de hueso

Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas,
Laboratorio de Entomología y Artrópodos¹,
Laboratorio de Herpetología³,
Facultad de Medicina, Departamento de Farmacología y Toxicología²
Autor de correspondencia: scolopendra94@gmail.com

RESUMEN

Este artículo compila información sobre diferentes aspectos de la biología del cantil de Taylor (*Agkistrodon taylori*), un crótalo endémico de México que puede encontrarse en los estados de Hidalgo, Nuevo León, San Luis Potosí, Tamaulipas y Veracruz, donde habita en matorral submontano y bosque tropical subcaducifolio. Específicamente, este artículo trata sobre su descripción morfológica, historia taxonómica, distribución, hábitat, comportamiento, dieta, reproducción, veneno y conservación.

THE VENOMOUS SNAKES OF NORTHEAST MEXICO I. TAYLOR'S CANTIL (*AGKISTRODON TAYLORI*)

ABSTRACT

This article compiles information on different aspects of the biology of the Taylor's cantil (*Agkistrodon taylori*), a pit viper endemic to Mexico which can be found in the states of Hidalgo, Nuevo Leon, San Luis Potosi, Tamaulipas and Veracruz, where it inhabits thornforest and deciduous tropical forest. Specifically, this article deals with its morphological description, taxonomic history, distribution, habitat, behavior, diet, reproduction, venom and conservation.

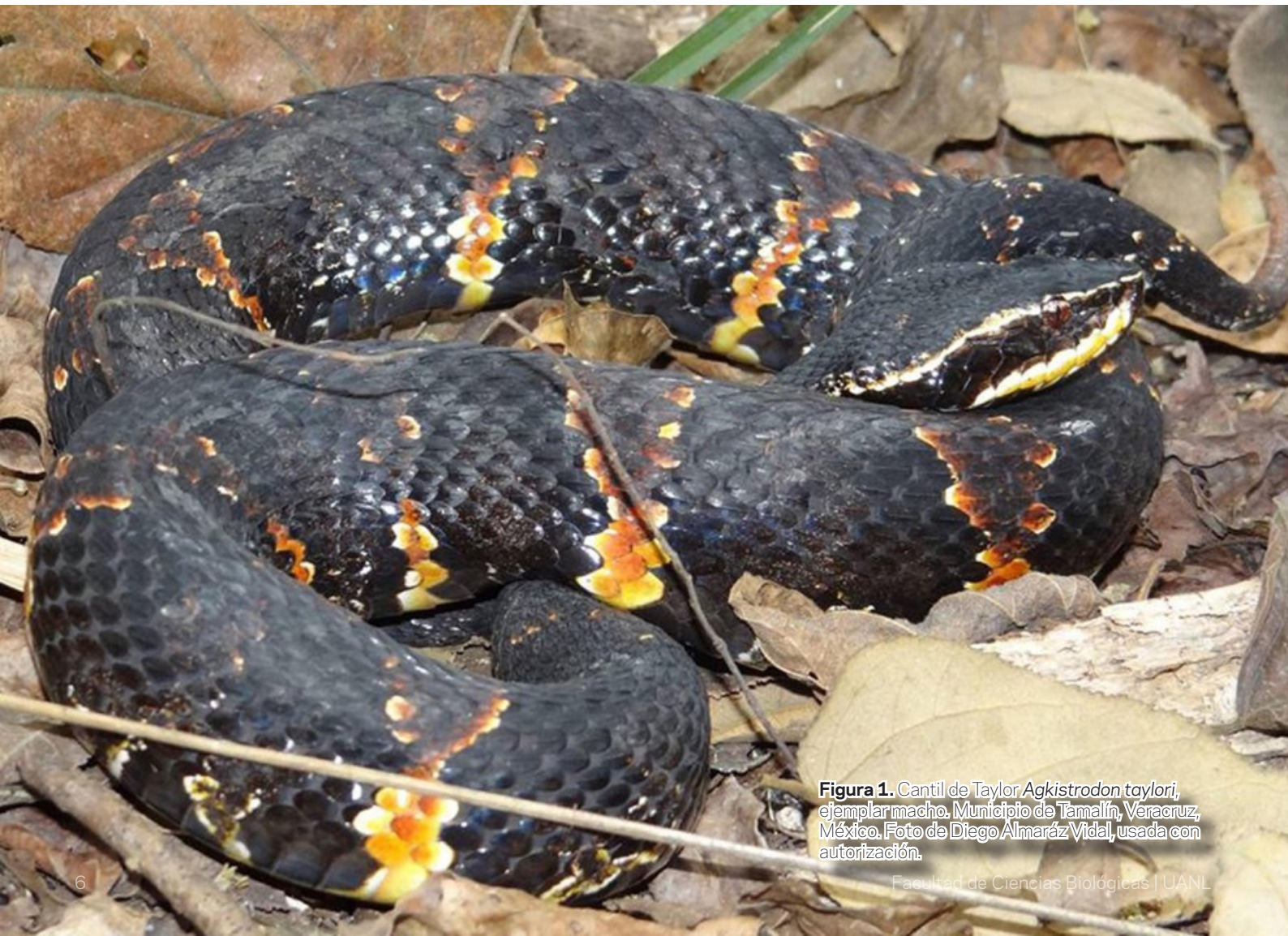


Figura 1. Cantil de Taylor *Agkistrodon taylori*, ejemplar macho. Municipio de Tamalín, Veracruz, México. Foto de Diego Almaráz Vidal, usada con autorización.

Figura 2. Cantil de Taylor *Agkistrodon taylori*, ejemplar hembra. Municipio de Llera, Tamaulipas, México. Foto de Javo Olivos, usada con autorización.



INTRODUCCIÓN

Viperidae es una familia de serpientes venenosas cuyos miembros son comúnmente llamados “víboras” (“vipers”, en idioma inglés); el nombre proviene muy probablemente del latín *vivus* debido a que las víboras, en su mayoría, no ponen huevos sino que dan a luz a crías vivas (Gotch, 1986). Entre las víboras se reconocen tres subfamilias: Azemiopinae, que incluye a las víboras de Fea las cuales son nativas de varios sistemas montañosos del sudeste de Asia; Viperinae, que incluye a las víboras verdaderas las cuales son nativas de África, Europa y algunas partes de Asia, y Crotalinae, que incluye a los crótalos los cuales son nativos de América, Asia y algunas partes de Europa (Campbell y Lamar, 2004). Los crótalos pueden diferenciarse de víboras pertenecientes a las otras dos subfamilias debido a la presencia de una fosa termoreceptora, llamada fosa loreal, a cada lado de la cabeza, ubicada entre el ojo y la nariz (Campbell y Lamar, 2004).

En el noreste de México se reportan cuatro géneros de crótalos: *Agkistrodon* con dos especies, *Bothrops* con una especie, *Crotalus* con nueve especies y *Sistrurus* con una especie (Lemos-Espinal y Smith, 2016; Nevárez-de-los-Reyes et al. 2016; Terán-Juárez et al. 2016). *Agkistrodon* puede fácilmente diferenciarse de *Crotalus* y *Sistrurus* debido a que carece del característico cascabel y de *Bothrops* en que en la parte

superior de la cabeza se encuentran grandes escamas a forma de placas (Campbell y Lamar, 2004).

Existen dos especies confirmadas del género *Agkistrodon* que habitan los estados del noreste de México: el cantil de Taylor *Agkistrodon taylori* (Figs. 1-2) que habita zonas tropicales y subtropicales del sur de Nuevo León y Tamaulipas, y la cabeza de cobre de bandas amplias *Agkistrodon laticinctus* (Fig. 3) que habita zonas semidesérticas del norte de Coahuila (Campbell y Lamar, 2004; Lemos-Espinal y Smith, 2016; Nevárez-de-los-Reyes et al. 2016; Terán-Juárez et al. 2016). Contreras-Arquieta y Lazcano (1995) mencionan la posibilidad de que el mocasín de agua *Agkistrodon piscivorus* (Fig. 4), presente en Texas, EE.UU., pudiera estar presente en el Río Bravo o sus afluentes al norte de los tres estados del noreste de México, sin embargo, su presencia no se ha confirmado; a su vez, también mencionan que *A. laticinctus* pudiera distribuirse en Nuevo León, pero igual que el anterior caso, esto tampoco se ha confirmado.

Agkistrodon taylori (Figs. 1-2) puede diferenciarse de *A. laticinctus* en que presenta líneas claras en los laterales de la cabeza y en que tiene un patrón con bandas negras y grises, a menudo decorado de amarillo o anaranjado; en contraste, *A. laticinctus* (Fig. 3) no presenta líneas claras en los laterales de la cabeza y es de tonalidad rojiza (Campbell y Lamar, 2004). *Agkistrodon taylori* difiere de *A. piscivorus* en



Figura 3. Cabeza de cobre de bandas amplias *Agkistrodon laticinctus*, Condado de Sanderson, Texas, EE.UU. Foto de Scott Delony, usada con autorización.



Figura 4. Mocasín de agua *Agkistrodon piscivorus*, Condado de Lowndes, Mississippi, EE.UU. Foto de Nigel Smith, usada con autorización.

que presenta una escama loreal y su cuerpo es gris claro o negro, con un patrón bandeado muy marcado tanto en adultos como en juveniles donde las bandas claras a menudo presentan tonalidades amarillentas en la parte inferior y ventral; en contraste, *A. piscivorus* (Fig. 4) carece de escama loreal y los adultos presentan un cuerpo usualmente marrón de manera uniforme o con bandas oscuras usualmente difuminadas, mas notorias en ejemplares juveniles (Campbell y Lamar, 2004).

Localmente, a *A. taylori* se le llama metapil, pichicuata (nombre que también recibe la serpiente hocico de marrano mexicana *Heterodon kennerlyi* en Nuevo León), navaca o navaja (nombres que también recibe la boa constrictor común *Boa imperator* en Tamaulipas) o tepoxo (nombre que también reciben los crótalos saltadores del género *Metlapilcoatlus* en Veracruz).

DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE

Agkistrodon taylori es un crótalo que alcanza 60-90cm de largo, con un máximo reportado de 96cm (Campbell y Lamar, 2004; Gloyd y Conant, 1990). Cada lado de la cabeza, que es fuertemente triangular, porta un notorio par de rayas de color claro; ventralmente la cabeza tiene marcas blancas y amarillas. El cuerpo presenta de 11 a 16 bandas oscuras irregularmente delineadas con series diagonales de escamas amarillas y blancas, entre estas, el color varía pero es generalmente gris, gris oscuro, negro o marrón; la coloración depende mucho del sexo y edad del ejemplar (Campbell y Lamar, 2004; Gloyd y Conant, 1990). La cola es larga y esbelta y representa 13-18% de la longitud total de los machos y 16-19% de la longitud total de las hembras; la cola es usualmente de color marfil, amarillo, amarillo verdoso o verde (Campbell y Lamar, 2004; Gloyd y Conant, 1990).

Se trata de una especie sexualmente dimórfica, los machos son mas oscuros y los colores brillantes de sus cuerpos se encuentran usualmente restringidos a la parte inferior de sus laterales (Fig. 1); las hembras, por su parte, son más claras en coloración y los colores brillantes pueden ser vistos hasta la región dorsal (Campbell y Lamar, 2004; Gloyd y Conant, 1990) (Fig. 2). Los juveniles de la especie son de colores muy claros mientras que los ejemplares viejos, especialmente los machos, suelen tornarse uniformemente negros (Campbell y Lamar, 2004; Gloyd y Conant, 1990).

En cuanto a escamación, esta especie presenta escama loreal y usualmente cuenta con nueve grandes escamas simétricas en la parte superior de la cabeza, aunque las posteriores pueden presentarse fragmentadas (Campbell y Lamar, 2004; Gloyd y Conant, 1990). Presenta 7-9 supralabiales, 9-12 infralabiales, 23 (raramente 21) filas de escamas a la mitad del cuerpo, 123-137 ventrales en machos, 130-138 ventrales en hembras, 45-56 subcaudales en machos y 40-47 subcaudales en hembras (Campbell y Lamar, 2004).

HISTORIA TAXONÓMICA

Agkistrodon taylori fue descrita originalmente por Burger y Robertson (1951) como una subespecie del cantil mexicano *Agkistrodon bilineatus*, el nombre de la especie es en honor al herpetólogo americano Edward Harrison Taylor (1889-1978). Así permaneció como subespecie hasta que Parkinson et al. (2000) la elevaron como especie con base en relaciones filogenéticas, morfológicas, divergencia molecular y alopatría.

Blair et al. (1997) reportaron un ejemplar depositado en el West Texas A.&M. University Natural History Museum colectado en Palma Sola, Veracruz, mismo ejemplar el cual Smith y Chiszar (2001) usaron de holotipo para describir a la subespecie *Agkistrodon bilineatus lemosespinali* la cual Campbell y Lamar (2004) vuelven sinónimo de *A. taylori*. Bryson y Mendoza-Quijano (2007) hacen comentarios sobre la validez de *A. b. lemosespinali* y contradicen que sea un sinónimo de *A. taylori* con base a que los rasgos aún visibles en el deteriorado espécimen tipo de *A. b. lemosespinali* no corresponden con *A. taylori*, siendo más afines a *A. bilineatus*.

DISTRIBUCIÓN

Los ejemplares usados en la descripción original fueron un macho joven de Villagrán, Tamaulipas y un macho adulto de Linares, Nuevo León (Burger y Robertson, 1951). Smith y Darling (1952) reportan un ejemplar para Llera de Canales, Tamaulipas. Martín del Campo (1953) menciona un ejemplar del Cerro de las Mitras, Nuevo León, sin especificar el municipio. Martín (1958) menciona que encontró tres especímenes de esta especie cerca de Chamal, una localidad ubicada en los municipios de Antiguo Morelos y Ocampo, Tamaulipas. Burchfield (1982) menciona un nuevo reporte para Allende, Nuevo León y varios ejemplares que colectó en Aldama y Soto la Marina, Tamaulipas. Gloyd y Conant (1990) dan a conocer el primer registro de la especie en San Luis Potosí, proveniente de El Naranjo así como también mencionan las localidades específicas de algunos de los especímenes colectados por Burchfield (1982) las cuales no fueron detalladas en su publicación original. Tovar-Tovar y Mendoza-Quijano (2001) dan a conocer el primer registro de la especie en Hidalgo, proveniente de Atlapexco. Bryson y Mendoza-Quijano (2007) dan a conocer el primer registro para Veracruz, proveniente de Tantoyuca y reportan otro registro para Hidalgo proveniente de Huejutla de Reyes. Terán-Juárez y García-Padilla (2014) reportan dos ejemplares, uno de Victoria y el otro de Gómez Farías, ambos del estado de Tamaulipas. Fernandez-Badillo et al. (2016) reportan un individuo de San Felipe Orizatlán, Hidalgo.

Gracias a todos estos registros se sabe que esta especie es endémica de México y se distribuye en los estados de Hidalgo, Nuevo León, San Luis Potosí, Tamaulipas y Veracruz (Fig. 5).

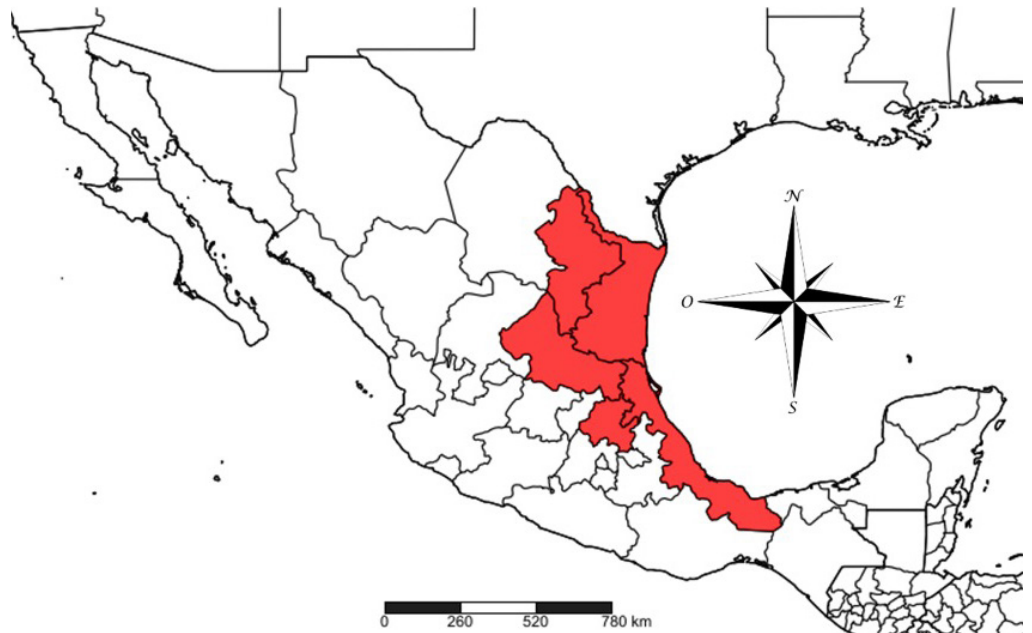


Figura 5. Mapa de México mostrando los estados (en rojo) en los que se distribuye *Agkistrodon taylori*. Creado en www.simplemappr.net.

Figura 6. Cantil de Taylor *Agkistrodon taylori*, ejemplar hembra. Municipio de Huejutla de Reyes, Hidalgo, México. Foto de Leonardo Fernández Badillo del Herpetario X-Plora Reptilia, usada con autorización.



Figura 7. Cantil de Taylor *Agkistrodon taylori*, ejemplar hembra. Municipio de Ocampo, Tamaulipas, México. Foto de Sergio A. Terán Juárez, usada con autorización.



Figura 8. Cantil de Taylor *Agkistrodon taylori*, ejemplar hembra, atropellada en el proceso de consumir un ortóptero (probablemente de la familia Rhabdophoridae o Tettigoniidae). Municipio de Ciudad Victoria, Tamaulipas, México. Foto de Ricardo Ramírez Chaparro, usada con autorización.

HÁBITAT

Burchfield (1982) menciona que el hábitat preferencial de esta especie es el ecotono entre matorral submontano y bosque tropical subcaducifolio y que prefiere los afloramientos de piedra caliza con vegetación cuyo dosel sea más o menos abierto. Entre las plantas más prevalentes en el área de distribución de esta especie en Tamaulipas, Burchfield (1982) menciona: ébano *Ebenopsis ebano*, mezquite *Prosopis juliflora*, indio desnudo *Bursera simaruba*, higuera *Ficus* sp., nopales *Opuntia* sp., mala mujer *Cnidoscolus multilobus*, uña de gato *Acacia wrightii*, espino *Acacia berlandieri*, chaparro prieto *Acacia rigidula*, palmito mexicano *Sabal mexicana*, bromelias epífitas *Tillandsia* y bromelias terrestres *Bromelia* sp.

Una contribución importante a la biogeografía de la especie es el modelado de nicho ecológico realizado por Fernández-Badillo et al. (2016).

COMPORTAMIENTO

Se trata de una especie crepuscular o nocturna que muestra mayor actividad durante las lluvias, es más comúnmente observada en los meses de octubre a marzo (Campbell y Lamar 2004; Gloyd y Conant, 1990). Es un depredador de emboscada que usualmente se encuentra escondido entre la hojarasca (Fig. 6), utiliza una técnica llamada *caudal luring* la cual consiste en menear su cola como señuelo para atraer a presas potenciales (Strimple, 1995). Burchfield (1982) menciona que *A. taylori* utiliza el refugio creado por las hojas espinosas de las bromelias terrestres como guaridas contra mamíferos depredadores (Fig. 7).

Al ser una serpiente robusta de cuerpo corto, no puede escapar de manera rápida, por lo que si se le confronta asumirá una postura defensiva: se aplana y mueve su cola rápidamente para distraer a su atacante, entretanto, puede moverse de un lado a otro rápidamente, abriendo la boca y lanzando mordidas

en el proceso, a veces esto se realiza tan rápido que la serpiente se impulsa del suelo (Campbell y Lamar 2004).

Los machos de esta especie hacen combates en los cuales compiten por la dominancia de un territorio o acceso a una hembra (Gloyd y Conant, 1990).

DIETA

Poco se sabe de la dieta natural de esta especie. Burchfield (1982) reporta “restos de saltamontes y pelo de mamífero” en excretas y en dos casos que hizo regurgitar a ejemplares silvestres, obtuvo el cuerpo de un ratón espinoso mexicano *Heteromys irroratus* y un ratón de patas blancas *Peromyscus leucopus*.

En cautiverio se reporta que los adultos de esta especie aceptan ratones domésticos mientras que los juveniles aceptan peces (sin especificar de qué tipo); se conoce una instancia de canibalismo en la que una hembra adulta consumió un macho con el que compartía encierro (Gloyd y Conant, 1990).

Se encontró una hembra (Fig. 8) la cual fue atropellada en el proceso de consumir un ortóptero, ni el ejemplar ni la presa fueron colectados pero por la foto es posible identificar que el ortóptero en cuestión era una hembra de alguna especie perteneciente a la familia Tettigoniidae o Rhabdophoridae.

REPRODUCCIÓN

Como la mayoría de las víboras, se trata de una especie ovovivípara que da a luz a crías vivas. Cópulas han sido observadas en diciembre, noviembre, enero y febrero y se han observado el nacimiento de 3-10 crías en los meses de mayo a septiembre, las crías miden 18-27cm y pesan 7.2-14.7g (Gloyd y Conant, 1990). Se ha reportado el nacimiento de gemelos los cuales fueron más pequeños que sus hermanos, tanto en largo como en peso (Titus y Foster, 2015).

VENENO

Dado que las manifestaciones clínicas y el grado de severidad de la intoxicación dependen de diversos factores resultando en variación, en términos generales cuando el veneno de *A. taylori* es inoculado en el humano a través de una mordedura, en un principio, producirá efectos locales: dolor, sangrado, así como inflamación y edema progresivo desde la zona de mordedura (grado I o leve), sin tratamiento se puede presentar además, ampollas, equimosis, respuesta inflamatoria sistémica, hematuria, oligoanuria, caída de presión arterial, náuseas, vómitos (grado III o severo) e incluso, dermonecrosis, sin ulceración, síndrome compartimental, respuesta inflamatoria sistémica, falla orgánica múltiple (grado IV o grave) (Sánchez-Villegas, 2015). *Agkistrodon taylori* posee veneno tipo I (actividad de las metaloproteasas del veneno alta y baja letalidad, > 1.0 mg/g ratón) de acuerdo a la tipificación propuesta por Mackessy (2008). Possani et al. (1980), reportaron parte de la composición del veneno y actividades biológicas como: letalidad, hemólisis y actividades enzimáticas (hidrolasa, fosfolipasa, proteolítica); sin embargo, sus resultados provienen de muestras de un ejemplar de localidad desconocida proveniente del Zoológico Gladys Porter de Brownsville, Texas. Posteriormente, Lomonte et al. (2014) realizaron una comparación entre los proteomas reportados para las diferentes especies y subespecies del género *Agkistrodon*. La composición del veneno de *A. taylori* resultó muy similar a la de *A. bilineatus*, *A. conanti*, *A. contortrix*, *A. howardgloydi*, *A. laticinctus* y *A. piscivorus*.

Las dos familias de proteínas de mayor abundancia en el veneno de *A. taylori* (así como en el resto de especies y subespecies del género *Agkistrodon*) son, las fosfolipasas A₂ 34% y metaloproteasas 30%, y en menor proporción se encuentran otros componentes como: serinproteasas, L-aminoácido oxidasas, desintegrinas, proteínas tipo lectina C, factor de crecimiento nervioso, proteínas secretoras ricas en cisteína, factor de crecimiento de endotelio vascular, albúmina y otros péptidos (Lomonte et al. 2014), todos ellos, componentes reportados en la mayoría de serpientes de la familia Viperidae. Componentes asociados con mayor letalidad como la crotamina y crotovina no han sido reportados para esta especie.

CONSERVACIÓN

La conservación de las serpientes por medio de educación ambiental es un gran y complejo desafío debido al miedo y la desinformación los cuales llevan a que la opción más frecuente sea darle muerte al ejemplar apenas es divisado (Figs. 9 y 10). Este miedo es aún más intenso en el caso de serpientes que se saben que presentan venenos de importancia médica, puesto que son inmediatamente reconocidas como un peligro para la gente y sus animales domésticos y son por ende eliminadas (Fernández-Badillo et al. 2019).

Para la conservación de los cantiles, Porras et al. (2013) recomiendan que se deben evaluar las poblaciones de todas las especies en cada localidad en la que se las reportan, desarrollar planes de manejo para determinar si se distribuyen dentro de áreas protegidas y establecer colonias en cautiverio las cuales puedan en un futuro ayudar a la recuperación de las poblaciones silvestres.

Gracias al modelado de nicho realizado por Fernández-Badillo et al. (2016) así como los reportes de la especie, se conocen las zonas donde *A. taylori* se distribuye. En el noreste de México esto incluye Áreas Naturales Protegidas (ANPs) importantes tales como el Parque Nacional Cumbres de Monterrey y la Reserva de la Biósfera "El Cielo", entre otras menos conocidas y de menor extensión. Desgraciadamente, pese a encontrarse bajo la categoría de "Amenazada" por la NOM-059-SEMARNAT-2010 y ser una especie de coloración atractiva (Fig. 11), no existen evaluaciones poblacionales así como tampoco Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMAs) que trabajen con esta especie.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece en gran manera a Diego Almaráz Vidal, Javo Olivos, Scott Delony, Nigel Smith, Ricardo Ramírez Chaparro, Pedro Ángel Lara Arguelles, Luis Enrique Martínez Hernández, Leonardo Fernández Badillo del Herpetario X-Flora Reptilia, Sergio A. Terán Juárez y Cesar A. Arcadia Hernández por autorizar el uso de sus fotos en este artículo✿

Figura 9. Cantil de Taylor *Agkistrodon taylori*, ejemplar hembra, muerta por acción humana. Municipio de Tempoal, Veracruz, México. Foto de Pedro Ángel Lara Arguelles, usada con autorización.

Figura 10. Cantil de Taylor *Agkistrodon taylori*, ejemplar juvenil, muerto por acción humana. Municipio de Ciudad Valles, San Luis Potosí, México. Foto de Luis Enrique Martínez Hernández, usada con autorización.

Figura 11. Cantil de Taylor *Agkistrodon taylori*, ejemplar juvenil. Municipio de Altamira, Tamaulipas, México. Foto de César A. Arcadia-Hernández, usada con autorización.





LITERATURA CITADA

- Blair, K.B., Killebrew, F.C., Smith H.M. y Chiszar, D. 1997. Mexican amphibians and reptiles in the Wet Texas A. and M. University Natural History Museum. Bulletin of the Chicago Herpetological Society 32: 174-177.
- Bryson Jr., R.W. y Mendoza-Quijano, F. 2007. Cantils of Hidalgo and Veracruz, Mexico, with comments on the validity of *Agkistrodon bilineatus lemosespinali*. Journal of Herpetology 41(3): 536-359.
- Burchfield, P.M. 1982. Additions to the natural history of the crotaline snake *Agkistrodon bilineatus taylori*. Journal of Herpetology 16(4): 376-382.
- Burger, W.L. y Robertson, W.B. 1951. A new subspecies of Mexican moccasin, *Agkistrodon bilineatus*. The University of Kansas Science Bulletin 34(5): 213-218.
- Campbell, J.A. y Lamar, W.W. 2004. The venomous reptiles of the western hemisphere Volume 1. Comstock Publishing Associates. 274-290.
- Contreras-Arquieta, A. y Lazcano-Villareal, D. 1995. Lista revisada de los reptiles del estado de Nuevo León, México. En: Contreras-Balderas, S., González-Saldivar, F., Lazcano-Villareal, D. y Contreras-Arquieta, A. (editores). Listado preliminar de la fauna silvestre del estado de Nuevo León. Consejo Consultivo Estatal para la Preservación y Fomento de la Flora y Fauna Silvestre de Nuevo León, México, 55-64pp.
- Fernández-Badillo, L., Hernández-Hernández, G., Torres-Angeles, F., Domínguez-Vega, H. y Porras, L.W. 2016. Presence of *Agkistrodon taylori* in disturbed areas (cultivated fields) in the municipality of San Felipe Orizatlán, Hidalgo, Mexico. Mesoamerican Herpetology 3(3): 804-808.
- Gloyd, H.K. y Conant, R. 1990. Snakes of the genus *Agkistrodon*: a monographic review. Society for the Study of Amphibians and Reptiles. Oxford, Estados Unidos, 614pp.
- Gotch, A.F. 1986. Reptiles - Their latin names explained. Blandford Press, Reino Unido, 176pp.
- Lemos-Espinal, J.A. y Smith, G.R. 2016. Amphibians and reptiles of the state of Coahuila, Mexico, with comparison with adjoining states. ZooKeys 593: 117-137.
- Lomonte, B., Wan-Chih, T., Ureña-Díaz, J. M., Libia Sanz, Mora-Obando, D., Sanchez, Elda, E., Fry, B. G., Gutierrez, J. M., Gibbs, H. L., Sovic, M. G. y Calvete, J. J. 2014. Venomics of new world pit vipers: genus-wide comparisons of venom proteomes across *Agkistrodon*. Journal of proteomics, 103-116.
- Mackessy, S. P. 2008. Venom composition in rattlesnakes: Trends and biological significance. In *The Biology of Rattlesnakes*; Hayes, W. K., Beaman, K. R., Cardwell, M. D., Bush, S. P., Eds., Loma Linda University Press: Loma Linda, CA, USA, 495 - 510.
- Martin, P.S. 1958. A biogeography of reptiles and amphibians in the Gomez Farias region, Tamaulipas, Mexico. Miscellaneous Publications Museum of Zoology, University of Michigan 101: 77.
- Martín-del-Campo, R. 1953. Contribución al conocimiento de la herpetología de Nuevo León. Universidad 11: 149.
- Nevárez-de-los-Reyes, M., Lazcano-Villareal, D., García-Padilla, E., Mata-Silva, V., Johnson, J.D. y Wilson, L.D. 2016. The herpetofauna of Nuevo León, Mexico: composition, distribution, and conservation. Mesoamerican Herpetology 3(3): 558-636.
- NOM-059-SEMARNAT (2010). NORMA Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo.
- Parkinson, C.L., Zamudio, K.R. y Greene, H.W. 2000. Phylogeography of the pitviper clade *Agkistrodon*: historical ecology, species status, and conservation of cantils. Molecular Ecology 9: 411-420.
- Porras, L.W., Wilson, L.D. y Schuett, G.W. 2013. A taxonomic reevaluation and conservation assessment of the common cantil, *Agkistrodon bilineatus* (Squamata: Viperidae): a race against time. Amphibian & Reptile Conservation 7(1): 48-73.
- Possani, L. D., Sosa, B. P., Alagon, A. C. y Burchfield P. M. 1980. The venom from the snakes *Agkistrodon bilineatus taylori* and *Crotalus durissus totonacus*: lethality, biochemical and immunological properties. Toxicon 18, 356 - 360.
- Sánchez-Villegas, Ma. del Carmen. 2015. Envenenamiento por animales ponzoñosos. Universum. México. 197 pp.
- Smith, H.M. y Chiszar, D. 2001. A new subspecies of cantil (*Agkistrodon bilineatus*) from central Veracruz, Mexico (Reptilia: Serpentes). Bulletin of the Maryland Herpetological Society 37(4): 130-136.
- Smith, P.W. y Darling, D.M. 1952. Results of a herpetological collection from eastern central Mexico. Herpetologica 8(3): 86.

- Strimple, P. 1995. Comments on caudal luring in snakes with observations on this behaviour in two subspecies of cantils, *Agkistrodon bilineatus* ssp. *Litteratura Serpentina* 15(3): 74-77.
- Terán-Juárez, S.A. & E. García-Padilla. 2014. *Agkistrodon taylori* (Taylor's cantil). *Herpetological Review* 45(2): 284.
- Terán-Juárez, S.A., García-Padilla, E., Mata-Silva, V., Johnson, J.D. y Wilson, L.D. 2016. The herpetofauna of Tamaulipas, Mexico: composition, distribution, and conservation status. *Mesoamerican Herpetology* 3(1): 43-113.
- Titus, V.R. y Foster, C.D. 2015. An incidence of twinning in Taylor's cantil (*Agkistrodon taylori*) at the Wildlife Conservation Society's Bronx Zoo. *Herpetological Review* 46(3): 371-373.
- Tovar-Tovar, H. y Mendoza-Quijano, F. 2001. *Agkistrodon taylori* (Taylor's cantil). *Herpetological Review* 32(4): 276-277



RIQUEZA Y ABUNDANCIA DE BATOIDEOS DE LA ISLA ESPÍRITU SANTO, GOLFO DE CALIFORNIA

YANET SEPÚLVEDA DE LA ROSA, VÍCTOR H. CRUZ ESCALONA, LOREM
GONZÁLEZ-GONZÁLEZ, XCHEL PÉREZ PALAFOX, PAOLA MEJÍA FALLA Y
ANDRÉS FELIPE NAVIA



Palabras clave: Batoideos, pesca artesanal, abundancia, riqueza, vulnerabilidad, resiliencia, Isla Espiritu Santo, Golfo de California.

Keywords: Batoids, artisanal fishing, abundance, richness, vulnerability, resilience, Espiritu Santo Island, Gulf of California.

RESUMEN

El Golfo de California alberga una extraordinaria diversidad y abundancia de peces batoideos, también conocidos como rayas y mantarrayas. La pesca artesanal de estos organismos es una actividad sumamente importante para el desarrollo socioeconómico del país y la participación de sus integrantes representa un valioso aporte para los estudios de fauna marina. Por esta razón, el presente trabajo se enfocó en estudiar por primera vez la abundancia y riqueza de batoideos que son capturados regularmente por la pesca artesanal en la Isla Espiritu Santo y, además, determinar cuales de estas especies se encuentran categorizadas como vulnerables y cuales podrían presentar mayor resiliencia ante presiones pesqueras. De las 13 especies de batoideos previamente reportadas para la Isla Espiritu Santo, se adicionaron cuatro especies nunca antes registradas en la región: la raya de Vélez (*Rostroraja velezi*), la raya guitarra punteada (*Pseudobatos glaucostigmus*), la raya redonda de Cortéz (*Urobatis maculatus*) y la manta mobula (*Mobula mobular*). Además, se determinaron cuatro especies dominantes: la manta enana (*Mobula munkiana*), la raya diamante (*Hypanus dipterurus*), la raya eléctrica (*Narcine entemedor*) y la raya tecolote o chucho (*Rhinoptera steindachneri*), de las cuales se sugiere que la raya tecolote podría presentar una mayor vulnerabilidad ante las presiones pesqueras, mientras que la raya eléctrica una mayor resiliencia. Este trabajo representa una importante contribución al conocimiento de la abundancia y riqueza de batoideos en la Isla Espiritu Santo y para el manejo efectivo de los recursos pesqueros y la conservación de especies marinas. Sugerimos seguir estudiando estos organismos para determinar sus niveles de resiliencia y vulnerabilidad con el fin de mejorar los sistemas de control de pesquerías y evitar la sobreexplotación de especies marinas.

ABSTRACT

The Gulf of California is home to an extraordinary diversity and abundance of batoid fishes, also known as stingrays and rays. The artisanal fishing of batoids in this region is an important activity that contributes to Mexico's socio-economic development, and fishermen's participation represents a valuable contribution to the studies of marine fauna. For this reason, the present work focuses on assessing for the first time the abundance and richness of batoids that are regularly caught by artisanal fisheries in the Espiritu Santo Island and determining which species are currently categorized as vulnerable and which could present greater resilience to fishing pressures. Of the 13 species of batoids previously reported for the Island of Espiritu Santo, four species, *Rostroraja velezi*, *Pseudobatos glaucostigmus*, *Urobatis maculatus* and *Mobula mobular*, were incorporated to the list and four dominant species were determined: the pygmy devil ray (*Mobula munkiana*), the diamond stingray (*Hypanus dipterurus*), the Cortez electric stingray (*Narcine entemedor*) and the Pacific cownose ray (*Rhinoptera steindachneri*). Of these species, the Pacific cownose ray is suggested to exhibit a higher vulnerability toward the pressure of fisheries and other human activities, while the Cortez electric stingray is considered to possess greater resilience. This work represents a significant contribution to the knowledge of the abundance and richness of marine species in the Espiritu Santo Island and to the conservation of marine batoids and the effective management of fishery resources. We suggest to continue studying these organisms to determine the levels of resilience and vulnerability to improve fisheries control systems and avoid overexploitation of marine species.



Figura 1. Los batoideos, también conocidos como rayas y mantarrayas, contribuyen al funcionamiento de los ecosistemas costeros y pelágicos. Crédito: Adam Wyman.

INTRODUCCIÓN

Los océanos son esenciales para la existencia de la vida en el planeta, ya que cubren alrededor del 70.8% de toda la superficie terrestre y producen cerca de la mitad del oxígeno que respiramos (Snelgrove, 1999). Estos importantes cuerpos de agua también son participantes activos en la regulación del clima y en el ciclo del carbono, absorbiendo una enorme cantidad del dióxido de carbono que generamos diariamente (Heinze *et al.*, 2015). Sus aguas son refugio temporal y permanente de millones de especies, desde diminutos organismos invisibles al ojo humano hasta el mamífero más grande registrado en la historia. Por lo tanto, conocerlos, explorarlos y aprovechar los recursos que nos aportan de manera sostenible es y será esencial para conservar su inmensa pero finita biodiversidad.

México es considerado uno de los países con mayor diversidad marina (CONABIO *et al.*, 2007), resultado de su ubicación geográfica y particulares características fisiográficas, hidrológicas y biológicas (Benítez y Bellot, 2007). Su territorio se encuentra rodeado por dos océanos: en el oeste por el Océano Pacífico y en el este por el Atlántico. El Océano Pacífico cuenta con una importante extensión conocida como el Golfo de California, también llamado Mar de Cortés y bautizado como 'El Acuario del Mundo' por el explorador Jacques-Yves Cousteau.

El Golfo de California, un mar ciento por ciento mexicano compuesto por más de 900 islas e islotes (CONANP, 2020), se ubica al noroeste de México entre la península de Baja California y los estados de

Sonora y Sinaloa. Esta región resalta por sus aguas altamente productivas que albergan una extraordinaria diversidad y abundancia de especies marinas (Brusca, 2010), entre ellas un grupo de vertebrados llamados elasmobranquios, que incluye a los tiburones y batoideos. Estos últimos, también conocidos como rayas y mantarrayas, cuentan con un esqueleto formado por cartílago y están perfectamente adaptados a zonas costeras tanto pelágicas como bentónicas.

Los batoideos desempeñan funciones ecológicas sumamente importantes ya que contribuyen al funcionamiento de los ecosistemas costeros y pelágicos (Ferretti *et al.*, 2010) y a la dinámica y estructura de comunidades bentónicas (VanBlaricom, 1982). Además, algunas especies constituyen un importante componente de los recursos pesqueros (Rocha-González, 2018) a nivel global. Estos interesantes atributos han captado la atención de pescadores desde principios de los años noventa, posicionando a México como el país con las mayores pesquerías de elasmobranquios en América (Bonfil, 1994) y al Golfo de California como la región con mayor producción pesquera del país (Brusca, 2010).

LA PESQUERÍA ARTESANAL RIBEREÑA

La pesca artesanal es un tipo de pesca tradicional de baja escala que utiliza embarcaciones menores a 15 metros (FAO, 1986) y pocos recursos y tecnologías para la captura de organismos marinos para consumo humano (García, 2009). Esta actividad desempeña un papel fundamental en la generación de ingresos a nivel

local y nacional y contribuye a brindar alimento a miles de mexicanos (Fernández-Rivera, 2018).

La pesca artesanal de batoideos en el Golfo de California ha evolucionado significativamente durante las últimas décadas (Márquez-Farías y Blanco-Parra, 2006), generando empleos en diversas áreas, desde la captura de organismos y comercialización de productos hasta la fabricación y distribución de materiales (DOF, 2007). Por lo tanto, esta región cuenta con áreas dedicadas específicamente a la pesca, consideradas entre las más importantes en México (Lluch-Cota *et al.*, 2007) y constituyen una actividad fundamental para su desarrollo económico, social y cultural.

Esta actividad se practica en varias islas del Golfo de California, especialmente en aquellas con alta abundancia de organismos marinos, como la Isla Espíritu Santo. Esta región es conocida por su increíble riqueza biológica y se destaca por ser una de las áreas con mayor diversidad de peces de importancia ecológica y económica. Su singular topografía presenta distintivas montañas submarinas y extensos arrecifes rocosos que se transforman en hábitat, refugio y zonas de reproducción, crianza y alimentación de numerosos organismos marinos. Esto, junto con las corrientes marinas que contribuyen al movimiento de nutrientes y enriquecen las aguas de la isla, favorecen la riqueza de especies en esta zona (Del Moral-Flores, 2010).

En áreas tan ricas como la Isla Espíritu Santo, la pesca suele ser considerada como un enemigo para la

biodiversidad debido al impacto negativo que puede tener en la fauna marina y sus hábitats (Ehemann *et al.*, 2000) ya que suele haber una constante y desmedida actividad de captura (Cinner y McClanahan, 2006). Sin embargo, esto no es siempre acertado para la pesca artesanal, ya que es considerada como una actividad que utiliza, en cierta medida, los recursos de manera sostenible (FAO, 2016), un factor fundamental para la conservación de la biodiversidad marina.

Para conservar una especie, es esencial conocer su historia de vida, la cual está definida por características biológicas tales como el crecimiento, maduración, reproducción y longevidad; y en general, por la interacción entre ellos. Para entender la evolución de estas importantes historias de vida, se han propuesto estrategias como los modelos estructurados por edades o estadios de desarrollo, los cuales consideran información básica como edad, crecimiento, mortalidad y fecundidad (Ramírez, 2002). A partir de esto, es posible evaluar el efecto que tienen algunas actividades humanas, como la explotación pesquera, sobre el crecimiento de una población y determinar con mayor precisión el papel que juegan los atributos de historia de vida ante efectos como la pesca (FAO, 2003).

Una pesca sostenible asegura que las poblaciones de fauna se mantengan en niveles óptimos para asegurar su sobrevivencia y, al mismo tiempo, que los ecosistemas en donde habitan se conserven sanos y productivos (Hilborn, 2005). De esta manera, los pescadores artesanales pueden transformarse en aliados al otorgárseles un rol en



Figura 2. Isla Espíritu Santo, Golfo de California, BCS. Crédito: Sin créditos de autor.

las acciones de manejo para la protección y mantenimiento de sus propios recursos (Campredon y Cuq, 2001). El conocimiento y la práctica de los pescadores artesanales cumplen un papel esencial en las investigaciones de campo. Su vasto conocimiento empírico, obtenido mediante años de convivencia con el océano y sus habitantes, representa un valioso aporte al conocimiento científico, especialmente en estudios de batoideos que, aunque se han incrementado en años recientes (Burgos-Vázquez et al., 2017) continúan siendo subexplorados.

Debido a esto, nuestro equipo científico del Departamento de Pesquerías y Biología Marina del Instituto Politécnico Nacional de México en conjunto con la Fundación SQUALUS y WCS Colombia, se adentró a un área de esta importante zona para estudiar por primera vez la abundancia y riqueza de batoideos que son capturados regularmente por la pesca artesanal. Además, investigamos cuales especies presentan una mayor vulnerabilidad ante las presiones pesqueras y aquellas que poseen una mayor resiliencia para poder evaluar el efecto que tienen dichas actividades humanas sobre sus poblaciones (Del Valle González-González et al., 2020).

MÉTODOLÓGICA Y ZONA DE ESTUDIO

La Isla Espíritu Santo pertenece al complejo Insular Espíritu Santo, un Área Natural Protegida ubicada en el Golfo de California, frente a las costas de La Paz, Baja California Sur. La investigación fue llevada a cabo en la zona sur y sureste de esta isla, frecuentada por pescadores ribereños para la pesca de batoideos y tiburones.

Durante esta investigación, se documentó de forma precisa las especies que son capturadas con mayor frecuencia por los pescadores ribereños de la Bahía de la Paz, BCS, durante poco más de dos años consecutivos. Para esto, se realizaron acompañamientos a los viajes de pesca con uno de los pescadores más experimentados de la región: Don Juan Higuera, ocasionalmente acompañado por su esposa y su nieto Daniel – quien aprendió de él y decidió continuar practicando esta importante labor.

La pesca artesanal no es tarea fácil, ya que requiere de extensa mano de obra y tiempos de actividad prolongados (Urciaga et al., 2009). A través de años de experiencia, Don Juan Higuera ha desarrollado y perfeccionado todo un proceso metódico de captura. En los caladeros de pesca, Don Juan extiende las redes utilizadas para esta actividad, conocidas coloquialmente como chinchorros agalleros, los cuales son tendidos durante el atardecer y recuperados durante las primeras horas del siguiente día.

Una vez recuperados los equipos de pesca, Don Juan separa de la captura aquellas especies que legalmente están permitidas capturar, mientras que aquellas que están protegidas por leyes internacionales y nacionales son puestas en libertad lo más pronto posible y devueltas vivas al mar. Una vez separadas las especies de interés, cada individuo es identificado, contabilizado,

sexado (por la presencia de órganos copuladores del macho), pesado y medido por el grupo de biólogos que participan en los acompañamientos de pesca.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

RIQUEZA Y ABUNDANCIA DE BATOIDEOS EN LA ISLA ESPÍRITU SANTO

La abundancia de una especie es uno de los parámetros más relevantes en los modelos de captura y recaptura (Chao, 2001) y un factor esencial en la mayoría de los programas que involucran manejo y conservación de poblaciones de fauna (Nichols y MacKenzie, 2004). Los estudios de abundancia y riqueza de batoideos en México han reportado 36 especies en total, de las cuales 31 se encuentran distribuidas en la Bahía de la Paz (Burgos-Vázquez et al., 2017).

En el 2017, se creía que habitaban solamente 13 especies de batoideos en la Isla Espíritu Santo (Ehemann et al., 2017). Sin embargo, de acuerdo a los resultados de este estudio, se sumaron cuatro especies al elenco: la raya de Vélez o bruja (*Rostroraja velezi*), la raya guitarra punteada (*Pseudobatos glaucostigmus*), la raya redonda de Cortéz (*Urobatis maculatus*) y la manta mobula (*Mobula mobular*), siendo un total de 17 especies las que habitan en las productivas aguas de esta isla. Esto posiciona a la Isla Espíritu Santo como la isla con mayor riqueza de especies de batoideos en todo el Golfo de California, seguida por la Isla Cerralvo que alberga un total de 13 especies (Del Moral-Flores et al., 2013).

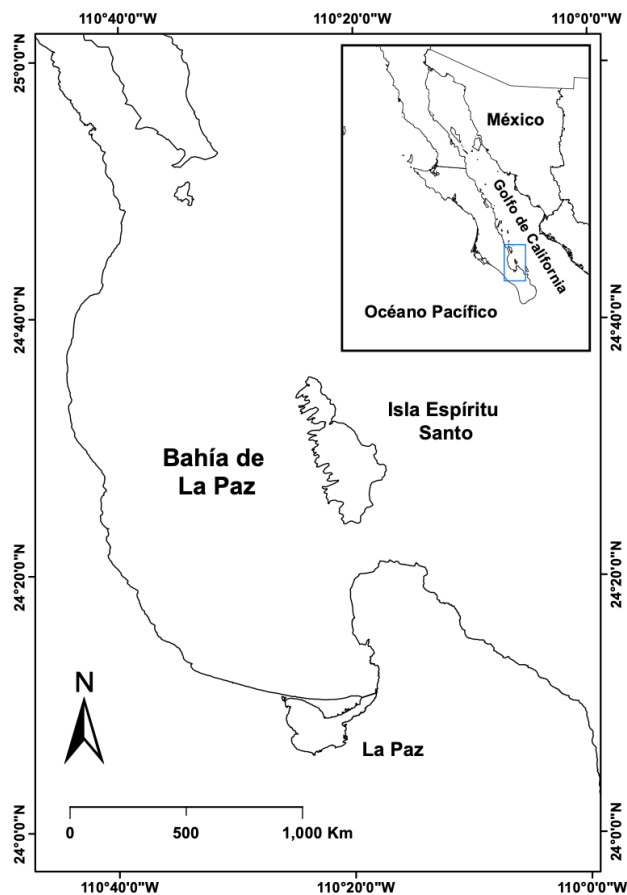


Figura 3. Zona de estudio: Isla Espíritu Santo, Golfo de California. Crédito: Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional.

En poco más de 20 viajes de pesca se capturaron más de 2000 ejemplares, esto es, un promedio de 100 ejemplares por viaje de pesca (aunque hay ocasiones en los que Don Juan regresa sin producto a La Paz), pertenecientes a cuatro órdenes, 10 familias, 10 géneros y 15 especies, revelando la sorprendente diversidad de batoideos que habitan en la Isla Espíritu Santo.

El orden mejor representado fue Myliobatiformes, con seis familias, seis géneros y 11 especies habitando en esta zona. Dentro de este orden, fue el género *Urobatis* quien contribuyó con el mayor número de especies, con tres representantes. Estas especies son sumamente importantes en el funcionamiento del ecosistema, ya que desempeñan un rol importante como depredadores bentónicos (Oñate et al., 2017). Sin embargo, las rayas de este género no tienen importancia comercial, por lo cual no son aprovechadas por los pescadores artesanales.

Los resultados también revelaron que existen especies dominantes dentro de la Isla Espíritu Santo que predominan durante todo el año, con variaciones estacionales en su abundancia. Estas especies son: la manta enana (*Mobula munkiana*), la raya diamante (*Hypanus dipterurus*), la raya eléctrica (*Narcine entemedor*) y la raya tecolote o chucho (*Rhinoptera steindachneri*). La variación estacional de estos organismos podría deberse a diversos factores, entre ellos los cambios temporales significativos que impactan a las islas del Golfo de California, afectando la temperatura, salinidad y productividad de sus aguas (Thunell, 1998) y, asimismo, la distribución y ecología de sus habitantes marinos (Villegas-Amtmann et al., 2011).

PESQUERÍAS SOSTENIBLES PARA LA PROTECCIÓN DE BATOIDEOS

Aunque la pesca artesanal representa un elemento importante para mantener la capacidad alimentaria y disminuir la pobreza (FAO, 2016), puede significar una amenaza para especies de batoideos cuyas poblaciones son vulnerables a la sobreexplotación (Sys, 2019). Por esta razón, es esencial estudiar los niveles de resiliencia y vulnerabilidad de las especies de batoideos distribuidas en el Golfo de California y determinar cuáles especies se encuentran clasificadas como vulnerables o amenazadas.

La resiliencia de una especie se centra en la habilidad de los individuos de continuar su función ecológica aún después de pasar por una presión o disturbio (Zaccarelli y Zurlini, 2008). Entender la resiliencia de una especie, ya sea para fines de investigación o desarrollo de planes de manejo, es fundamental para comprender el tipo de amenaza, presión o estresor (Hobfoll et al., 2016) que pueda afectar la estabilidad de sus poblaciones.

De las cuatro especies dominantes de la isla, la manta enana, representando casi el 75% de la captura total de las especies presentes, es la única clasificada



Figura 4. Don Juan durante el proceso de pesca. Crédito: Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional.

ORDEN/Familia/Especie	N	Peso (kg)			Talla (cm)	
		Total	Min-Max	±SD	Min-Max	±SD
MYLIOBATIFORMES						
Dasyatidae						
<i>Hypanus dipterurus</i> (Jordan & Gilbert, 1880)	636	3604.4	0.9-35.3	5.7 ±4.1	28.1-89 AD	48.0 ±16.1
<i>Hypanus longus</i> (Garman, 1880)	54	469.1	1.1-36.6	8.7 ±3.5	30.3-110 AD	63.5 ±16.3
Gymnuridae						
<i>Gymnura marmorata</i> (Cooper, 1864)	12	34.4	0.5-8.2	2.9 ±2.5	38-93 AD	59.9 ±18.3
Mobulidae						
<i>Mobula munkiana</i> Notarbartolo-di-Sciara 1987	723	2264.8	0.6-17.0	3.1 ±2.0	41.1-112 AD	64.0 ±10.2
<i>Mobula mobular</i> (Bonnaterre, 1788)	1	9.9	-	-	107.6 AD	-
Myliobatidae						
<i>Myliobatis longirostris</i> Applegate & Fitch, 1964	16	81.4	1.0-11.8	5.1 ±3.0	42-97 AD	70.1 ±15.6
<i>Myliobatis californicus</i> Gill, 1865	5	10.1	0.8-3.1	2.0 ±1.0	39.2-60.5 AD	52.1 ±18.3
Rhinopteridae						
<i>Rhinoptera steindachneri</i> Evermann & Jenkins, 1891	169	879.6	2.2-14.9	5.2 ±3.2	54-91.6 AD	69.1 ±16.6
Urotrygonidae						
<i>Urobatis halleri</i> (Cooper, 1863)	12	11.2	0.4-1.7	0.9 ±3.2	20-29 AD	23.5 ±2.8
<i>Urobatis concentricus</i> Osburn & Nichols, 1916	8	12.8	0.7-2.7	1.6 ±0.6	26.5-37.6 AD	31.5 ±3.9
<i>Urobatis maculatus</i> Garman, 1913	6	3.5	0.2-0.9	0.5 ±0.2	18.7-24.3 AD	21.7 ±2.4
RAJIFORMES						
Rajidae						
<i>Rostroraja velezi</i> (Chirichigno F., 1973)	5	17.0	2.2-5.2	3.4 ±1.2	56.5-68.0 AD	61.7 ±5.4
RHINOPRISTIFORMES						
Rhinobatidae						
<i>Pseudobatos glaucostigmus</i> (Jordan & Gilbert, 1883)	26	30.2	0.7-1.8	1.2 ±0.6	59.5-75 LT	68.8 ±3.6
Trygonorrhinidae						
<i>Zapteryx exasperata</i> (Jordan & Gilbert, 1880)	59	107	1.3-3.2	1.8 ±0.3	64.5-80.4 LT	73.2 ±3.4
TORPEDINIFORMES						
Narcinidae						
<i>Narcine entemedor</i> Jordan & Starks, 1895	251	748.4	0.8-6.4	3.0 ±1.2	41.5-84 LT	64.5 ±8.7

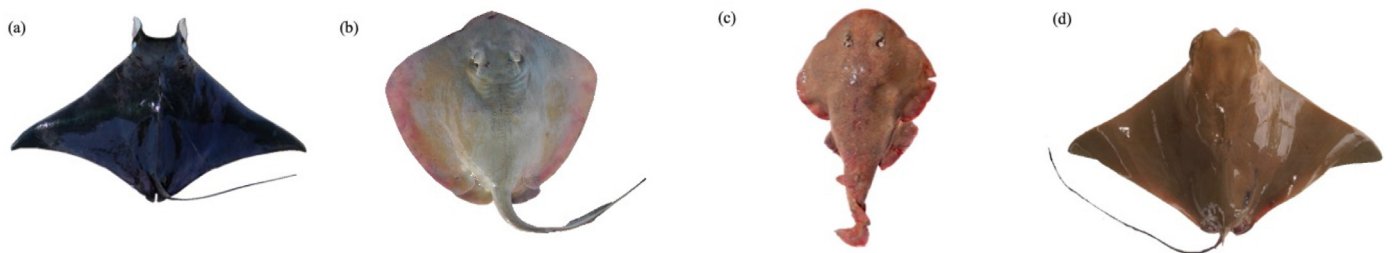


Figura 5. Número total de individuos de batoideos capturados y pesados por especie (n). AD: ancho de disco; LT: longitud total; Min: mínimo; Max: máximo; : promedio y SD: desviación estándar.

Figura 6. Las especies dominantes de batoideos de la Isla Espíritu Santo son (a) la manta enana (*Mobula munkiana*; Notarbartolo-di-Sciara, 1987); (b) la raya diamante (*Hypanus dipterurus*; Jordan & Gilbert, 1880); (c) la raya eléctrica o toque (*Narcine entemedor*; Jordan & Starks, 1895); y (d) la raya tecolote (*Rhinoptera steindachneri*; Evermann & Jenkins, 1891). Crédito: Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional.

como una especie vulnerable de acuerdo a la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, por sus siglas en inglés), siendo protegida por leyes internacionales y nacionales. Por dicho estado de conservación, así como por especificaciones de normas nacionales como la NOM-029-PESC-2006, los pescadores artesanales no pueden capturar estos organismos para uso comercial, por lo que todos los ejemplares son devueltos al mar vivos una vez liberados de las artes de pesca.

La raya diamante, por otro lado, no se encuentra actualmente protegida. Por lo tanto, esta raya es la única de las especies dominantes que es aprovechada para consumo humano, comercializada de forma local en la ciudad de La Paz, BCS. Su alta dominancia en esta región podría reflejar una alta resiliencia ante actividades humanas como la pesca artesanal.

Por otra parte, la raya eléctrica y la raya tecolote se encuentran en un estado saludable en la Bahía de la Paz (Jiménez García, 2020), por lo que los niveles actuales de mortalidad por pesca podrían no afectar a la población. Sin embargo, a pesar del aparente estado saludable de la raya tecolote, se sugiere que es poco probable que su población soporte un incremento en la mortalidad por la pesca artesanal y/o comercial u otra actividad que pueda afectar su sobrevivencia.

La raya tecolote, por lo tanto, podría presentar un mayor riesgo a disminuciones en su población por presiones pesqueras en comparación con la raya eléctrica. Por esta razón, es fundamental continuar con análisis de resiliencia y estudios de abundancia y riqueza para el monitoreo de sus poblaciones y para definir los límites de la pesca artesanal.

Hoy en día, las rayas y mantarrayas se encuentran entre los organismos marinos más amenazados y con menor porcentaje de protección a nivel global (Dulvy et al., 2014), especialmente por que sus características biológicas y ecológicas se encuentran entre las menos estudiadas (Stuart et al., 2004), lo cual lleva a un desconocimiento de su estado de conservación. Las actividades humanas, como la sobreexplotación y la pesca incidental, podrían alterar la riqueza de especies de batoideos, incrementando el riesgo de reducción de su población y orillándolas a una posible extinción en las próximas décadas (IUCN, 2016). Como consecuencia, estaríamos perdiendo especies con gran importancia ecológica, económica y cultural que juegan un papel esencial en el funcionamiento y en la salud de nuestros vastos pero amenazados océanos.

Desde mediados de los años ochenta, los conservacionistas han trabajado con pescadores artesanales para contribuir al desarrollo de pesquerías sostenibles para mejorar la

protección de recursos marinos y costeros (Brusca, 2010). Por lo tanto, la protección y conservación de batoideos es tan esencial como el arte de pesca y el aprovechamiento de recursos. Ambas acciones solamente serán posibles mediante la creación e implementación de planes de manejo de recursos pesqueros y el apoyo de proyectos de investigación y desarrollo de estrategias de conservación de batoideos en México.

Es fundamental que las pesquerías artesanales continúen avanzando hacia la sostenibilidad para permitir que aquellas especies en riesgo se recuperen y, a su vez, prevenir que especies que hoy son resilientes se conviertan en especies en riesgo durante los próximos años.

CONCLUSIONES

Este trabajo representa una contribución en el manejo de recursos pesqueros y conservación de especies silvestres de ecosistemas marinos. Nuestros resultados enfatizan que las especies de batoideos estudiadas se encuentran susceptibles a una explotación no regulada o a extinciones locales, siendo poco aptas para compensar un aumento en su mortalidad.

Aunque la pesca ribereña artesanal continúa siendo una de las actividades de captura más sostenibles en México, es necesario asegurar esta sostenibilidad mediante la reducción de la captura y mortalidad de algunas especies de batoideos, especialmente aquellas categorizadas como vulnerables. Además, se requiere tener un control de captura de aquellas consideradas resilientes para evitar su futura explotación y, asimismo, conservar la riqueza y productividad del Golfo de California y de las islas que lo componen.

Los análisis de resiliencia y vulnerabilidad son instrumentos de alto impacto en la conservación que, en conjunto con estudios de abundancia y riqueza, permiten proporcionar una perspectiva multidimensional para el desarrollo de planes de manejo de recursos. Estos serán esenciales para predecir riesgos generados por presiones del ambiente o actividades humanas como la pesca y, a su vez, para identificar las áreas a proteger hoy para que mañana continúen albergando una alta riqueza de especies.

Finalmente, será esencial continuar estudiando los aspectos de la historia de vida de este enigmático grupo de elasmobranquios, ya que la comprensión de sus roles ecológicos continúa siendo insuficiente. Conocer sus características demográficas, como su tamaño, mortalidad, y patrones de migración, así como su capacidad de recuperación, será fundamental para asegurar el futuro de sus especies, de sus hábitats y de la importante pesca ribereña artesanal ❀



LITERATURA CITADA

- Benítez, H. y Bellot, M. 2007. Biodiversidad: Uso, Amenazas y Conservación. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.
- Bonfil, R. 1994. Overview of world elasmobranch fisheries. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Burgos-Vázquez, M.I., Mejía-Falla, P.A., Cruz-Escalona, V.H. y Brown-Peterson, N.J. 2017. Reproductive Strategy of the Giant Electric Ray in the Southern Gulf of California. *Marine and Coastal Fisheries*. 9 (1): 577-596. DOI: 10.1080/19425120.2017.1370042.
- Brusca, R. 2010. The Gulf of California: Biodiversity and Conservation. The University of Arizona Press.
- Campredon, P., Cuq, F. 2001. Artisanal fishing and coastal conservation in West Africa. *J Coast Conserv* 7, 91-100. <https://doi.org/10.1007/BF02742471>
- Chao, A., 2001. An overview of closed capture-recapture models. *Journal of Agricultural, Biological, and Environmental Statistics*, 6: 158-175.
- Cinner J.E. y McClanahan, T.R. 2006. Socioeconomic factors that lead to overfishing in small-scale coral reef fisheries of Papua New Guinea. *Environmental Conservation* 33: 73-80 doi 10.1017/s0376892906002748.
- CONABIO. 2000. Programa de Manejo: Área de Protección de Flora y Fauna. Islas del Golfo de California.
- CONABIO, CONANP, Pronatura y TNC. 2007. Gap analysis for conservation priorities of marine biodiversity in Mexico - oceans, coasts, and islands.
- CONANP. 2020. Áreas de Protección de Flora y Fauna: Islas del Golfo de California en Baja California. Recuperado de: <https://www.gob.mx/conanp/es/articulos/islas-del-golfo-de-california-valioso-sitio-de-descanso-para-las-aves-migratorias?idiom=es>
- Del Moral-Flores, L.F. 2010. Diversidad y patrones biogeográficos de la ictiofauna asociada a los complejos insulares del Golfo de California. Tesis Maestría. Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. La Paz, Baja California Sur, México. 269 pp.
- Del Valle González-González L., V. H. Cruz- Escalona, N. Roberto Ehemann, G. De la Cruz-Agüero, L. A. Abitia-Cárdenas, P. A. Mejía-Falla, A. F. Navia. 2020. Riqueza y abundancia relativa de los batoideos de la pesquería artesanal en el archipiélago Espíritu Santo, BCS, México. *Hidrobiológica* 30 (1).
- Diario Oficial de la Federación (DOF). 2007. Norma Oficial Mexicana NOM-029-PESC-2006. Pesca responsable de tiburones y rayas. Especificaciones para su aprovechamiento. SAGARPA, México. D.F.
- Dulvy, N. K., Fowler, S. L., Musick, J. A., Cavanagh, R. D., Kyne, P. M., Harrison, L. R., Carlson, J. K., Davidson, L. N., Fordham, S. V., Francis, M. P., Pollock, C. M., Simpfendorfer, C. A., Burgess, G. H., Carpenter, K. E., Compagno, L. J., Ebert, D. A., Gibson, C., Heupel, M. R., Livingstone, S. R., Sanciangco, J. C., White, W. T. 2014. Extinction risk and conservation of the world's sharks and rays. *eLife*, 3, e00590. <https://doi.org/10.7554/eLife.00590>.
- Ehemann, N., Erdmann, Pet-Soede y Cabanban. 2000. Destructive Fishing Practices. *9th International Coral Reef Symposium*.
- Ehemann, N., Pérez-Palafox, X.A., Mora-Zamacona, P., Burgos-Vázquez, M.I., Navia, A.F., Mejía-Falla, P.A. y Cruz-Escalona, V.H. 2017. Size-weight relationships of batoids captured by artisanal fishery in the southern Gulf of California, Mexico. *Journal of Applied Ichthyology*. 33 (5): 1051-1054. DOI: 10.1111/jai.13421.
- Food and Agriculture Organization (FAO). 1986. Definición y clasificación de las embarcaciones pesqueras. FAO Documento Técnico de Pesca. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, 1986.
- Food and Agriculture Organization (FAO). 2003. Management, co-management or no management? Major dilemmas in southern African freshwater fisheries: Synthesis report. Rome, 2003.
- Food and Agriculture Organization (FAO). 2016. Fisheries and Aquaculture topics. Small-scale and artisanal fisheries. Topics Fact Sheets. Text by Jan Johnson. In: *FAO Fisheries and Aquaculture Department* [online]. Rome. <http://www.fao.org/3/a-i5651e.pdf>
- Fernández-Rivera, F., Suárez-Castillo, A., Amador-Castro, I., Gastélum-Nava, R., Espinosa-Romero, M.J. y Torre, J. 2018. Bases para el ordenamiento de la pesca artesanal con la participación del sector productivo en la Región de las Grandes Islas, Golfo de California. *Ciencia Pesquera* 26(1):81-100.
- Ferretti, F., Worm, B., Britten, G., Heithaus, M. y Lotze, H. 2010. Patterns and ecosystem consequences of shark declines in the ocean. *Ecology Letters*.

- García, S.M. 2009. A fishery managers handbook. FAO and Wiley-Blackwell, pp. 473-505.
- Heinze, C., Meyer, N., Anderson, L., Steinfeldt, R., Chang, N., Le Quére, C. y Bakker, D.C. 2015. The ocean carbon sink – impacts, vulnerabilities and challenges. *Earth Syst. Dynam.*, 6, 327-358.
- Hilborn, R. 2005. Are sustainable fisheries achievable? Chapter 15, pp. 247-259, in Norse and Crowder.
- Hobfoll, S.E., Stevens, N.R., & Zalta, A.K. 2015. Expanding the Science of Resilience: Conserving Resources in the Aid of Adaptation. *Psychological inquiry*, 26(2), 174-180. <https://doi.org/10.1080/1047840X.2015.1002377>.
- The International Union for Conservation of Nature (IUCN). 2016. The Conservation Status of Sharks, Rays and Chimaeras in the Mediterranean Sea. *Mediterranean Red List Initiative*.
- Jiménez García Y.A. 2020. Demografía de *Rhinoptera steindachneri* (Evermann & Jenkins, 1891) y *Narcine entemedor* (Jordan & Starks, 1985) en Bahía De La Paz, BCS, México. Tesis de Maestría en Ciencias, Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. La Paz, Baja California Sur, México.
- Lluch-Cota, Salvador y Aragon-Noriega, Eugenio y Arreguín-Sánchez, Francisco y Auriolos-Gamboa, David y Bautista-Romero, J. Jesús y Brusca, Richard y Cervantes-Duarte, Rafael y Cortés-Altamirano, Roberto y del Monte-Luna, Pablo y Esquivel, Alfonso y Fernández, Guillermo y Hendrickx, Michel y Hernández-Vázquez, Sergio y Herrera-Cervantes, Hugo y Kahru, Mati y Lavín, Miguel y Lluch-Belda, Daniel y Lluch-Cota, Daniel y Martínez, Juana y Sierra, Arturo. 2007. The Gulf of California: Review of ecosystem status and sustainability challenges. *Progress In Oceanography*. 1-26. [10.1016/j.pocean.2007.01.013](https://doi.org/10.1016/j.pocean.2007.01.013).
- Márquez-Farías, J.F. y Blanco-Parra, M.P. 2006. Las rayas del Golfo de California. Sustentabilidad y Pesca Responsable en México, Evaluación y Manejo. INAPESCA, SAGARPA, México, 303-322.
- Nichols, J.D. y MacKenzie, D.I. 2004. Abundance estimation and Conservation Biology. *Animal Biodiversity and Conservation*. Volume 27.1.
- Oñate, G.E., Amezcua, F., & Buszkiewicz, J., Castellanos-Cendales, A., Amezcua, F. (2017). Trophic ecology of the blotched stingray, *Urotrygon chilensis* (Elasmobranchii: Myliobatiformes: Urotrygonidae), in three areas of the Mexican Pacific. *Acta Ichthyologica et Piscatoria*. 47. 185-196. [10.3750/AIEP/02099](https://doi.org/10.3750/AIEP/02099).
- Ramirez, L.E. 2002. Fecundity and life-history strategies in marine invertebrates. *Advances in Marine Biology*. Academic Press; Volume 43, 2002, Pages 87-170. ISSN 0065-2881, ISBN 9780120261437. [https://doi.org/10.1016/S0065-2881\(02\)43004-0](https://doi.org/10.1016/S0065-2881(02)43004-0).
- Rocha-González, F.I. 2018. Distribución potencial de las especies de batoideos de mayor importancia pesquera en el golfo de México. Tesis de Maestría en Ciencias. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California. 61 pp.
- Snelgrove, P.V. 1999. Getting to the Bottom of Marine Biodiversity: Sedimentary Habitats: Ocean bottoms are the most widespread habitat on Earth and support high biodiversity and key ecosystem services. *BioScience* 49:2, 129-138, <https://doi.org/10.2307/1313538>.
- Stuart, S.N., Chanson, J.S., Cox, N.A., Young, B.E., Rodrigues, A.S.L., Fischman, D.L., Waller, R.A. 2004. Status and trends of amphibian declines and extinctions worldwide. *Science*; 306:1783-1786. doi: 10.1126/science.1103538.
- Sys, K. 2019. Bycatch of endangered, threatened and protected species in the coastal artisanal fishery of Suriname, 2015-2016. WWF Guianas, Paramaribo, Suriname.
- Thunell, R.C. 1998. Seasonal and annual variability in particle fluxes in the Gulf of California: A response to climate forcing. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*. Volume 45, Issue 2, 2059-2083.
- Urciaga, J., Beltrán-Morales, L. y Lluch, D. 2009. Recursos Marinos y Servicios Ambientales en el Desarrollo Regional. CIBNOR.
- VanBlaricom, G. R. 1982. Experimental analyses of structural regulation in a marine sand community exposed to oceanic swell. *Ecological Monographs* 52:283-305.
- Villegas-Amtmann, S., Simmons, S.E., Kuhn, C.E., Huckstadt, L.A. y Costa, D.P. 2011. Latitudinal Range Influences the Seasonal Variation in the Foraging Behavior of Marine Top Predators. *PLoS ONE* 6(8): e23166. doi: 10.1371/journal.pone.0023166.
- Zaccarelli, N. y Zurlini, P.G. 2008. Retrospective Analysis. *Encyclopedia of Ecology* pp. 3020-3029. Academic Press.



REVISIONES TAXONÓMICAS, CIENCIA DE FRONTERA Y PROGRAMAS NACIONALES

/// SERGIO I. SALAZAR-VALLEJO* Y NORMA EMILIA GONZÁLEZ



Palabras clave: ignorancia, Linneo, México, turbo-taxonomía

Keywords: ignorance, Linnaeus, Mexico, turbo-taxonomy

El Colegio de la Frontera Sur, Depto. Sistemática y Ecología Acuática, Unidad Chetumal, 77019 Chetumal, Quintana Roo, México

* Autor para correspondencia: negv0707@hotmail.com, ngonzale@ecosur.mx (N.E. González)

RESUMEN

Para incentivar la propuesta de un programa nacional en taxonomía, se consideran cuatro aspectos fundamentales. Uno, la importancia de las revisiones taxonómicas ya que, al transformar la calidad de la investigación, son análogas a la piedra filosofal de los alquimistas. Dos, que las revisiones (y la taxonomía) deben considerarse como ciencia de frontera porque persiguen abatir la ignorancia. Tres, que dado que no conocemos la mayor parte de la biota planetaria debemos incrementar los esfuerzos de investigación en esa dirección, incluyendo enfoques de turbo-taxonomía. Cuatro, que debemos organizarnos mejor en una iniciativa nacional, encabezada por CONACYT y la UNAM, en la que se impulsen proyectos coordinados de alcance nacional.

ABSTRACT

In order to encourage a proposal for a national taxonomical program, four fundamental issues are herein considered. First, the importance of taxonomic revisions, which because of their transforming of research quality, they are analogous to the alchemists' philosopher stone. Second, that taxonomic revisions (and taxonomy) must be regarded as frontier science because they try to overcome ignorance. Third, because we ignore most planetary species we must increase our research activities in this field, including turbo-taxonomy approaches. Fourth, we must coordinate ourselves towards a national initiative, led by both CONACYT and UNAM, to promote national research projects in this field.

INTRODUCCIÓN

La taxonomía es una de nuestras actividades intelectuales más antiguas (Britz *et al.*, 2020). Mucho antes del surgimiento de la agricultura, clasificamos a los organismos en útiles o perjudiciales movidos por la curiosidad y por la necesidad de sobrevivir. La formalización de la taxonomía como ciencia, empero, empezó muchísimo más tarde y principalmente gracias a dos obras de Linneo (Fig. 1): *Species Plantarum* en 1753 para la taxonomía botánica, y la décima edición de *Systema Naturae* en 1758 para la zoológica.

260 años de tradición taxonómica han resultado en la descripción de casi dos millones de especies. Una división simple mostraría que el promedio de caracterización de especies es de unas 7700 especies por año. No obstante, el desarrollo del conocimiento taxonómico ha variado mucho desde las breves diagnósicas de Linneo para las 12000 especies contenidas en sus obras. En efecto, las diagnósicas se fueron extendiendo hasta llegar a ser descripciones progresivamente más detalladas, incluyendo ilustraciones; recientemente, hay una tendencia creciente a acompañar las descripciones con la secuenciación de por lo menos un gen.

El trabajo taxonómico se ha realizado en obras de distinta extensión, que algunos consideran como una serie progresiva. Iría desde la descripción de especies individuales, o grupos de especies en un área biogeográfica, hasta llegar a trabajos de mayor alcance en los que se estudian los componentes de una unidad evolutiva, lo que corresponde a las revisiones.

Una buena proporción de los taxónomos ha realizado descripciones sueltas de especies. Pese a tener el material ya analizado, a veces describen una especie a la vez por artículo, en la misma o diferentes revistas, con un posible interés en incrementar su producción (aunque algunos objetarán que es resultado de las presiones del 'publicar o perecer'). Unos pocos taxónomos deciden revisar el material tipo de todas las especies de un grupo (complejo de especies, género, tribu, subfamilia, familia) y realizar una caracterización estandarizada para los taxa incorporados, incluyendo ilustraciones más o menos homogéneas. Con ello, modifican la calidad de la información sobre el grupo y facilitan, por dicha caracterización y por las claves incorporadas, la mejora progresiva en el conocimiento del grupo (Boero, 2015). Las revisiones son poco frecuentes, o raras. Por ejemplo, en 2001-2015 Zootaxa publicó 17808 artículos (1190/año), y en el mismo lapso 1190 monografías (68/año), lo que indica que menos del 6% de la producción editorial de la revista se dedica a las monografías (<https://www.mapress.com/zootaxa/support/Statistics.htm#Number%20of%20monographs/books>).

Las revisiones serían, por su rareza y porque sus resultados transforman y potencian la calidad del conocimiento taxonómico, análogas a la piedra filosofal de los alquimistas. Es decir, transforman el 'plomo' de la información atomizada y heterogénea, en el 'oro' de una



Figura 1. Carl von Linné en 1738, retrato de su boda. Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Carlos_Linneo#/media/

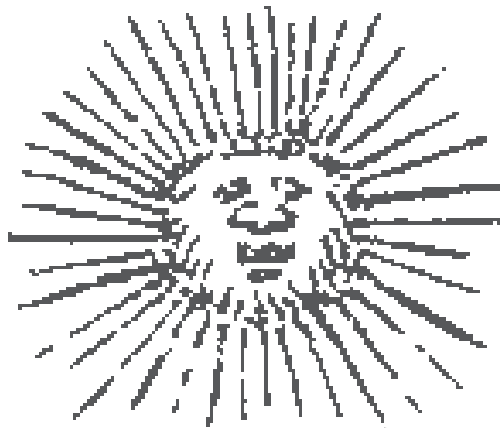
monografía de la mayor calidad posible. Por supuesto, los alquimistas no hallaron la piedra filosofal. Además, aunque sean las revisiones tan poco frecuentes, siguen siendo la obra cumbre de un trabajo taxonómico. Por fortuna, hay algunas referencias básicas sobre cómo realizar las revisiones taxonómicas y su consulta es recomendable a los interesados (Maxted, 1992; Bolton, 2007; Salazar-Vallejo, 2018, 2019).

El que no haya mayor esfuerzo para hacer las revisiones se podría comprender como extensión del argumento sobre la fragmentación de los resultados: las revisiones requieren mucha mayor inversión económica, de esfuerzo personal y de horas de trabajo, y resultan en una única publicación. Ciertamente ha habido muchas voces para abandonar el enfoque cuantitativo en la evaluación curricular, concentrado en el número de publicaciones y el factor de impacto de las revistas correspondientes, pero parece distante que se cambie el esquema (Salazar-Vallejo y Carrera-Parra, 1998). Hay que insistir todo lo que podamos y ser optimistas al aspirar a que nuestros productos sean valorados por su calidad, pero no ingenuos. El enfoque simplista del factor de impacto no desaparecerá pronto.

CIENCIA DE FRONTERA

Los fondos para investigación taxonómica han sido muy escasos en México por lo menos desde los años 80 del siglo pasado (Lamothe-Argumedo, 1989). El Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) abrió una convocatoria sobre ciencia de frontera y el motivo de esta reflexión es indagar sobre su significado y si la taxonomía, o las revisiones taxonómicas, podrían considerarse como ciencia de frontera.

La convocatoria correspondiente solicita "proyectos de investigación científica que aborden retos, preguntas o problemas de investigación de una manera no



convencional." Esta definición refleja que la "ciencia de frontera es cualquier intento de investigación que trascienda los paradigmas científicos." Sin embargo, no parece estar bien aterrizado el marco de referencia. Por un lado, según comentó Yureli Cacho Carranza, de la Agencia Informativa Conacyt: la investigación de frontera "se ubica en los límites del desarrollo de la investigación científica y tecnológica para generar cambios tecnológicos y de conocimiento importantes, vinculados al progreso económico e industrial de cualquier país." Dicho sea de paso, difiere de lo que el Foro Económico Mundial considera como fronterizo, o lo que denomina fronteras del futuro: biología cuántica, aprendizaje de computadoras con datos cortos, superconductividad a temperatura ambiente, y venómica (<https://www.weforum.org/agenda/2018/11/frontiers-of-science-research-global-future-councils-2018/>).

Para comprender mejor el asunto y mostrar cómo la taxonomía y las revisiones son ciencia de frontera, procede revisar unos antecedentes y brindar unas explicaciones. En los Estados Unidos, la síntesis de Vannevar Bush (Fig. 2) al terminar la segunda guerra mundial (Bush, 1945), muy apropiadamente denominada *Ciencia: la frontera infinita*, tuvo gran impacto en las políticas públicas, incluyendo el establecimiento de la National Science Foundation y de otros programas. La obra ha sido vuelta a considerar en varias ocasiones, en particular porque al definir la investigación básica combinó aquella orientada a la innovación práctica con la que era movida por la curiosidad. Según Wilcox (2016) los tres principios fundamentales de Bush eran que el gobierno federal debe financiar la investigación básica, que los académicos deben tener libertad de investigación, y que el ingreso a las universidades debe depender de las capacidades de los interesados.

Pielke (2010) afirmó que conforme la política científica se orientó a buscar beneficios para la sociedad, el término investigación básica entró en desuso en las revistas Nature o Science. Un corolario de esa perspectiva en la que la investigación básica es movida sólo por la curiosidad correspondería con la del sabio en una torre de marfil, una crítica del distanciamiento de la problemática social que se popularizó en el siglo XIX. O todavía peor, discurrendo cuestiones obtusas como el adivinar cuántos ángeles cabrían en la cabeza de un alfiler, como narra la anécdota de los monjes bizantinos ante la invasión de Constantinopla por los turcos otomanos en 1453.

En la taxonomía, como en muchas otras disciplinas, el principal motor para la investigación es abatir la ignorancia: 'lo que no sabemos y deseamos saber' (McGuinness, 2015). Seguro que la curiosidad fue uno de los catalizadores para seleccionar un grupo de estudio por los taxónomos en ciernes. No obstante, encaminamos nuestra acción intelectual a resolver incógnitas de distinta intensidad o relevancia social. Es decir, hacemos taxonomía para conocer la composición de especies de una región particular, lo mismo que para hallar especies productoras de metabolitos secundarios con utilidad en farmacia, o para caracterizar especies para potenciar la agricultura o el control biológico de plagas. El panorama, entonces, cubriría desde lo elemental, hasta lo más orientado a la solución de problemas sociales o económicos. Por supuesto, cada temática tiene su propia frontera, misma que radica en el umbral de la ignorancia. Del mismo modo, la percepción de la urgencia de atender alguna de estas fronteras depende de muchas variables, por lo que sería temerario dejar de fomentar una para priorizar otra.



Figura 2. Fotografía de Vannevar Bush en 1945. Fuente: <https://sites.google.com/site/lindacorchuelo07/1945-vannevar-bush-y-el-memex>

Faltaría comprender el significado de los paradigmas y cómo definir una actividad científica que pudiera trascenderlos. Stuessy (2009) indicó que 'un paradigma es una forma de conceptualizar una porción del universo; es decir, un marco de referencia filosófico o teórico.' En la historia de la ciencia, ha habido propuestas que son aceptadas de manera generalizada y han sido dignas de tan alta consideración, que devienen dogmáticas. Los ejemplos más comunes en taxonomía serían las conclusiones sobre sinonimias realizadas por especialistas, a veces basadas en información fragmentaria o secundaria, y, entre los anélidos marinos, la consideración de que la mayoría de las especies eran cosmopolitas. En este terreno, ese era el paradigma hasta fines de la década de los 80 del siglo pasado. Rechazarlo requirió revisiones taxonómicas, incluyendo materiales tipo, y de realizar comparaciones directas entre ejemplares de distintas procedencias. La conclusión fue, y sigue siendo en la mayoría de los casos, que las cosmopolitas son muy raras, excepción hecha de las especies que acompañaron a otras para maricultura, o de las que pueden trasladarse con las embarcaciones, fijos al casco en el agua de lastre. Incluso en esas condiciones, sólo serían aceptables las ubicables en el mismo horizonte ecológico (Salazar-Vallejo et al., 2014).

Para sorpresa de algunos, la mecánica fundamental del quehacer taxonómico, la misma usada para trascender los paradigmas taxonómicos mencionados, procede también de Linneo. En efecto, la introducción a su *Genera Plantarum* de 1737 (Fig. 3), realizada a sus 29 años, contenía diagnosis para 935 géneros de plantas. Dicha introducción es conocida como *Ratio operis*, consta de 32 aforismos, con referencias cruzadas, en los que Lineo critica a sus predecesores y contemporáneos, y proporciona explicaciones sucintas sobre el proceder del taxónomo. Müller-Wille y Reeds (2007) hicieron la primera traducción al inglés y para los fines de estas consideraciones, lo más relevante de la teoría y práctica (Müller-Wille, 2007) serían que el proceso involucra un razonamiento inductivo, basado en la recolección de toda la información disponible y por sí mismo (autopsia), y en cotejar los atributos ejemplar por ejemplar, especie por especie. Por el apremio, también deberíamos reconsiderar el uso de las diagnosis (Renner, 2016).

¿CUÁNTO FALTA PARA DOCUMENTAR LA DIVERSIDAD PLANETARIA?

Abatir la ignorancia sobre la biota del planeta es extremadamente urgente (Dubois, 2010). Estamos en una crisis ambiental generalizada, en la que es posible que muchas especies se extingan, aunque no se hayan documentado extinciones masivas todavía, los impactos a las poblaciones son ya evidentes (Young et al., 2016; Briggs, 2017; Ceballos et al., 2017).

Mora et al. (2011), con una serie de modelos y consulta a los especialistas, concluyeron que habría unos 9 millones de eucariontes en el planeta y que si medimos nuestra ignorancia por la proporción de especies

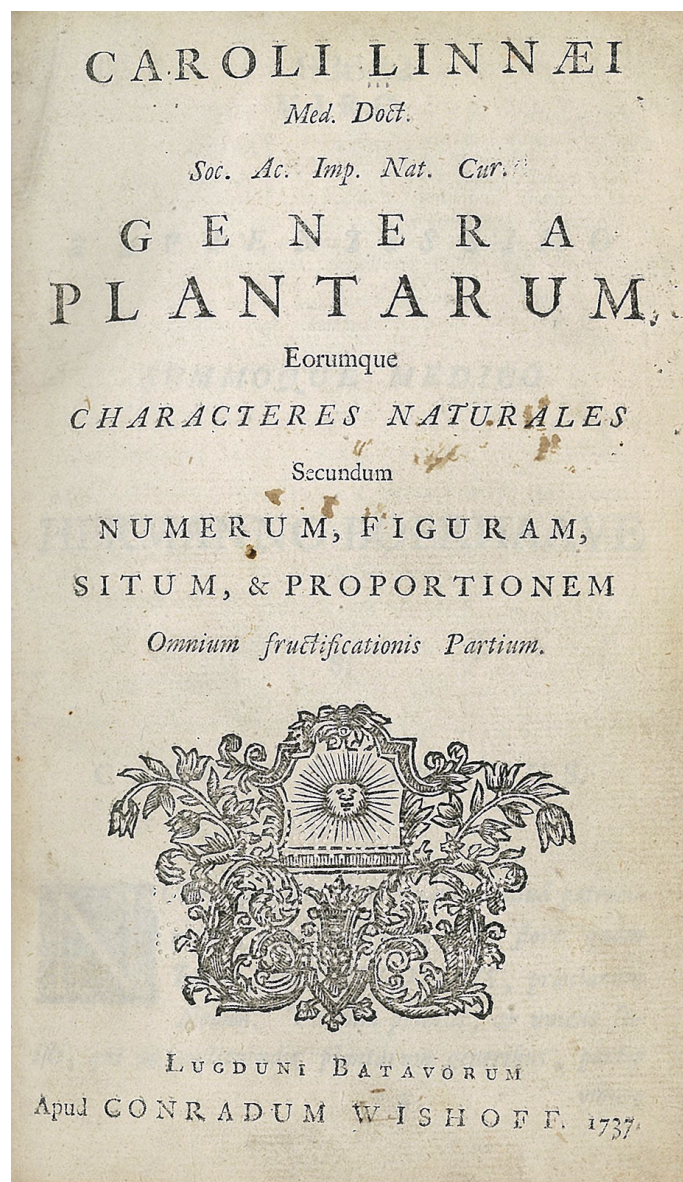


Figura 3. Portada del libro *Genera Plantarum*. Fuente: <https://www.britannica.com/topic/Genera-Plantarum-by-Linnaeus>

indescritas, rondaría el 88% en promedio (86% continentales, 91% marinos). También hicieron otras estimaciones. Si se describen unas 6200 especies por año, cada taxónomo describe unas 25 especies, y cada descripción cuesta un millón de pesos, entonces la humanidad necesitaría unos 303000 taxónomos, que trabajen unos 1200 años, y que tengan un financiamiento de unos 7.3 billones de pesos.

Una ruta crítica sobre lo que los taxónomos mexicanos podrían hacer se perfiló en otra parte (Salazar-Vallejo et al., 2018). La esencia era fortalecer e incluso diversificar las actividades taxonómicas en las instituciones de cada región, incluyendo el crecimiento en plazas, infraestructura y programas de entrenamiento, y para los que la colaboración e interacción entre las distintas sociedades científicas e instituciones de educación superior o investigación científica podrían fructificar en un programa nacional.

PROPUESTAS

La síntesis del maestro Lamothe-Argumedo (Fig. 4) publicada en 1989 no incluyó la necesidad de entrenamiento. Los programas de estudio de las licenciaturas en Biología incorporaban unos cinco cursos en Zoología y otros seis en Botánica, mismos que incluían salidas de campo, y a menudo obligaban una colección para aprobar los cursos. Eso cambió drásticamente cuando se colapsaron los cursos a uno o dos para estas disciplinas y se empeoró porque con la inseguridad creciente, las salidas de campo dejaron de realizarse casi por completo.

Unos pocos años después, se empezó a percibir un grave problema para acometer el reto de la ignorancia de la diversidad: el impedimento taxonómico. Este bloqueo intelectual y temporal involucra la reducción o desaparición de cursos de entrenamiento en taxonomía, la reducción del número de especialistas en los museos del mundo, y el reducido interés y financiamiento para proyectos de investigación en estos temas (Coleman, 2015).

Han habido muchas propuestas con distinto nivel de detalle y varias han sido publicadas (Salazar-Vallejo y González, 2016; Orr *et al.*, 2020; Wheeler, 2020). La pregunta fundamental sería ¿por qué no se han habilitado? o, dicho de otra manera, ¿en qué consiste que estas iniciativas no hayan progresado?

Una posible explicación es la inequidad en los recursos disponibles para las instituciones mexicanas. Es decir, si una institución como la Universidad Nacional Autónoma de México mantiene colecciones que son, por derivación, nacionales, entonces devienen sus programas también de ese nivel. Además, si algo está bien o funciona para la UNAM, entonces también lo será para la nación. No es así. Es verdad que buena parte de la investigación nacional se realiza en su seno; también es cierto que igualmente son relevantes las universidades estatales y los centros CONACYT (Liedo y Salazar-Vallejo, 2010). Empero, deberíamos reconocer que las iniciativas y programas académicos de la UNAM se han quedado cortos ante el reto de la biodiversidad nacional, y al papel que los taxónomos mexicanos deberían tener con la biodiversidad planetaria. No porque falte talento sino porque la magnitud del reto es tal que una institución no podrá resolverlo. El punto es delicado y merece una reflexión serena antes del rechazo automático, mismo que cabría más en el principio de autoridad, o del dogmatismo, que en una discusión entre científicos.

También vale la pena considerar la trascendencia, en cuanto a programas nacionales, de las sociedades científicas del país, especialmente de las orientadas a la diversidad animal, toda vez que las botánicas tienen, o tuvieron, los programas Flora de México y Flora Mesoamericana como las plumas de su sombrero. Por ello, las propuestas principales de esta opinión serían dos, equivalentes e interdependientes: 1) que la UNAM encabece, de la mano de las sociedades científicas, un programa nacional en investigación taxonómica que vaya más allá de las bases de datos

que tan bien ha emprendido CONABIO; 2) Que el CONACYT incentive esta y otras propuestas similares al otorgar reconocimiento y respaldo presupuestal a través de fondos directos para hacer revisiones y tesis doctorales, estancias de investigación, y para modernizar o expandir infraestructura y plazas para nuevos taxónomos. Por ejemplo, una propuesta limitada a los invertebrados marinos, y que merecería actualización, indicó que unas 210 nuevas plazas (70 curadores, 140 especialistas), cada una con dos microscopios y una computadora, así como un mobiliario modesto, costaría unos 130 millones de pesos por año (Salazar-Vallejo *et al.*, 2007).

Los taxónomos practicantes podrían echar mano de algunas herramientas que permitan resolver el cuello de botella de las descripciones taxonómicas. Una sería tener una plataforma para generar descripciones automáticas (Magalhaes, 2019), otra sería combinar diagnosis con fotos de buena calidad de los atributos diagnósticos, y acompañarlos de la secuencia de por lo menos un gen, lo que se ha denominado Turbo-Taxonomía. Ya hay muchos avances en estos esfuerzos colectivos que han resultado, por citar unos pocos ejemplos, en la descripción de unas 100 especies de insectos por artículo (Riedel *et al.*, 2013a, b; Meierotto *et al.*, 2019), o de 60-70 especies de líquenes (Lücking *et al.*, 2016), o de plantas (Muñoz-Rodríguez *et al.*, 2019).

Australia presenta varias semejanzas con México y no sólo en ser megadiversos, contar con una alta marginación social y población indígena, ya que también tienen los taxónomos muchos problemas (Hutchings, 2017). Pese a ello, los científicos australianos se han organizado para proponer un programa nacional, e incluso han conjuntado intereses con Nueva Zelandia



Figura 4. Fotografía de Rafael Lamothe-Argumedo al recibir la medalla UNAM. Fuente: <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmbiodiv/v85n1/v85n1a36.pdf>

para lanzar un programa binacional (Fig. 5) en taxonomía para la siguiente década (TDPWG, 2018). Ciertamente que no hay garantía de recursos, pero han alcanzado un nivel de organización que merece imitarse. Ojalá lo podamos conseguir en el futuro mediato. Un mecanismo sería promover que haya una reunión nacional, de la que emane un comité ad hoc, y que la ruta crítica involucre la propuesta ante CONACYT y reuniones con las comisiones correspondientes de las cámaras con miras a la asignación presupuestal correspondiente.

AGRADECIMIENTOS

Parte de estas reflexiones fueron presentadas durante el XXIV Congreso Nacional de Zoología en la Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León, en Monterrey en noviembre de 2019. La Sociedad Mexicana de Zoología y el comité organizador local fueron muy amables con nosotros. Las recomendaciones de un revisor anónimo ayudaron a mejorar la claridad de esta contribución✿

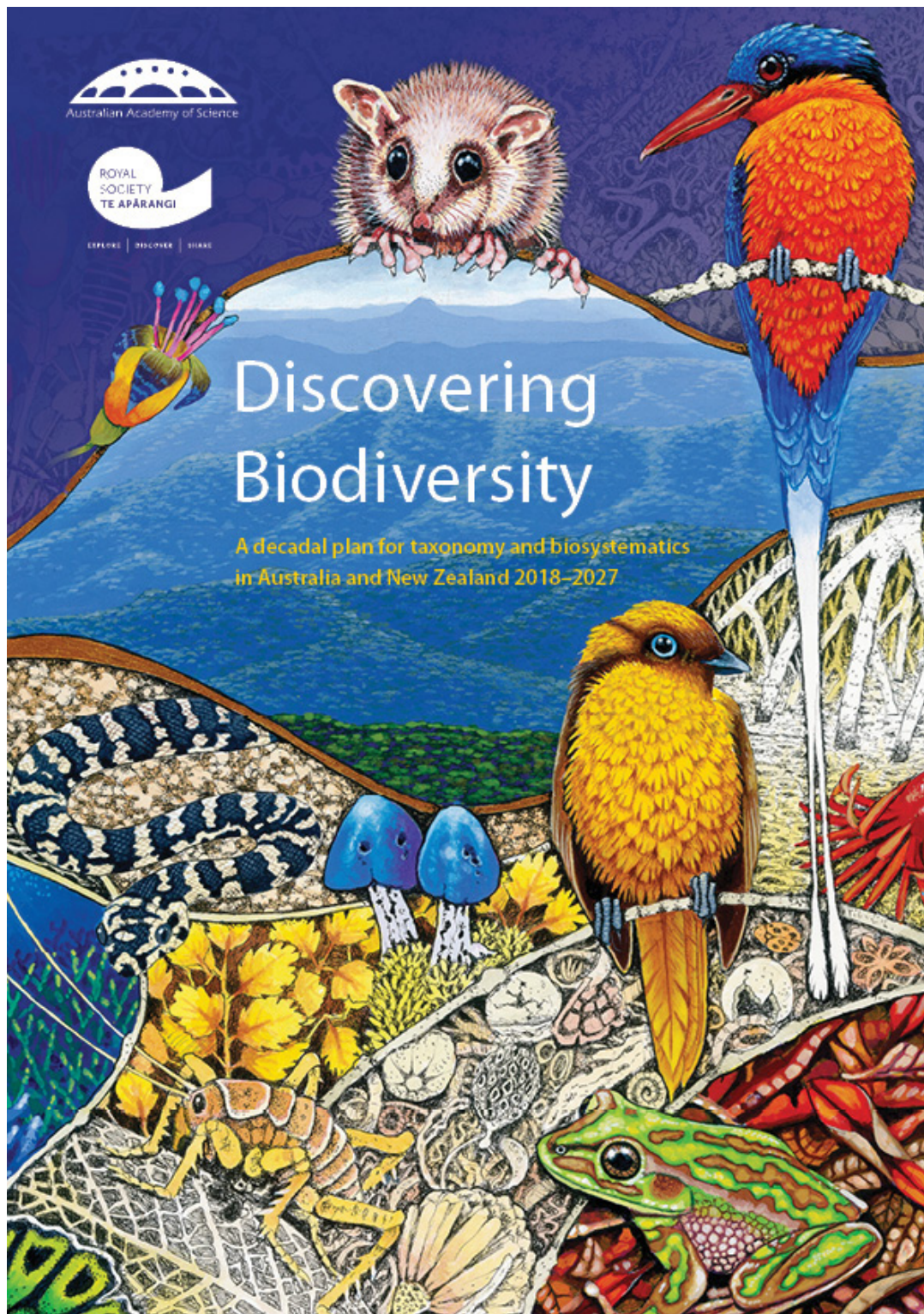


Figura 5. Portada del programa binacional Australia-Nueva Zelandia para la biodiversidad. Fuente: <https://www.science.org.au/support/analysis/decadal-plans-science/discovering-biodiversity-decadal-plan-taxonomy>



LITERATURA CITADA

- Boero, F. 2015. We need monographs, and revisions. *Italian Journal of Zoology*, 82: 149-150. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/11250003.2015.1041718>
- Bolton, B. 2007. How to conduct large-scale taxonomic revisions in Formicidae; pp 52-71 In Snelling, R. R., Fisher B. L. y Ward P. S. (eds), *Advances in Ant Systematics (Hymenoptera: Formicidae): Homage To E. O. Wilson - 50 Years of Contributions*. Memoirs of the American Entomological Institute, 80. https://www.antwiki.org/wiki/images/6/6e/Bolton%2C_B._2007a.pdf
- Briggs, J.C. 2017. Emergence of a sixth mass extinction? *Biological Journal of the Linnean Society*, 122: 243-248. <https://academic.oup.com/biolinnean/article/122/2/243/3869095>
- Britz, R., Hundsdörfer, A. y Fritz, U. 2020. Funding, training, permits - the three big challenges of taxonomy. *Megataxa*, 1: 49-52. <https://www.biotaxa.org/megataxa/article/view/megataxa.1.1.10>
- Bush, V. 1945. *Science: The Endless Frontier*. A Report to the President on a Program for Postwar Scientific Research. (reimpr. 1965 con introducción y 5 apéndices. National Science Foundation, 220 pp. <https://nsf.gov/od/lpa/nsf50/vbush1945.htm>
- Ceballos, G., Ehrlich, P.R. y Dirzo, R. 2017. Biological annihilation via the ongoing sixth mass extinction signaled by vertebrate population losses and declines. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(30): E6089-E6096. doi.org/10.1073/pnas.1704949114
- Coleman, C.O. 2015. Taxonomy in times of the taxonomic impediment - Examples from the community of experts on amphipod crustaceans. *Journal of Crustacean Biology*, 35: 729-740. doi.org/10.1163/1937240X2381.
- Dubois, A. 2010. Taxonomy in the century of extinctions: taxonomic gap, taxonomic impediment, taxonomic urgency. *Taprobranca*, 2: 1-5. doi.org/10.4038/tapro.v2i1.2702.
- Hutchings, P. 2017. An advocate for taxonomic research in Australia. *Pacific Conservation Biology, Special Issue*, pp A-C.
- Lamothe-Argumedo, R. 1989. Problemas y perspectivas de la taxonomía zoológica en México. *Ciencias*, 3: 44-54. <http://www.revistas.unam.mx/index.php/cns/article/view/11017>
- Liedo, J.P. y Salazar-Vallejo, S.I. 2010. La relevancia del Sistema CONACYT en la actividad científica. *EcoFronteras*, 38: 18-20.
- Lücking, R. (+ 52 coautores). 2016. Turbo-taxonomy to assemble a megadiverse lichen genus: seventy new species of *Cora* (Basidiomycota: Agaricales: Hygrophoraceae), honouring David Leslie Hawksworth's seventieth birthday. *Fungal Diversity*, 84: 139-207. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s13225-016-0374-9.pdf>
- Magalhaes, I.L. 2019. Spreadsheets to expedite taxonomic publications by automatic generation of morphological descriptions and specimen lists. *Zootaxa*, 4624: 147-150. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4624.1.12>
- Maxted, N. 1992. Towards defining a taxonomic revision methodology. *Taxon*, 41: 653-660. <http://www.jstor.org/stable/1222391>
- McGuinness, W. 2015. The future of scientific thought. *Journal of the Royal Society of New Zealand*, 45: 95-100. <http://dx.doi.org/10.1080/03036758.2015.1013142>
- Meierotto, S., Sharkey, M.J., Janzen, D.H., Hallwachs, W., Hebert, P.D.N., Chapman, E.G. y Smith, M.A. 2019. A revolutionary protocol to describe understudied hyperdiverse taxa and overcome the taxonomic impediment. *Deutsche Entomologische Zeitschrift*, 66: 119-145. DOI 10.3897/dez.66.34683.
- Mora, C., Tittensor, D.P., Adl, S., Simpson, A.G.B. y Worm, B. 2011. How many species are there on Earth and in the ocean? *PLoS Biology* 9(8): e1001127, 8 pp. doi:10.1371/journal.pbio.1001127

- Müller-Wille, S. 2007. Collection and collation: theory and practice of Linnean botany. *Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences*, 38: 541-562. doi:10.1016/j.shpsc.2007.06.010
- Müller-Wille, S. y Reeds, K. 2007. A translation of Carl Linnaeus's introduction to *Genera plantarum* (1737). *Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences*, 38: 563-572. doi:10.1016/j.shpsc.2007.06.003
- Muñoz-Rodríguez, P. (+ 14 coautores). 2019. A taxonomic monograph of Ipomea integrated across phylogenetic scales. *Nature Plants*, 5: 1136-1144. <https://www.nature.com/articles/s41477-019-0535-4>
- Orr, M.C., Ascher, J.S., Bai, M., Chesters, D. y Zhu, C.-D. 2020. Three questions: How can taxonomists survive and thrive worldwide? *Megataxa*, 1: 19-27. <https://www.biotaxa.org/megataxa/article/view/megataxa.1.1.4>
- Pielke, R. 2010. In retrospect: *Science - The Endless Frontier*. *Nature*, 466: 922-923. <https://www.nature.com/articles/466922a>
- Renner, S.S. 2016. A return to Linnaeus' focus on diagnosis, not description: the use of DNA characters in the formal naming of species. *Systematic Biology*, 65: 1085-1095. <https://doi.org/10.1093/sysbio/syw032>
- Riedel, A., Sagata, K., Suharjono, Y.R., Tänzler, R. y Balke, M. 2013a. Integrative taxonomy on the fast track - towards mores sustainability in biodiversity research. *Frontiers in Zoology*, 10: 15, 9 pp. www.frontiersinzoology.com/content/10/1/15
- Riedel, A., Sagata, K., Suharjono, Y.R., Tänzler, R. y Balke, M. 2013b. One hundred and one species of Trigonopterus weevils from New Guinea. *ZooKeys*, 280: 1-150. doi: 10.3897/zookeys.280.3906
- Salazar-Vallejo, S.I. 2018. Reseña de libro: *The Lost Species: Great Expeditions in the Collections of Natural History Museums*. Christopher Kemp, Univ. Chicago Press, 2017. *Biología y Sociedad*, 1: 84-88. <https://issuu.com/biologiaysociedad/docs/biologiaysociedadn2>
- Salazar-Vallejo, S.I. 2019. Reflexiones sobre cómo llegar a ser un buen taxónomo. *Biología y Sociedad*, 2: 4-18. <https://issuu.com/biologiaysociedad/docs/biologiaysociedadn4>
- Salazar-Vallejo, S.I. y Carrera-Parra, L.F. 1998. Taxonomía biológica, factor de impacto y evaluación curricular para el siglo XXI. *Interciencia*, 23(5): 1-7 www.interciencia.org/v23_05/salazar.pdf.
- Salazar-Vallejo, S.I., Carrera-Parra, L.F., González, N.E. y Salazar-González, S.A. 2014. Biota portuaria y taxonomía; pp 33-54 *In Especies Invasoras Acuáticas: Casos de Estudio en Ecosistemas de México*. Low-Pfeng, A.M., Quijón, P.A. & Peters-Recagno, E.M. (eds). SEMARNAT, INECC & Univ. Prince Edward Island, México, 643 pp. http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/consultaPublicacion.html?id_pub=713
- Salazar-Vallejo, S.I., Escobar-Briones, E., González, N.E., Suárez-Morales, E., Álvarez, F., de León-González J.A. y Hendrickx, M.E. 2007. Iniciativa mexicana en taxonomía: biota marina y costera. *Ciencia y Mar*, 11(32): 69-77.
- Salazar-Vallejo, S.I. y González, N.E. 2016. Crisis múltiples en taxonomía: Implicaciones para la biodiversidad y recomendaciones para mejorar la situación. *Códice, Boletín Científico y Cultural del Museo Universitario, Universidad de Antioquia*, 17: 42-56. https://issuu.com/muua/docs/c_dice_29_web
- Salazar-Vallejo, S.I., González, N.E., Barrientos-Villalobos, J., Carbajal-Márquez, R. y Schmitter-Soto, J.J. 2018. El reto taxonómico de la biodiversidad en México. *Biología y Sociedad*, 1: 65-74. https://www.researchgate.net/publication/323199463_El_reto_taxonomico_de_la_biodiversidad_en_Mexico
- Stuessy, T.F. 2009. Paradigms in biological classification (1707-2007): Has anything really changed? *Taxon*, 58: 68-76. <http://www.jstor.org/stable/27756825>
- TDPWG (Taxonomy Decadal Plan Working Group). 2018. *Discovering Biodiversity: A Decadal Plan for Taxonomy and Biosystematics in Australia and New Zealand 2018-2028*. Australian Academy of Sciences y Royal Society Te Aparangi: Canberra y Wellington, 63 pp.
- Young, H.S., McCauley, D.J., Galetti, M. y Dirzo, R. 2016. Patterns, causes, and consequences of Anthropocene defaunation. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, 47: 333-358. doi: 10.1146/annurev-eolsys-112414-054142
- Wheeler, Q. 2020. A taxonomic renaissance in three acts. *Megataxa*, 1:4-8. <https://www.biotaxa.org/megataxa/article/view/megataxa.1.1.2>
- Wilcox, K.A. 2016. Clearing the path on the *Endless Frontier*. *University of Kansas, Merrill Advanced Studies Center, Research Retreat*, 2016: 1-9. <https://doi.org/10.17161/merrill.2016.7765>



INTERACCIONES BIOLÓGICAS, UN COMPONENTE POCO CONOCIDO DE LA BIODIVERSIDAD DE ISLA CATALANA, GOLFO DE CALIFORNIA

FRANCISCO J. GARCÍA-DE LEÓN¹ & GUSTAVO ARNAUD-FRANCO¹
¹ Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C., La Paz, B.C.S.



RESUMEN

La biodiversidad puede ser definida de diferentes maneras, ya sea por el número de especies de un área, por las especies endémicas presentes, por la complejidad de ambientes, o por la diversidad genética que ocurre en una población o entre las poblaciones de las diferentes especies que conforman el ecosistema. Sin embargo, es menos común describir la biodiversidad en términos de otros componentes que son cruciales para la estabilidad y permanencia del ecosistema, como las interacciones biológicas. Se describen para la isla Catalana en el Golfo de California tres interacciones que comúnmente pasan desapercibidas ante los ojos de los observadores que visitan la isla, una entre hormigas y garambullos (*Pachycereus schottii*), otra entre arañas y la biznaga gigante (*Ferocactus diguetii*), y otra más entre murciélagos y cardones (*Pachycereus pringlei*).

ABSTRACT

Biodiversity can be defined in different ways, by the number of species in an area, by the endemic species present, by the complexity of environments, or by the genetic diversity that occurs in a population or between populations of different species that make up the ecosystem. Furthermore, it is less common to describe biodiversity in terms of other components that are crucial to ecosystem stability and permanence, such as biological interactions. In this document, three interactions that commonly go unnoticed in the eyes of observers visiting the island are described for the Catalan island in the Gulf of California, one between ants and garambullos (*Pachycereus schottii*), the other between spiders and the giant biznaga (*Ferocactus diguetii*), and another one among bats and cardons (*Pachycereus pringlei*).



Palabras Clave: isla Catalana, mutualismo, comensalismo, antagonismo

Key Words: Catalana Island, mutualism, commensalism, antagonism



Figura 1. Ecosistema desértico de la isla Catalana, con cardones (*Pachycereus pringlei*) y biznagas (*Ferocactus diguetii*). Foto: Gustavo Arnaud.

El paisaje de la Isla Santa Catalina (conocida localmente como Catalana), ubicada a 65 kilómetros al sureste de Loreto, en el Golfo de California, está dominado por cardones (*Pachycereus pringlei*) y biznagas gigantes (*Ferocactus diguetii*), en abundancias que dependen de las características de cada geoforma (laderas, cañadas, cauces de arroyos arenosos o pedregosos, planicies o mesetas), mostrándose majestuosos ante la vista de sus visitantes (figura 1). El gigantismo es una característica típica en islas, que no es exclusiva de las cactáceas columnares, también hay plantas herbáceas que toman la forma de árboles o bien mamíferos y reptiles con mayores tamaños, comparados con sus parientes continentales (Lomolino, 2005).

Los cardones son cactáceas imponentes, cuyos individuos de tallas mayores a un metro de altura, tienen más de un siglo de edad, ya que crecen aproximadamente de 1 a 3 centímetros por año (Delgado-Fernández et al., 2016), dando al apacible paisaje isleño, una sensación de que el tiempo pareciera haberse detenido.

La isla Catalana (25 ° 39'N, 110 ° 49'W) con un área de 41 km², se localiza a 25 km de la península de Baja California (Murphy et al., 2002), forma parte del Parque Nacional Bahía de Loreto, así como del Área Natural Protegida "Área de Protección de Flora y Fauna Islas del Golfo de California", declarada en el 2005, Patrimonio Mundial de la Humanidad por la UNESCO. Esta isla de basamento granítico, ha estado aislada por millones de años (Carreño y Helenes, 2002), generando así su propia historia, en la cual la flora y fauna han evolucionado dando lugar a una biodiversidad muy

particular; este ecosistema árido está caracterizado por laderas rocosas separadas por cauces arenosos, con una vegetación constituida por un matorral xerófilo, típico del Desierto Sonorense.

Justamente uno de sus atractivos turísticos, es la observación de su biodiversidad, ya que la mayoría de sus visitantes se centra en observar los elementos más conspicuos de la isla, como la forma peculiar de sus rocas, las cactáceas gigantes y sus reptiles, resaltando entre ellos la serpiente de cascabel *Crotalus catalinensis*, que no presenta un cascabel en su porción terminal (figura 2), en esta isla el 80% de sus reptiles son endémicos (Grismer, 2002).

En general, la biodiversidad la conocemos por el número de especies presentes en una región, o por las que son especies únicas (endémicas), así también por la complejidad de ambientes particulares (microclimas) y variada vegetación, pero también existe la diversidad genética que ocurre en una población o entre poblaciones de las diferentes especies que conforman el ecosistema. Sin embargo, es menos común describir la biodiversidad en términos de otros componentes que son cruciales para la estabilidad y permanencia del ecosistema, tales como las "interacciones biológicas". ¿Qué son este tipo de interacciones? y ¿qué importancia tienen para la biodiversidad de los ecosistemas en general y en la isla Catalana en particular? Como se puede suponer, estos fenómenos pueden escapar de la vista de los visitantes, por ello, resaltamos su importancia ecológica.

LAS INTERACCIONES BIOLÓGICAS

Las interacciones biológicas tienen un papel importante en el funcionamiento y equilibrio de los ecosistemas, puesto que permiten la sobrevivencia y regulación de las poblaciones en forma natural (Franklin et al., 2016). En el caso de los ambientes desérticos, como el de isla Catalana, la temperatura y la disponibilidad de agua, son factores críticos que obligan a los organismos a adaptarse o sucumbir. Para sobrevivir, los organismos requieren de adaptaciones especiales para tolerarlos, siendo las interacciones biológicas un medio a través del cual las especies enfrentan los desafíos para la sobrevivencia. Estas interacciones son diversas, ya que pueden involucrar diferentes grupos de organismos o diferentes niveles tróficos de la cadena alimentaria, o bien tener efectos diversos sobre la manera en que los individuos interactúan unos con otros, así como con el grado de dependencia de las especies a estas interacciones, muchas veces necesarias para la sobrevivencia. En este contexto, la naturaleza de estos aspectos ha sido tomada en cuenta para clasificar los distintos tipos de interacciones biológicas. Así tenemos por ejemplo el *mutualismo*, que es la interacción entre dos especies, donde las dos se benefician de su relación; el *comensalismo*, que se presenta cuando una especie se beneficia de otra, pero sin que esa otra obtenga beneficio o perjuicio, y el *antagonismo*, que resulta de la interacción entre dos especies, donde una se beneficia a expensas de la otra (Villem, 2001). En cada una de estas interacciones no existe dependencia entre la presencia de una especie en relación a la otra, a esta relación se le llama "facultativa"; en cambio, cuando existe una dependencia de la presencia de una especie en relación a la otra, porque raramente interactúa con otra especie diferente, a esa relación se le llama "obligada". Por otra parte, existen especies que se les llama "generalistas", porque interactúan con varias especies, en cambio, las que interactúan solo con ciertas especies se les llama "especialistas" (Villem, 2001).

Todas estas interacciones pueden variar a través del tiempo y el espacio, es decir, entre temporadas del año y lugares en los que se encuentran, pudiendo cambiar del mutualismo al antagonismo, de acuerdo con el contexto del ambiente en que se encuentren. En esta inmensa red de interacciones biológicas, las obligatorias representan solo una pequeña fracción. Un ejemplo de este tipo es la especialización que ocurre en la polinización. Tal es el caso de los murciélagos que polinizan a los cardones en el Desierto Sonorense, en el oeste de México (Molina-Freaner et al., 2004) (figura 3).

Las interacciones biológicas en el Desierto Sonorense, también señalan las afectaciones o beneficios que provocan. Entre las afectaciones está el daño tisular y la interrupción de otras interacciones; mientras que entre los beneficios están la polinización, dispersión de semillas y la adquisición de nutrientes para la planta (Marazzi et al., 2015). Con base en lo anterior, existen varios tipos de estas interacciones: dos del tipo *antagónico* entre planta-herbívoro y entre huésped-parásito de la planta; uno del tipo de *comensalismo* entre plantas; y diversas formas de *mutualismo*, tal como polinizador de plantas, dispersor de plantas-semillas, agente protector de plantas, e interacciones planta-microbio.



Figura 2. Serpiente de cascabel sin cascabel (*Crotalus catalinensis*). Foto: Francisco J. García-De León.

Figura 3. El murciélago pálido (*Antrozous pallidus*), visitando flores y bebiendo el néctar del cardón (*Pachycereus pringlei*) en el noroeste de México. Foto: Mary X. Dennis (<https://www.thedodo.com/the-work-of-a-real-batman-843781039.html>).

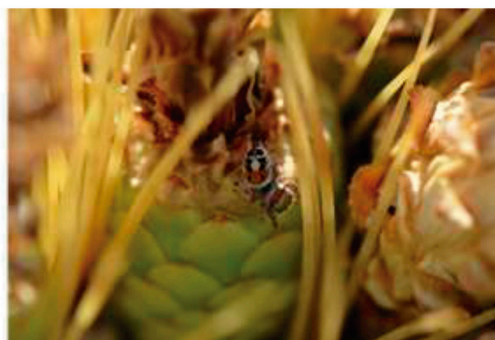
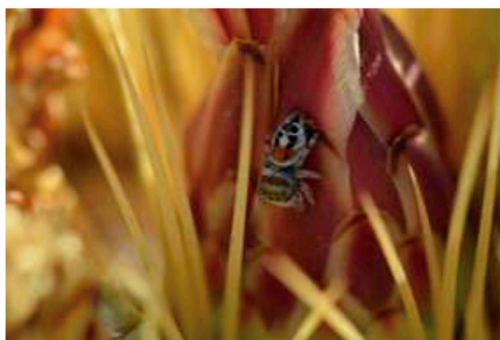
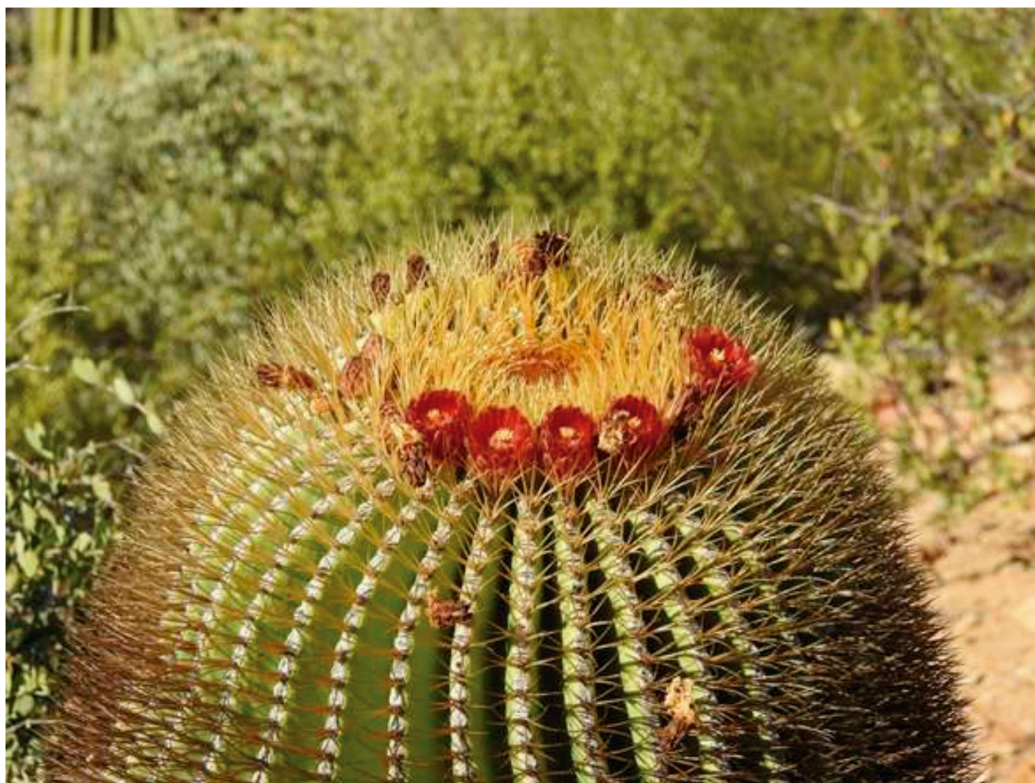


Figura 4. Interacción mutualista entre arañas del género *Phidippus* (de la familia Salticidae, que incluye a las arañas saltadoras, fotos inferiores) y la biznaga gigante (*Ferocactus diguetii*), foto superior. Foto: Francisco J. García-De León.

La interacción del tipo de agente protector de plantas, es una interacción *mutualista*, que ocurre entre las plantas y hormigas, donde las hormigas proporcionan protección contra insectos herbívoros que pretenden afectar a la planta, actuando como un ejército protector (Del Val y Dirzo, 2004) (figura 4). Como parte de la interacción, estas plantas han evolucionado para secretar néctar fuera de las flores (conocidos como nectarios extrafoliares o EFN) (Mauseth et al., 2016), lo cual representa una recompensa rica en carbohidratos, que sirve para atraer a las hormigas protectoras. En el Desierto Sonorense existen por lo menos 30 géneros de plantas que poseen EFN, la mayoría de ellas son cactáceas (familia Cactaceae) (Franklin et al., 2016), de ellas se presentan en la isla Catalana la biznaga gigante *Ferocactus diguetii*, el nopal *Opuntia lindsayi*, el cardón *Pachycereus pringlei* y la pitahaya agria *Stenocereus* spp, así como algunas leguminosas (familia Fabaceae), entre las que destaca el palo verde *Cercidium* spp. (Rebman et al., 2002). Las plantas con EFN constituyen una fuente crucial de nutrientes y agua para una diversidad de artrópodos, como moscas, mariposas, escarabajos y avispas, pero las hormigas son los consumidores más comunes, con hasta 12 especies viviendo en una misma planta (Rudgers y Gardener, 2004; Chamberlain y Holland, 2008).

El mutualismo es un fenómeno complejo, debido principalmente al contexto del ambiente (biótico y/o abiótico) en el que se desarrollan estas interacciones. Un ejemplo ilustrativo de esto es el mutualismo entre las hormigas y el cactus conocido como garambullo *Pachycereus schottii* (= *Lophocereus*), el cual recibe la visita a sus flores por cuatro especies de hormigas comunes (*Camponotus ocreatus*, *Crematogaster depilis*, *Forelius mccookii* y *Pheidole obtusospinosa*) (Chamberlain y Holland, 2008). La visita de las hormigas disminuyó cuando el suministro de néctar extrafloral las sació, de tal manera que no tuvieron necesidad de entrar a las flores para consumir el polen. De esta manera, no interfirieron con una mariposa que tiene una relación mutualista con el garambullo, al ser su polinizador obligado. Esto muestra que los niveles en la producción de EFN, regula la interacción entre las hormigas que protegen al garambullo y a las mariposas polinizadoras, originando así una interacción antagónica. Este fenómeno tiene importancia ya que, al existir bajos niveles de EFN, puede haber competencia entre las hormigas y las mariposas por el polen, lo que puede amenazar el potencial reproductivo del cactus. Con lo anterior se demuestra la necesidad de conocer y entender la dinámica de las interacciones biológicas en esos microcosmos, para así comprender

la sobrevivencia de uno de los cactus columnares más conspicuos Desierto Sonorense. Por lo tanto, es importante entender que la presencia de especies exóticas, como las abejas (*Apis mellifera*), podrían desestabilizar el frágil equilibrio de las cactáceas gigantes de una isla como en Catalana. La presencia de estas abejas ya ha sido reportado en diversas islas del Golfo de California (Bowen et al., 2006; Arriaga-Jiménez y González-Vanegas, 2019).

También en isla Catalana observamos otra aparente interacción mutualista, pero entre arañas del género *Phidippus* (figura 4) (familia Salticidae) y la biznaga gigante *Ferocactus diguetii*. La interacción que aparentemente existe entre ellos se interpreta del tipo de agente protector, porque la cactácea puede obtener un beneficio de la araña si ésta disminuye su nivel de herbivoría, pero también podría perjudicarse si la araña se alimenta de otros agentes protectores como las hormigas (figura 5). Una interacción parecida ha sido reportada en arañas del género *Peucetia* (familia Oxyopidae), que viven asociadas a especies de plantas que poseen tricomas glandulares (Vasconcellos-Neto, 2006). En nuestras observaciones la araña actuó como un depredador en los entornos de las flores, consumiendo hormigas, moscas y otros artrópodos que rondaban esas partes de la planta. Sin embargo, es imprescindible estudiar esta interacción con más detalle, para definir con mayor precisión sus presas y conocer el papel que desempeñan en el microcosmos de esta cactácea gigante. Esto es importante dado que forman parte de una red de interacciones entre animales y cactáceas, donde está el potencial reproductivo de estas plantas del desierto y por lo tanto, el equilibrio ecológico de este apacible ecosistema.

CONCLUSIONES

La relación entre hormigas y gámbulos, arañas y la biznaga gigante, murciélagos y cardones en la isla Catalana, son ejemplos de cómo especies de diferentes reinos y niveles tróficos pueden establecer relaciones de beneficio mutuo. En este caso el mutualismo provee defensa anti-herbívoros para las plantas a cambio de alojamiento y/o comida para la colonia de hormigas y arañas, así como alimento para los murciélagos favoreciendo la polinización.

Las interacciones planta-animal que se presentan en la isla, pueden variar en tiempo y espacio de acuerdo a las condiciones ambientales, de tal manera que las especies presentes son en gran medida, el resultado de la dinámica co-evolutiva de dichas interacciones. Así, para comprender la biodiversidad de la isla y la de otros ambientes desérticos en los que ocurre fragmentación de hábitats propiciando "islas biológicas", habrá que evaluar estas relaciones con mayor profundidad para entender cómo repercute en su dinámica la ruptura de estas interacciones.

El estudio de las interacciones entre especies hace evidente la importancia de la conservación de los procesos ecológicos, ya que no es posible mantener a las especies aisladas, pues viven en asociación con muchos otros organismos, tanto en interacciones mutualistas como antagonistas, y por lo tanto la conservación de la biodiversidad no puede concebirse manteniendo especies aisladas. Si bien dentro del campo de la Biología de la Conservación se busca evitar la extinción de especies y poblaciones, es necesario considerar también la conservación de los procesos ecológicos, incluyendo las interacciones biológicas✿

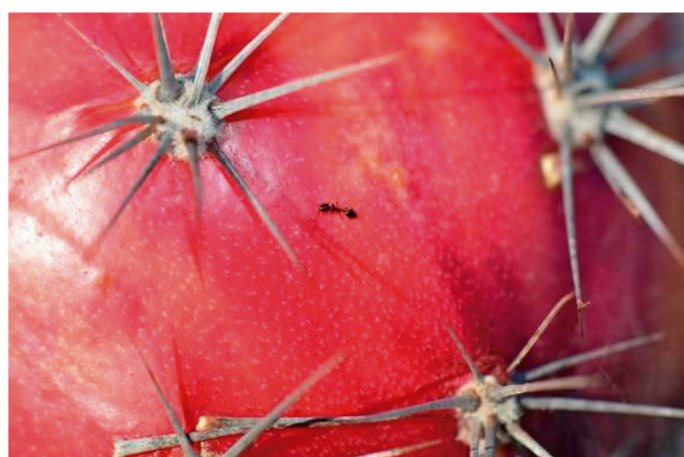
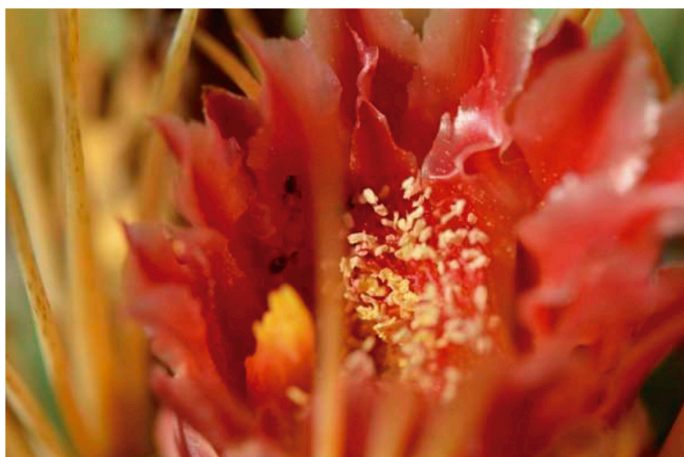


Figura 5. Ejemplo de mutualismo del tipo agente protector en una flor de biznaga (*Ferocactus diguetii*), foto superior y del fruto de la planta de pitaya agria (*Stenocereus gummosus*), por hormigas, foto inferior. Foto: Francisco J. García-De León.



LITERATURA CITADA

- Arriaga-Jiménez A. y P. A. González-Vanegas. 2019. Occurrence of the honey bee (*Apis mellifera* L.) in the Sea of Cortés southern islands: a pathway to invasion or transient visitors? *BioInvasions Records* 8(4): 774-781. doi.org/10.3391/bir.2019.8.4.05
- Bowen T., D. W. Bench, y L. A. Johnson. 2006. Recent colonization of Midriff Islands, Gulf of California, Mexico, by feral honeybees, *Apis mellifera*. *Southwestern Naturalist* 51: 542- 551. doi.org/10.1894/0038-4909
- Chamberlain, S. A, y J. N. Holland. 2008. Density-mediated, contextdependent consumer-resource interactions between ants and extrafloral nectar plants. *Ecology* 89:1364-1374.
- Carreño A. L. y J. Helenes, 2002. *Geology and ages of the islands*. P. 14-40. En: Case T. J., M. L. Cody y E. Ezcurra. (Eds.). *A New Island Biogeography of the Sea of Cortés*. Oxford University Press. New York, 669 pp.
- Delgado-Fernández M. P., P. Garcillán y E. Ezcurra. 2016. On the age and growth rate of giant cacti: Radiocarbon dating of spines of cardon (*Pachycereus pringlei*). *Radiocarbon*, 58(3):479-490.
- Del Val E. y R. Dirzo. 2004. Mirmecofilia: Las plantas con ejército propio. *Interciencia* 29(12):673-679.
- Franklin K. A., P. N. Sommers, C. E. Aslan, B. R. López, J. L. Bronstein, E. Bustamante, A. Búrquez, R. A. Medellín y B. Marazzi. 2016. Plant biotic interactions in the Sonoran Desert: Current knowledge and future research perspectives. *International Journal Plant Science* 177(3):217-234.
- Grismer L. 2002. *Amphibians and Reptiles of Baja California*. University California Press. California, 399 pp.
- Lomolino M. V. 2005. Body size evolution in insular vertebrates: generality of the island rule. *Journal of Biogeography* 32, 1683-1699.
- Marazzi B., J. L. Bronstein, P. N. Sommers, B. R. López, E. Bustamante-Ortega, A. Búrquez, R. A. Medellín, C. Aslan y K. Franklin. 2015. Plant Biotic Interactions in the Sonoran Desert Conservation Challenges and Future Directions. *Journal of the Southwest* 57(2-3):493-555.
- Mauseth J. D., J. Rebman y S. Rodríguez-Machado. 2016. Extrafloral nectarines in cacti. *Cactus and Succulent Journal* 88(4): 156-171.
- Molina-Freaner F., A. Rojas-Martínez, T. H. Fleming y A. Valiente-Banuet, A. 2004. Pollination biology of the columnar cactus *Pachycereus pectenaboriginum* in north-western México. *Journal of Arid Environments* 56(1), 117-127. doi: 10.1016/S0140-1963(02)00323-3
- Murphy R. W., F. Sánchez-Piñero, G. Polis y R. L. Aalbu. 2002. *New measurements of area and distance for islands in the Sea of Cortés*. P. 447-464. En: Case, T. J., Cody, M. L. & Ezcurra E. (eds.). *A New Island Biogeography in the Sea of Cortés*. Oxford University Press. New York, 669 pp.
- Rebman J., J. L. León-de la Luz, y R. Moran. 2002. *Vascular plants of the Gulf Islands*. P. 465-515. En: Case, T. J.; Cody, M. L. y Ezcurra, E. (eds.). *A New Island Biogeography of the Sea of Cortés*. Oxford University Press. New York, 669 pp.
- Rudgers J. A. y M. C. Gardener. 2004. Extrafloral nectar as a resource mediating multispecies interactions. *Ecology* 85:1495-1502.
- Vasconcellos-Neto J. 2006. Associations of spiders of the genus *Peucetia* (Oxyopidae) with plants bearing glandular hairs. *Biotropica*, 39:221-226.
- Villee C. A. 2001. *Biología* (8va. edición). Ed. Mc Graw Hill, México, 944 pp.

FAUNA SILVESTRE DE LA RESERVA DE LA BIOSFERA DE MAPIMÍ: HISTORIA NATURAL Y RETOS PARA SU CONSERVACIÓN

/// SANDRA H. MONTERO-BAGATELLA, JESSICA DURÁN-ANTONIO, GABRIEL P. ANDRADE-PONCE, PERLA D. VENTURA-ROJAS, ALEXIS CORREA-PÉREZ, SONIA GALLINA Y ALBERTO GONZÁLEZ-ROMERO.

helenabagatella@gmail.com, jess.durant@outlook.com, gpandradep@unal.edu.co, perla.ventura@posgrado.ecologia.edu.mx, alexis.corpe93@gmail.com, sonia.gallina@inecol.mx, alberto.gonzalez@inecol.mx, Red de Biología y Conservación de Vertebrados. Instituto de Ecología A.C. Carretera antigua a Coatepec 351, El Haya, Xalapa 91070, Veracruz, México.



RESUMEN

La Reserva de la Biósfera de Mapimí fue de una de las primeras reservas de Latinoamérica. Es un sistema desértico en el que a pesar de las limitantes hídricas y/o altas temperaturas, se presenta una importante diversidad de vertebrados, siendo las aves y mamíferos los de mayor riqueza. Sin embargo, existen presiones antrópicas que han generado diversos problemas para la conservación de algunas de las especies de la reserva. En este artículo, se exponen los diferentes grupos de vertebrados con algunas de sus especies más emblemáticas, así como los beneficios que proveen al sistema y sus principales amenazas. Así mismo, se exponen algunos de los retos para la conservación de la reserva.



Palabras clave: Endemismos, Desierto Chihuahuense, diversidad, Mapimí, vertebrados

INTRODUCCIÓN

Al norte de México, en el desierto Chihuahuense, justo donde se unen los Estados de Durango, Coahuila y Chihuahua se encuentra la Reserva de la Biósfera de Mapimí (RBM) (Insertar figura 1). La cual, posee gran legado histórico ya que junto con la Michilía, fueron las primeras Reservas de la Biósfera del sistema MAB-UNESCO en América Latina (1976), las cuales fueron ejemplo para la creación de otras áreas protegidas en esta región (Halffter, 1984). Pero, ¿qué es una Reserva de la Biósfera? y ¿por qué son importantes?: son sitios dedicados a la conservación de la variedad genética, de especies y de ecosistemas (biodiversidad); en donde se gestiona el desarrollo socioeconómico sustentable de los pobladores locales, así como el apoyo a las investigaciones científicas, promoviendo una apropiada convivencia entre los seres humanos y la naturaleza (Halffter, 1984). Esto es importante ya el mantenimiento de la biodiversidad, por medio de servicios ecosistémicos, es fundamental tanto para el bienestar humano como para los procesos naturales y ecológicos de los que depende el planeta (Guevara y Halffter, 2007).

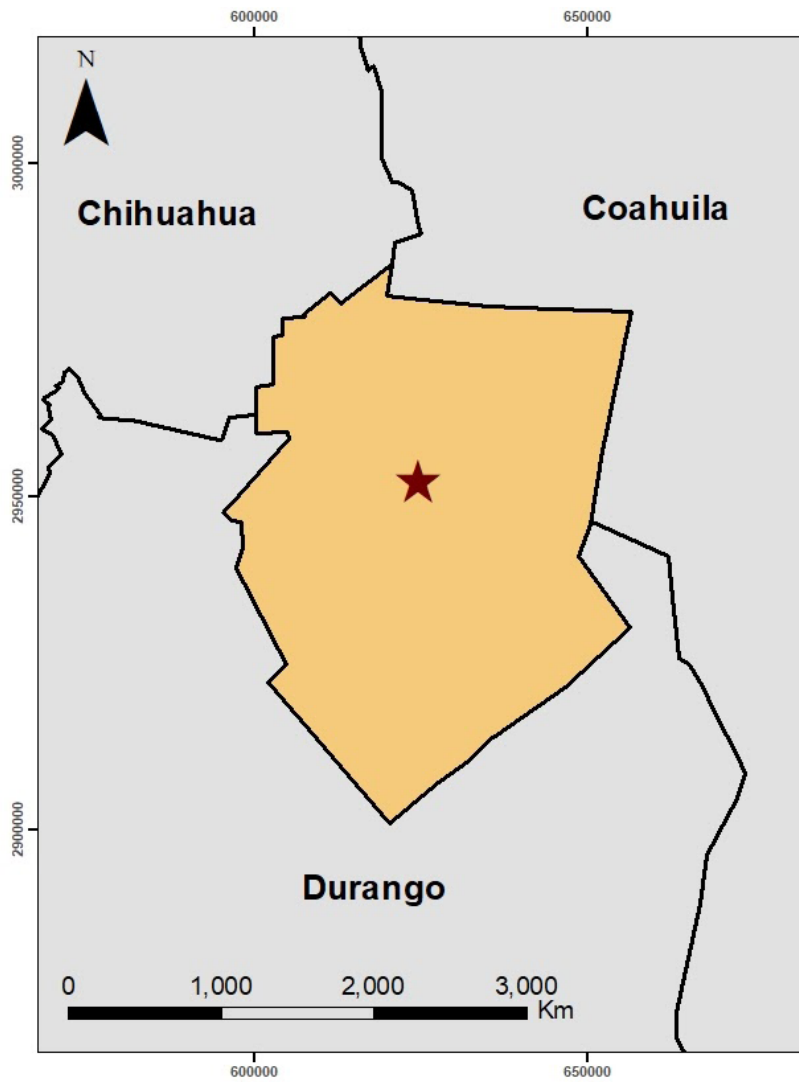
Algunas personas han escuchado acerca de la RBM por la "Zona del Silencio", la cual ha sido continuamente visitada por turistas en búsqueda de experimentar alguno de los mitos paranormales que allí se han forjado (Insertar figura 2). Sin embargo, a pesar de ser un lugar aparentemente inhóspito debido a la escasez de agua y a la alta radiación solar, la reserva destaca por la gran cantidad de plantas y animales que logran prosperar en estas condiciones. En ella habitan alrededor de 270 especies de vertebrados, de las cuales 5 son de anfibios, 37 de reptiles, 158 de aves y 70 de mamíferos (CONANP, 2006). A continuación abordaremos algunos datos interesantes sobre la historia natural de estos grupos.

ANFIBIOS




Las cinco especies de anfibios de la RBM son admirables, ya que sobreviven en un clima inhóspito, en donde el agua requerida para su desarrollo y reproducción es limitada. Debido a esto, gran parte del año permanecen enterrados, saliendo a reproducirse cuando las lluvias de verano han llenado los bordos y charcas temporales del área. Son los machos quienes llaman a las hembras a través de fuertes cantos. La especie más conspicua en tamaño y forma regordeta es el sapo manchado (*Anaxyrus cognatus*), contrastando con el sapo verde (*Anaxyrus debilis*) que es de menor tamaño y de un vistoso color verde (Halliday, 2016). (Insertar figura 3)

REPTILES

En la RBM podemos encontrar 17 especies de lagartijas, 18 de serpientes y 2 de tortugas las cuales están adaptadas para soportar las condiciones ambientales extremas (CONANP, 2006). Cada especie posee características únicas y fascinantes, como los colores brillantes y azulados de la lagartija de collar del desierto (*Crotaphytus collaris*), las escamas en forma de espinas del lagarto cornudo (*Phrynosoma cornutum*), hasta el gran tamaño de la tortuga endémica de Mapimí (*Gopherus flavomarginatus*) (Grenot, 1983) (Insertar figura 4). La cual, puede llegar a medir hasta 46 cm de longitud, ¡casi del tamaño de un microondas!; por esta razón se le considera la tortuga terrestre más grande de Norteamérica. Pero, ¿cómo sobrevive una tortuga en el desierto? La especie tiene la capacidad de cavar madrigueras que les proveen de una temperatura más afable de 18°C comparada con la exterior que puede superar los 40°C. Es por ello que son un refugio estupendo y solo salen de éste para comer y/o reproducirse. Además también son utilizadas como refugio por serpientes, roedores y otros mamíferos. Esta



Leyenda

-  Laboratorio del Desierto
-  Reserva de la Biosfera de Mapimí
-  Estados y límites estatales

Coordenadas: WGS 1984 UTM Zona 13N
 Proyección: Transverse Mercator
 Unidades: Metros



Figura 1. Ubicación de la Reserva de la Biósfera Mapimí. Se señala el Laboratorio del desierto. Sitio dedicado a la investigación de diversas especies nativas. Crédito: Perla D. Ventura-Rojas

Figura 2. Atardecer en la Reserva de la Biósfera Mapimí. Crédito: Alberto González-Romero

Figura 3. Sapo verde (*Anaxyrus debilis*). Permanecen enterrados gran parte del año, sólo salen durante el período de lluvias. Crédito: Alberto González-Romero



Figura 4. Tortuga del desierto (*Gopherus flavomarginatus*). Es la especie emblemática de la Reserva de la Biósfera Mapimí. Crédito: Alberto González-Romero

Figura 5. Rata nopalera (*Neotoma leucodon*). Es uno de los roedores de mayor tamaño en la Reserva de la Biósfera Mapimí. Crédito: Perla D. Ventura-Rojas

Figura 6. Coyote (*Canis latrans*). Es el carnívoro más abundante en la Reserva de la Biósfera Mapimí. Crédito: Jessica Durán-Antonio

tortuga es una importante dispersora de semillas de los pastos que consumen; sin embargo, la desaparición de su hábitat y la cacería son su principal amenaza, por lo que se encuentra en peligro de extinción (Kiester et al., 2018). Por estas razones, es de las especies más estudiadas y de gran importancia para la conservación, convirtiéndola en especie emblemática en la RBM (Kiester et al., 2018).

AVES

La RBM es hábitat de muchas especies migratorias, siendo las de invierno su mayor componente (60% aproximadamente) (Garza-Herrera et al., 2007). Éstas, visitan la reserva cuando las lluvias del año anterior fueron lo suficientemente buenas para llenar los bordos o presones que fueron construidos para el almacenamiento de agua. Es frecuente la presencia de grandes parvadas de gorriones y de aves acuáticas como patos, garzas y playeros. En algunas ocasiones, se pueden observar a las magníficas grullas cenicienta (*Antigone canadensis*) y a los grandes pelícanos blancos (*Pelecanus erythrorhynchos*). Por otro lado, las especies residentes enfrentan un clima prevalentemente seco y en consecuencia con la falta de alimento (Garza-Herrera et al., 2007). Especies icónicas de la RBM son la matraca de los cactus (*Campylorhynchus brunneicapillus*), la cual es más fácil escuchar que de observar, aunque se puede sospechar de su presencia por sus nidos globosos construidos en las chollas

(*Cylindropuntia fulgida*). Los correcaminos (*Geococcyx californianus*) (Insertar figura 5) son un deleite a la vista debido a su carismático y curioso comportamiento. Los cardenales, ceniztos, calandrias y cuitlacoques constantemente alegran con sus cantos. Fácilmente se puede avistar a la aguililla de cola roja (*Buteo jamaicensis*) (Insertar figura 6) surcando los cielos en busca de alimento o perchada en los quiotes (inflorescencias) de los magueyes. Por la noche se puede distinguir el enigmático ulular de los búhos cornudos o tecolotes (*Bubo virginianus*) y el fantasmagórico grito de las lechuzas blancas (*Tyto alba*). El vuelo de éstas aves es un verdadero espectáculo.

MAMÍFEROS

Los roedores de la RBM destacan por su abundancia y riqueza al contar con 25 especies, las cuales han sido objeto de estudio por más de 20 años continuos (Hernández et al., 2011). Cotidianamente se pueden observar a las ardillas terrestres corriendo a lo largo del día, inclusive en las horas de mayor calor, buscando alimento o quizá escapando de algún depredador, contrastando con las ratas y ratones quienes son principalmente nocturnos. De dichas especies, destaca la rata canguro (*Dipodomys nelsoni*), la cual recibe su nombre por los saltos que realiza para desplazarse (Best, 1988). Puede rascar agujeros en el suelo, que favorecen la acumulación de las semillas

de las que se alimentan y que son arrastradas por el viento. Para posteriormente recolectarlas y guardarlas provisionalmente en pequeñas bolsas que tiene en sus mejillas llamadas abazones, para finalmente llevarlas a sus madrigueras, evitando exponerse a sus depredadores. Sus refugios los construyen cerca de arbustos y son un elemento notorio del ambiente, ya que al tener varias entradas y túneles internos se asemejan a condominios (Best, 1988).

Uno de los roedores más grandes y abundantes en la reserva, es la rata nopalera (*Neotoma leucodon*) (Hernández et al., 2011) (Insertar figura 7). Ésta, construye sus nidos entre nopales, magueyes o debajo de arbustos utilizando ramas, hojarasca, troncos, espinas, huesos, excrementos secos de otros animales e incluso objetos brillantes como llaves o latas, de tal manera que forman un montículo bastante llamativo en el ambiente. En general, los roedores proveen de grandes beneficios al sistema ya que promueven la aireación e infiltración de agua al suelo, son grandes depredadores de insectos, dispersores de semillas, sus madrigueras sirven de refugio para otros animales y son parte principal de la dieta de varios carnívoros (Brown y Ernest, 2002; Grajales-Tam y González-Romero, 2014).

Algunos mamíferos carnívoros son indicadores del bienestar o salud de los ecosistemas (del Rio et al., 2001) y, aunque en los desiertos parezca difícil que puedan sobrevivir, en la RBM podemos encontrar a varios como el gato montés, el puma, los zorrillos, los tejones, entre otros. De hecho, es frecuente observar algún coyote (*Canis latrans*) (Insertar figura 8) o zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*) trotando como si fueran tarde a llegar tarde a una cita. Sin embargo, hay otros que son de difícil avistamiento y que solo con mucha suerte o paciencia se logran observar. Tal es el caso de la zorrilla del desierto (*Vulpes macrotis*) (Elizalde et al., 2014) (Insertar figura 9), la cual está muy bien adaptada a las zonas áridas ya que no requieren consumir agua, sino que la obtienen a partir de sus presas (Golightly y Ohmart, 1984). Son nocturnas y del tamaño de un gato doméstico. Prefieren establecerse sobre suelos planos y sueltos ya que cavan complejas madrigueras para refugiarse de las altas temperaturas del día, criar a sus cachorros, así como para escapar de otros carnívoros como el coyote. En nuestro país, las poblaciones de ésta especie están declinando principalmente por la transformación de su hábitat a terrenos agrícolas (Cypher, 2015), por lo que la RBM representa un refugio sumamente importante para su preservación.



Figura 7. Zorrilla del desierto (*Vulpes macrotis*). Sus poblaciones están en declive, por lo que la RBM es un buen refugio para la especie. Crédito: Jessica Durán-Antonio

Figura 8. Venados bura (*Odocoileus hemionus*). En la reserva de la Biosfera Mapimí, es común ver grupos de hembras con crías. Crédito: Sandra H. Montero-Bagatella

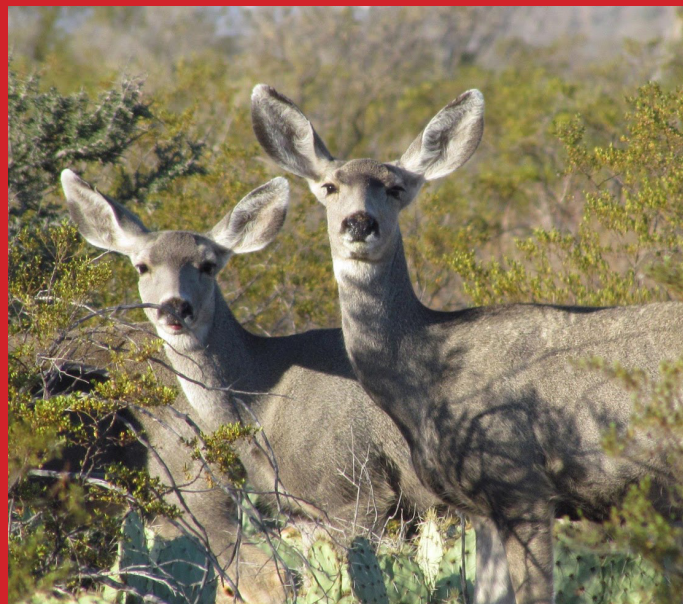


Figura 9. Correcaminos (*Geococcyx californianus*) conocido localmente como paisano, es una especie carismática de la reserva. Crédito: Jessica Durán-Antonio



También podemos encontrar grandes herbívoros ramoneadores como el venado bura (*Odocoileus hemionus*) (Insertar figura 10), especie de importancia cinegética, es decir que ha sido buscada por cazadores ya sea como trofeo o para el consumo de su carne desde tiempos remotos. En México, su distribución se limita al noroeste y aunque actualmente se encuentra protegida gracias a la RBM, su densidad poblacional promedio es baja con alrededor de 3 individuos/km². Por ello, su ecología ha sido estudiada desde los años 90 (Sánchez-Rojas y Gallina, 2000). Gracias a estos estudios se sabe que su actividad se concentra en las primeras horas de la mañana y en el atardecer (Pérez-Solano et al., 2017). Forman grupos de hembras con sus crías y prefieren los lugares con pendiente, ya que les permiten escapar de sus depredadores, principalmente el puma, a través de grandes saltos (Pérez-Solano et al., 2017).

IMPORTANCIA Y AMENAZAS

Como podemos apreciar, la RBM presenta una diversidad faunística extraordinaria que, junto con su riqueza vegetal, constituyen un sistema único del Desierto Chihuahuense. Si bien, uno de los objetivos principales para considerarla como RB fue la conservación de la tortuga de Mapimí

(Gallina y Martínez, 2016), los estudios realizados dentro de la reserva han recabado información valiosa acerca de la composición de los diferentes grupos de vertebrados nativos e introducidos. En ellos, se resalta la importancia de la función ecológica que cada grupo provee al sistema de la RBM, por lo que es de vital importancia su preservación (CONANP, 2006). Sin embargo, este delicado ambiente está enfrentando retos para su conservación, como lo es la crianza extensiva de ganado vacuno (Insertar figura 11), principal actividad productiva de la zona, la cual debe ser controlada ya que de seguir aumentando podría ocasionar competencia por los recursos con las especies nativas, así como la transmisión de parásitos, enfermedades, entre otras afectaciones. El cambio climático también está teniendo impactos negativos, a través de las sequías prolongadas o las súbitas e intensas lluvias de las cuales dependen muchas de las especies antes mencionadas. Las futuras investigaciones que aborden estas últimas temáticas, junto con el conocimiento del estado actual de las poblaciones, comportamiento, hábitat y ámbitos hogareños de las especies, serán clave para el manejo y conservación de este ambiente tan importante para el país. Además, la integración de instituciones gubernamentales, privadas y la sociedad podrían asegurar la conservación de este maravilloso ambiente equivalente a un laboratorio natural excepcional para las futuras generaciones✿

Figura 10. Aguililla cola roja (*Buteo jamaicensis*). Es común observarlas planeando o perchadas en los quiotes de los magueyes y en peñas. Crédito: Alberto González-Romero



Figura 11. Vaqueros arreando ganado. La ganadería es la principal actividad económica en la zona, pero contrasta con los objetivos para la conservación de la Reserva de la Biósfera Mapimí. Crédito: Sandra H. Montero-Bagatella





LITERATURA CITADA

- Best, T.L. 1988. *Dipodomys nelsoni*. *Mammalian species*. 1-4.
- Brown J.H. y S.K.M Ernest. 2002. Rain and Rodents: Complex Dynamics of Desert Consumers. *BioScience*. 52, 979-987. [http://dx.doi.org/10.1641/0006-3568\(2002\)052\[0979:RARCDO\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1641/0006-3568(2002)052[0979:RARCDO]2.0.CO;2).
- CONANP. 2006. *Programa de Conservación y Manejo Reserva de la Biosfera Mapimí*. México, D.F. 177 pp.
- Cypher B. 2015. *Vulpes macrotis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2014: e. T41587A62259374.
- Elizalde C., J.C. Lopez-Vidal, L. Hernández García, J.W. Laundré, F. Cervantes Reza, F.M. Morales, Ramírez Vargas, L.F. Dávila Galaviz, A. González-Romero, M.A. Spilsbury. 2014. Registro de presencia y actividades de algunos mamíferos en el Desierto Chihuahuense. *Therya*. 5, 793-816.
- Gallina S. y I. Martínez. 2016. *La historia del INECOL*. Instituto de Ecología A. C. Xalapa, México. 104 pp.
- Garza-Herrera A., E.E. Aragón-Piña, M. Neri-Fajardo, A. Sánchez-Rios, G.D. De León-Mata, S.R. Gutiérrez-Reyes. 2007. *Guía de aves de la reserva de la biósfera de Mapimí*. México, D.F. 179 pp.
- Golightly R.T. y R.D. Ohmart. 1984. Water Economy of Two Desert Canids: Coyote and Kit Fox. *Journal of Mammalogy*. 65, 51-58. <http://dx.doi.org/10.2307/1381199>.
- Grajales-Tam K.M. y A. González-Romero. 2014. Determinación de la dieta estacional del coyote (*Canis latrans*) en la región norte de la Reserva de la Biosfera Mapimí, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 85, 553-564. <http://dx.doi.org/10.7550/rmb.35226>.
- Grenot C. 1983. *Desierto Chihuahuense: fauna del Bolsón de Mapimí*. Universidad Automoma Chapingo, Departamento de Zonas Áridas, Chapingo, México. 63pp
- Guevara S. y G. Halffter. 2007. Estrategia para la conservación de la diversidad biológica en áreas protegidas de designación internacional: La síntesis. En G. Halffter, S. Guevara y A. Melic (Ed.). *Hacia una cultura de conservación de la diversidad biológica*. Pp 9-18. Monografías Tercer Milenio, Sociedad Entomológica Aragonesa, Zaragoza.
- Halffter G. 1984. Las Reservas de la biosfera: Conservación de la naturaleza para el hombre. *Acta Zoologica mexicana*. 5, 4-48.
- Halliday T. 2016. *The book of frogs: A life-size guide to six hundred species from around the world*. University of Chicago Press, London. 635pp
- Hernández L., J.W. Laundré, A. González-Romero, J. López-Portillo, K.M. Grajales. 2011. Tale of two metrics: density and biomass in a desert rodent community. *Journal of Mammalogy*. 92, 840-851. <http://dx.doi.org/10.1644/10-MAMM-A-175.1>.
- Kiester A., R. Palomo-Ramos, J. Ríos-Arana, E. Goode. 2018. *Gopherus flavomarginatus*. The IUCN Red List of threatened species. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2018-2.RLTS.T9402A112660985>. (consultado el 7/07/2020).
- Pérez-Solano L.A., L.M. García-Feria, S. Gallina-Tessaro. 2017. Factors affecting the selection of and displacement within core areas by female mule deer (*Odocoileus hemionus*) in the Chihuahuan Desert, Mexico. *Mammalian Biology*. 87, 152-159. <http://dx.doi.org/10.1016/j.mambio.2017.08.005>.
- del Rio C.M., B. Dugelby, D. Foreman, B. Miller, R. Noss, M. Phillips. 2001. The importance of large carnivores to healthy ecosystems. *Endangered species update*. 18, 202-218.
- Sánchez-Rojas G. y S. Gallina. 2000. Mule deer (*Odocoileus hemionus*) density in a landscape element of the Chihuahuan Desert, Mexico. *Journal of Arid Environments*. 44, 357-368. <https://doi.org/10.1006/jare.1999.0605>

CAMARONES CARIDEOS DE TAMAULIPAS

MARÍA CONCEPCIÓN JORDÁN-HERNÁNDEZ
Y GABINO ADRIÁN RODRÍGUEZ-ALMARÁZ



Palabras clave: camarón
carideo, langostino, Tamaulipas.

RESÚMEN

Dentro de los crustáceos, los camarones carideos conocidos también como langostinos, representan un grupo diverso con aproximadamente 3,400 especies a nivel mundial, de las cuales 27 especies se distribuyen en el estado de Tamaulipas, en cuerpos de agua dulceacuícolas, estuarinos, salobres y marinos. Algunas especies destacan por su importancia ecológica, pesquera, en acuicultura o bien por considerarse especies exóticas invasoras. En esta contribución, se presenta el estado actual del conocimiento de los carideos presentes en el estado de Tamaulipas, incluyendo una breve descripción de su morfología, diversidad, distribución, importancia, principales amenazas y acciones para su conservación.

INTRODUCCIÓN ¿CÓMO ES UN CAMARÓN CARIDEO?

Los camarones carideos, conocidos también como langostinos, camarones de río, acamayaz, gambas o quisquillas (Martínez-Guerrero y Cid-Rodríguez, 2010), pertenecen al infraorden Caridea, uno de los grupos de crustáceos decápodos más diverso.

Los carideos han colonizado ambientes acuáticos marinos, estuarinos y dulceacuícolas (De Grave et al., 2008; Rodríguez-Almaráz et al., 2010) estando presentes en gran variedad de hábitats, entre ellos, arrecifes de coral, ventilas hidrotermales, macroalgas, pastos marinos, zonas de mangle, ríos, lagos, lagunas, cuevas y cenotes. Algunas especies son pelágicas y otras viven asociadas simbióticamente a distintos organismos como moluscos, equinodermos, esponjas y corales (Jayachandran, 2001).

A pesar de la variedad de ambientes que habitan estos camarones, conservan un patrón morfológico similar descrito a continuación (Fig. 1). De acuerdo con Bauer (2004), los camarones carideos presentan un cuerpo aplanado lateralmente y dividido en dos regiones: cefalotórax y abdomen. El cefalotórax está conformado por la fusión del cefalón o cabeza y el tórax, incluye un caparazón que se extiende desde la cabeza hasta cubrir los segmentos torácicos de forma cilíndrica hidrodinámica. El área de la cabeza presenta una carina dorsal que se alarga hasta formar un rostro que puede presentar dientes, pequeñas espinas y setas, que como quilla de un barco le ayudan al carideo a mantener su posición estable en el agua. En esta región también se sitúan los ojos pedunculados y dos pares de antenas (antena y anténula), éstas últimas poseen quimiorreceptores que permiten detectar diversos compuestos disueltos en el agua y receptores táctiles que le permiten al carideo explorar alrededor de su cuerpo para detectar objetos cercanos. Posteriormente están tres pares de apéndices bucales conformados por las mandíbulas y dos pares de maxilas. La región torácica presenta ocho apéndices, los primeros tres pares llamados maxillípedos están asociados con la parte bucal para manipular el alimento. Los siguientes cinco pares de apéndices son las patas, también llamadas pereiópodos (de ahí que formen parte del orden Decapoda "diez patas"). Los pereiópodos tienen distintas funciones como acopio de alimento, limpieza,

locomoción, comportamiento defensivo y ofensivo. Los primeros dos pares de pereiópodos pueden presentar pinzas (quelas) bien desarrolladas, el tercer par de patas no presenta esta pinza y junto con el cuarto y quinto par terminan en una uña simple. La respiración se lleva a cabo a través de branquias que se encuentran en una cámara branquial dispuestas a los lados del cefalotórax y son de tipo filobranquias, parecidas a una serie de láminas.

Por otra parte, la región abdominal está dividida en segmentos llamados pleuras. En los camarones carideos la segunda pleura es muy notoria por su tamaño y forma de "pera", se encuentra traslapada parcialmente arriba de la primera y la tercera pleura. En el abdomen también se encuentran cinco pares de apéndices o patas adaptadas para nadar en forma de paleta o remo llamados pleópodos. Los pleópodos presentan una estructura llamada apéndice interno que tiene ganchos llamados cincinullis que sirven para unirse con el pleópodo par. En la parte terminal del abdomen se encuentra el telson, de forma triangular con dos pares de urópodos a cada lado en forma de abanico que sirven para direccionar los movimientos del carideo como el timón de un barco.

Aunque el nombre de camarón (*shrimp*) ha sido otorgado a distintos grupos de crustáceos (Bauer, 2004), algunos de ellos no están relacionados cercanamente a los carideos, por ejemplo, los camarones "hada" (*fairy shrimps*) (Subclase Anostraca), los camarones renacuajo (Subclase Notostraca) ambos de la clase Branquiopoda, o bien los camarones mantis (Orden Estomatopoda) de la clase Malacostraca. Los llamados "verdaderos camarones" se encuentran constituidos en dos principales grupos: 1) dentro del suborden Dendrobranquiata (Penaeoideos y Sergestoideos) (Perez-Farfante y Kensley, 1997) y (2) en el suborden Pleocyemata (Carideos y Estenopodideos). Los camarones Dendrobranquiata son los que tienen la mayor importancia económica pesquera, los que comúnmente relacionamos con comida, aquellos que encontramos en nuestros cocteles, de forma empanizada, en aguachile o en los tacos de camarón. Presentan una fertilización externa (Tavares y Martin, 2010), es decir, los huevos fecundados son liberados directamente al agua. Por su parte, en el suborden Pleocyemata, las hembras presentan hábitos de incubación de los huevecillos en el abdomen, unidos a los pleópodos (patas nadadoras) (Bauer, 1989). Los

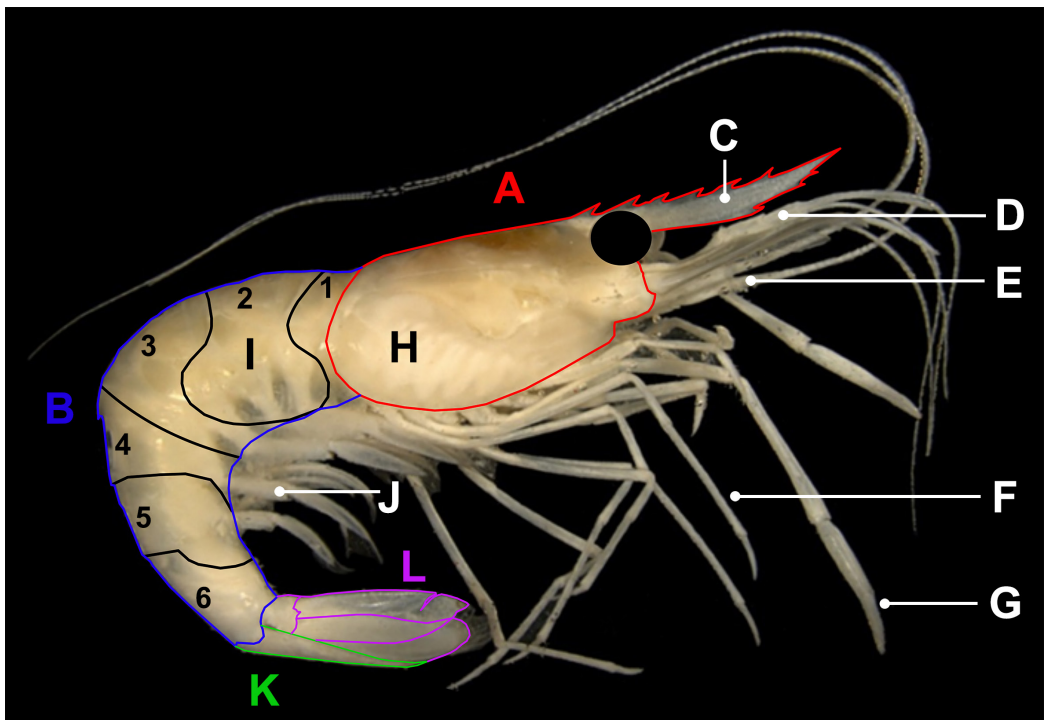


Figura 1. Patrón morfológico general de un camarón carideo. A, cefalotórax; B, abdomen; C, rostro; D, anténula; E, antena; F, pereiópodos; G, quela; H, cámara branquial; I, pleuras; J, pleópodos; K, telson; L, urópodos. Fotografía: Leonardo García Vázquez.

crustáceos pleocyemata incluye acociles, langostas, cangrejos ermitaños, cangrejos braquiuros, camarones estenopodideos (Infraorden Stenopodidea) y los camarones carideos (Infraorden Caridea), objetivo de este artículo. En la tabla 1 se resumen las principales características que separan a estos grupos de camarones, incluyendo el tipo de fecundación, el tipo de larva que eclosiona del huevecillo, el tipo de branquias que presentan, disposición de la segunda pleura abdominal, pinzas en los pereiópodos y tipo de cuerpo.

Curiosamente, a pesar de su parecido morfológico, evolutivamente los camarones carideos están más relacionados a otros miembros del suborden pleocyemata (langostas, acociles y cangrejos) que a los camarones dendrobranquiados (Burkenroad, 1963; Bauer, 2004).

Por otra parte, el ciclo de vida de los carideos es diverso, puede ser extendido (con varias etapas larvales), abreviado (con un número de etapas larvales reducidas) o mediante desarrollo directo (cuando el organismo que

eclosiona es un juvenil) (Rodríguez-Almaráz *et al.*, 2010; Bauer, 2013). Los ciclos de vida abreviado y directo ocurren generalmente como adaptación a los ambientes dulceacuícolas que no presentan conexión directa con el mar, aunque también hay representantes en zonas marinas profundas, latitudes altas (ártico y antártico) y en especies eusociales (especies cuyos integrantes se agrupan bajo un sistema social y genético que consta de varios niveles, reina, socio y ayudantes, semejante al de las termitas, hormigas y abejas), por ejemplo del género *Synalpheus* (Bornbusch *et al.*, 2018). Algunas especies dulceacuícolas completan su ciclo larval en agua salobre o marina. Dependiendo del hábitat, existen diferencias también en el tamaño y número de huevecillos que puede portar cada hembra, teniendo huevos más pequeños y en mayor número en carideos habitantes de ambientes marinos y estuarinos, mientras que los que habitan cuerpos de agua dulce presentan menor cantidad de huevecillos y de mayor tamaño, probablemente como adaptación al medio dulceacuícola (Bauer, 2013).

Tabla 1. Principales diferencias entre grupos de camarones decápodos

Camarones carideos	Camarones estenopodideos	Camarones dendrobranquiados
Pertenecen al suborden Pleocyemata.	Pertenecen al suborden Pleocyemata.	Pertenecen al suborden Dendrobranchiata.
Los huevos fecundados son incubados por la hembra, permanecen adheridos a los pleópodos (patas nadadoras) hasta que eclosionan.	Los huevos fecundados son incubados por la hembra, permanecen adheridos a los pleópodos (patas nadadoras) hasta que eclosionan.	Los huevos fecundados son liberados directamente al agua. La fertilización es externa y se lleva a cabo por atracción química de gametos (óvulo y espermatozoide).
Primera larva libre es una zoea.	Primera larva libre es una zoea.	Primera larva libre es un nauplio.
Branquias filobranquiadas.	Branquias tricobranquiadas.	Branquias dendrobranquiadas.
Segundo segmento del abdomen, arriba del primer y tercer segmento.	Segundo segmento del abdomen arriba del tercer segmento, no del primero.	Segundo segmento del abdomen arriba del tercer segmento, no del primero.
Los dos primeros pares de pereiópodos (patas) por lo general con pinza. El tercer par de pereiópodos nunca tiene pinza.	Los tres primeros pares de pereiópodos (patas reptantes) con pinzas. El tercer par de pinzas es mucho más grande que los primeros dos.	Los tres primeros pares de pereiópodos (patas reptantes) con pinzas pequeñas.
Cuerpo liso, con pocas espinas.	Cuerpo generalmente con muchas espinas.	Cuerpo liso, con pocas espinas.

DIVERSIDAD: ¿CUÁNTAS Y CUALES ESPECIES DE CAMARONES CARIDEOS SE CONOCEN EN TAMAULIPAS?

Actualmente, los camarones carideos comprenden aproximadamente 3,400 especies a nivel mundial (De Grave et al., 2009; De Grave y Fransen, 2011) distribuidas en 36 familias, de las cuales Palaemonidae (137 géneros, 967 especies), Alpheidae (47 géneros, 659 especies), Atyidae (42 géneros, 468 especies) e Hippolytidae (37 géneros, 336 especies) (Ahyong et al., 2011) presentan la mayor diversidad de especies.

En el Estado de Tamaulipas han sido registradas las familias Palaemonidae (13), Alpheidae (6), Hippolytidae

(5), Atyidae (2) y Processidae (1) (Tabla 2) sumando un total de 27 especies de carideos reportados hasta ahora, siendo en su mayoría de afinidad salobre y estuarina (Rodríguez-Almaráz y Campos, 1996; Barba, 1999; Bowles et al., 2000; Leija-Tristán et al., 2000; Rodríguez-Almaráz et al., 2000; Barba et al., 2005; Rodríguez-Almaráz y Muñiz-Martínez, 2008; Felder et al., 2009; Montalvo-Urgel et al., 2010; Herrera-Barquín et al., 2018; Rodríguez-Almaráz et al., 2018), sin embargo, la diversidad de familias y especies podría incrementarse, ya que existen registros considerados no formales frente a las costas de Tampico y Altamira en las bases de datos Ocean Biogeographic Information System (OBIS) y Biodiversity of the Gulf of Mexico Database (BioGoMx) (Duarte, 2019).

Tabla 2. Listado de especies de camarones carideos presentes en Tamaulipas.

Nombre Científico	Autoridad taxonómica	Localidad	Afinidad ecológica
<i>Alpheus angulosus</i>	McClure, 2002	Laguna Madre	Estuarino
<i>Alpheus cf. packardii</i>	Kingsley, 1880	Laguna Madre	Estuarino
<i>Alpheus floridanus</i>	Kingsley, 1878	Laguna Madre	Estuarino
<i>Alpheus heterochaelis</i>	Say, 1818	Laguna Madre	Estuarino
<i>Alpheus nuttingi</i>	Schmitt, 1924	Laguna Madre	Estuarino
<i>Alpheus websteri</i>	Kingsley, 1880	Laguna Madre	Estuarino
<i>Atya scabra</i>	Leach, 1816	Laguna Champayán, río Tamesí, Altamira.	Dulceacuícola
<i>Potimirim mexicana</i>	de Saussure, 1857	Río Soto la Marina	Dulceacuícola
<i>Hippolyte obliquimanus</i>	Dana, 1852	Laguna Madre	Estuarino
<i>Hippolyte zostericola</i>	Smith, 1873	Laguna Madre	Estuarino
<i>Latreutes fucorum</i>	Fabricius, 1798	Laguna Madre	Estuarino
<i>Latreutes parvulus</i>	Stimpson, 1871	Laguna Madre	Estuarino
<i>Tozeuma carolinense</i>	Kingsley, 1878	Laguna Madre	Estuarino
<i>Leander tenuicornis</i>	Say, 1818	Laguna Madre	Salobre
<i>Macrobrachium acanthurus</i>	Wiegmann, 1836	Laguna Madre, río Bravo, Oeste de Tampico, río Pánuco.	Dulceacuícola-Salobre
<i>Macrobrachium carcinus</i>	Linnaeus, 1758	Laguna Madre, río Purificación, Padilla, Gómez Farias, al sureste de La Florida en el río Frío.	Dulceacuícola-Salobre
<i>Macrobrachium olfersii</i>	Wiegmann, 1836	Laguna Madre, río Limón, Cd. Mante, río Pánuco, río Purificación, Padilla, río Sota la Marina.	Dulceacuícola-Salobre
<i>Palaemon floridanus</i>	Chace, 1942	Laguna Madre	Estuarino
<i>Palaemon hobbsi</i>	Strenth, 1994	Río Mante, Cd. Mante.	Dulceacuícola
<i>Palaemon kadiakensis</i>	Rathbun, 1902	Laguna Madre, río Álamo, Cd. Mier, presa Falcón, Miguel Alemán, río Bravo, Matamoros.	Dulceacuícola-Salobre
<i>Palaemon mundusnovus</i>	De Grave y Ashelby, 2013	Laguna Madre	Salobre y Estuarino
<i>Palaemon northropi</i>	Rankin, 1898	Laguna Madre	Estuarino
<i>Palaemon pugio</i>	Holthuis, 1949	Laguna Madre	Salobre y Estuarino
<i>Palaemon vulgaris</i>	Say, 1818	Laguna Madre	Salobre y Estuarino
<i>Troglomexicanus perezfarfanteae</i>	Villalobos Figueroa, 1971	Tamaulipas	Dulceacuícola
<i>Troglomexicanus tamaulipensis</i>	Villalobos, Alvarez e Iliffe, 1999	Cueva del Nacimiento del río Frío.	Dulceacuícola
<i>Ambidexter symmetricus</i>	Manning y Chace, 1971	Laguna Madre	Estuarino-Marino

DISTRIBUCIÓN: ¿EN DÓNDE PODEMOS ENCONTRAR A LOS CAMARONES CARIDEOS?

Los camarones carideos se distribuyen en todas las regiones biogeográficas, exceptuando la antártica (De Grave et al., 2008), con representantes pelágicos y bentónicos, siendo cerca del 75% especies marinas y estuarinas, mientras que el 25% son de agua dulce.

En Tamaulipas la mayoría de los reportes de carideos corresponden a especies estuarinas de los géneros *Alpheus*, *Hippolyte*, *Latreutes*, *Leander*, *Macrobrachium*, *Palaemon* y *Tozeuma* distribuidas en el Área de Protección de Flora y Fauna (APFF) Laguna Madre de Tamaulipas, representando el 14.6% de los decápodos estuarinos de esta laguna (Leija et al., 2000), sin embargo, otras especies también de los géneros *Macrobrachium* y *Palaemon* son continentales restringidas a ambientes dulceacuícolas (Fig. 2).

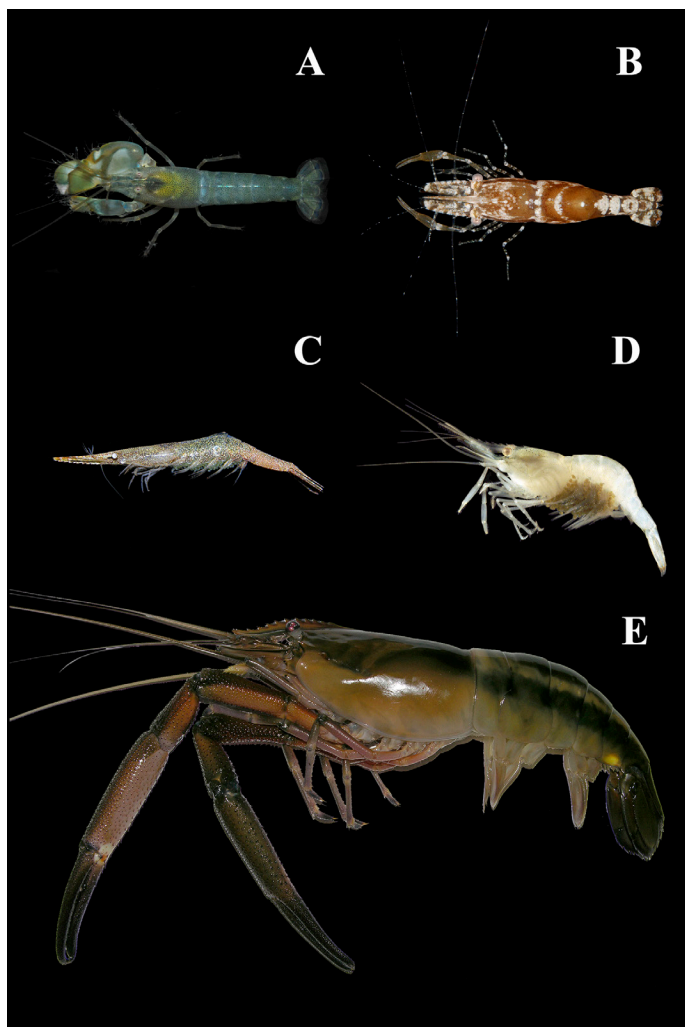


Figura. 2. Especies de camarones carideos presentes en Tamaulipas. A, Camarón chasqueador (*Alpheus heterochaelis*); B, Camarón de coral (*Leander tenuicornis*); C, Camarón flecha (*Tozeuma carolinense*); D, Camarón de pasto (*Palaemon vulgaris*), hembra ovígera; E, Acamaya (*Macrobrachium carcinus*). Fotografías A, B, C y E: Arthur Anker. Fotografía D: Eric Lazo Wasem, Yale Peabody Museum of Natural History, número de catálogo YPM IZ 040529. Las fotografías mostradas son sólo para propósitos ilustrativos, los organismos fueron colectados en distintas áreas de distribución de cada especie y no necesariamente en el Estado de Tamaulipas.

Las especies de afinidad estuarina habitan principalmente en vegetación acuática sumergida (pastos marinos y macroalgas) (Barba et al., 2005), zonas de mangle y bancos de ostión (observación personal), mientras que las especies dulceacuícolas, han sido reportadas en ríos y bahías, en fondos lodosos, zonas con poca corriente, áreas cercanas a la orilla, entre raíces de vegetación riparia, troncos hundidos y sustratos rocosos (Montalvo-Urgel et al., 2010). Por otra parte, los registros de especies marinas han sido en la zona costera y zonas oceánicas adyacentes al Estado de Tamaulipas a distintas profundidades de acuerdo con las bases de datos OBIS y BioGoMx.

Distintos autores han dado registro de carideos en Tamaulipas correspondientes a las siguientes localidades: Matamoros: Afluente del Río Bravo, Playa Lauro Villar, Playa Washington, Laguna Conchillal, El Mezquite; San Fernando: APFF Laguna Madre, La Carbonera, Boca de Catán, Punta Piedra; Soto la Marina: La Pesca, río Soto la Marina; Tampico: Río Panuco; Altamira: Laguna Champayán, río Tamesí y Ciudad Mante: río Mante.

¿POR QUÉ SON IMPORTANTES LOS CARIDEOS?

Los carideos son de gran importancia ecológica en los cuerpos de agua donde habitan, ya que intervienen en la transferencia de energía en las redes tróficas y sirven de alimento a mamíferos, aves, peces y otros invertebrados (Barba et al., 2000; Flowers, 2004; Chaplin-Ebanks y Curran, 2007), algunos de ellos de importancia comercial. Asimismo, debido a su abundancia en los ecosistemas acuáticos, junto con otros grupos de crustáceos pueden servir también como bioindicadores de contaminación y de la calidad del agua (Álvarez et al., 1996; Raz-Guzmán, 2000).

Por otra parte, especies de camarones carideos, principalmente del género *Macrobrachium* tienen importancia comercial, como alimento humano, obtenido por medio de captura directa del medio silvestre o por medio de la acuicultura. Dentro de las especies listadas en la Norma Oficial Mexicana NOM-024-PESC-1999, el langostino *Macrobrachium acanthurus* y la acamaya *Macrobrachium carcinus* son aprovechados como recursos pesqueros en el embalse de la presa Vicente Guerrero, presa derivadora La Patria es Primero y en el canal principal, ubicados en los municipios de Padilla, Güémez, Casas, Abasolo, Jiménez y Soto la Marina, en el Estado de Tamaulipas. Asimismo, el Instituto Nacional de Pesca registra en el estado de Tamaulipas, cultivos del langostino malayo *Macrobrachium rosenbergii*, especie originaria de Malasia, introducida a nuestro país con fines acuaculturales, considerada actualmente como una especie exótica invasora.

Los carideos también son considerados uno de los grupos más importantes de invertebrados marinos en el comercio de ornato (Simões et al., 2004). En México, el comercio de especies de carideos para acuarismo es un mercado no regulado, aún con deficiencias en cuanto al manejo de organismos, biología e infraestructura (Martínez-Guerrero y Cid-Rodríguez, 2010) por lo tanto,

no existen reportes oficiales para Tamaulipas, aunque es probable que exista una demanda y oferta de estos organismos sin regulación.

SITUACIÓN Y ESTADO DE CONSERVACIÓN

De Grave et al. (2008), reportan del total de especies de carideos de agua dulce a 13 especies como amenazadas o en peligro de extinción a nivel mundial. De acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, la especie de caverna *Troglomexicanus perezfarfanteae* distribuida en Tamaulipas y endémica de México, se encuentra en peligro de extinción, mientras que, para la especie endémica, *T. tamaulipensis* reportada en la Cueva del Nacimiento del Río Frio, en el Municipio de Gómez Farías, Tamaulipas, no existen datos suficientes que permita conocer el estado actual de sus poblaciones. En la IUCN sólo se tiene registro de *T. perezfarfanteae*, sin embargo, se encuentra bajo la categoría de datos deficientes (De Grave et al., 2013).

AMENAZAS PARA LA CONSERVACIÓN

Al igual que en otras especies, la destrucción, modificación o reducción drástica del hábitat y el aprovechamiento no sustentable de los recursos hídricos son las principales amenazas para la conservación de los camarones carideos, ya que estos organismos, por su papel ecológico están sumamente relacionados con las redes tróficas y la dinámica del cuerpo de agua donde habitan, provocando que cualquier alteración a éste repercuta en sus poblaciones.

Por otra parte, entre las amenazas naturales que afectan a los camarones carideos se encuentran los parásitos, ya

que varias especies son hospederas de algún crustáceo parásito, microsporidio, tremátodo o dinoflagelado (Shields, 1994; Kunz y Pung, 2004; Hernández et al., 2010). En Tamaulipas, se tiene registro de carideos parasitados por los isópodos epicarideos *Probopyrus pandalicola* y *Probopyrinella latreuticola* que afectan especialmente a especies de los géneros *Palaemon* y *Latreutes*, respectivamente (Rodríguez-Almaráz et al., 2000) (Fig. 3), provocando que sean fácilmente depredados y sus poblaciones puedan disminuir considerablemente si ocurre una infestación.

Asimismo, las especies exóticas invasoras *Macrobrachium rosenbergii*, *Procambarus clarkii*, *Cherax quadricarinatus* y *Penaeus monodon*, presentes en el Estado, se han registrado coexistiendo con carideos nativos de los géneros *Macrobrachium*, *Palaemon* y *Troglomexicanus*, (Rodríguez-Almaráz y Campos 1996; Villalobos et al., 1999; Bortolini et al., 2007) representando otra amenaza para su conservación.

ACCIONES PARA LA CONSERVACIÓN

Hasta el momento no existen acciones para la conservación de los camarones carideos más allá de las regulaciones oficiales a las especies de interés pesquero. Los carideos por su papel ecológico están sujetos al manejo integral de los cuerpos de agua de la región y a los programas de conservación de otros grupos biológicos de flora y fauna, que actúan como "especies sombrilla". Resulta entonces de gran importancia establecer medidas que sean específicas para la conservación de los camarones carideos, especialmente de las especies endémicas *Troglomexicanus tamaulipensis* y *T. perezfarfanteae*, ésta última en peligro de extinción.



Figura 3. Camarón carideo del género *Palaemon* parasitado por el isópodo epicarideo *Probopyrus pandalicola*. Fotografía: María C. Jordán-Hernández

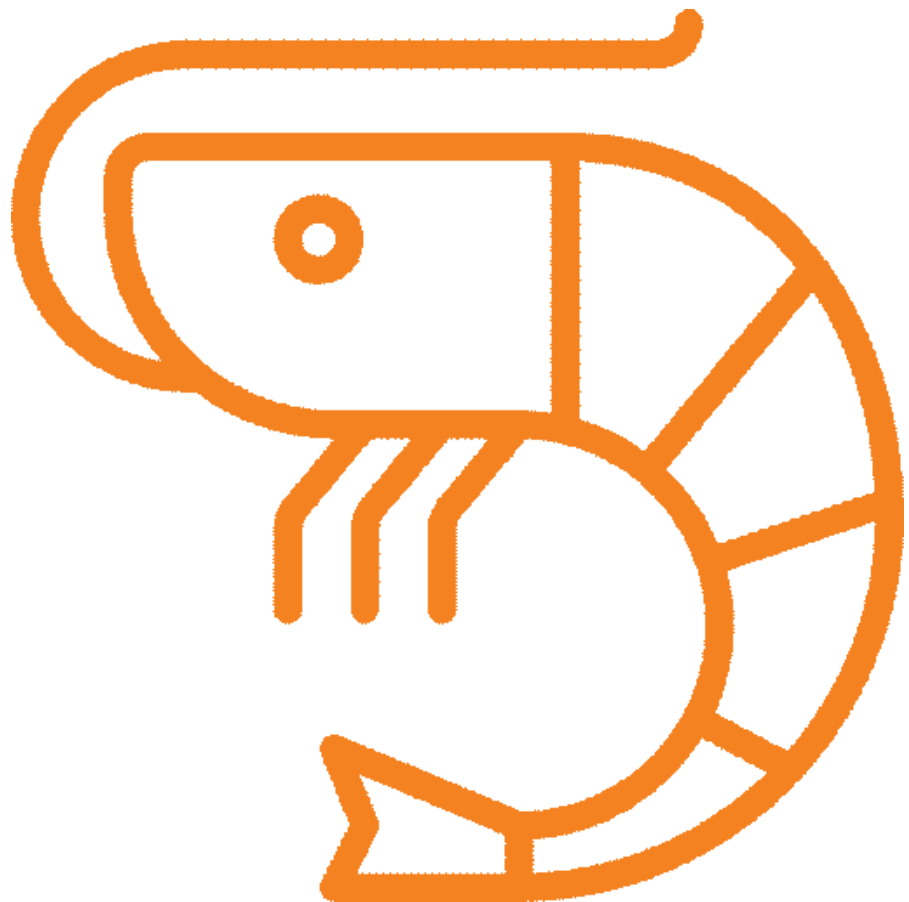
CONSIDERACIONES FINALES

El Estado de Tamaulipas cuenta con una riqueza y diversidad de camarones carideos considerable, ya que se presentan en el Estado cuerpos de agua dulce, estuarina y marina.

Como ya se mencionó en este artículo, las especies de camarones carideos son ecológica y comercialmente relevantes, por lo cual deberán encausarse esfuerzos de conservación ante las amenazas antropogénicas que afectan a los cuerpos de agua donde residen. A pesar de la existencia de distintos estudios, en su mayoría ecológicos y taxonómicos y del monitoreo de las poblaciones de ciertas especies de interés científico y económico, el reconocimiento de la biodiversidad de este grupo de crustáceos representa un primer acercamiento para fomentar el incremento en el conocimiento de los camarones carideos y proponer acciones para su conservación en Tamaulipas.

AGRADECIMIENTOS

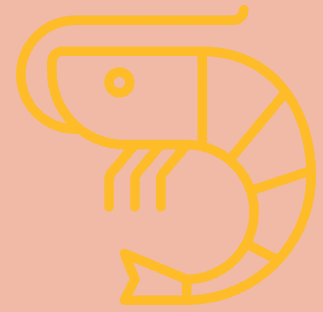
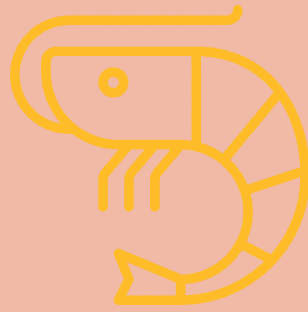
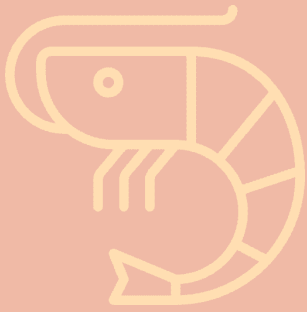
Esta contribución forma parte del Fondo Sectorial de Investigación Educativa SEP-CONACYT (Ciencia Básica), Proyecto "Sistemática y estructura genética poblacional de langostinos del género *Palaemon* (Weber, 1795) (Crustacea, Palaemonidae) de la Laguna Madre, Tamaulipas, México" con clave No. 256808. Los autores agradecen a Leonardo García-Vázquez, Arthur Anker y Eric Lazo-Wasem por las fotografías proporcionadas para la presente contribución✿





LITERATURA CITADA

- Ahyong, S.T., J.K. Lowry, M. Alonso, R.N. Bamber, G.A. Boxshall, P. Castro, S. Gerken, G.S. Karaman, J.W. Goy, D.S. Jones, K. Meland, D.C. Rogers y J. Svavarsson. 2011. Subphylum Crustacea Brünnich, 1772. En: Animal biodiversity: an outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness, Z. Q. Zhang (ed.). Zootaxa 3148:165-191.
- Álvarez, F., J.L. Villalobos y E. Lira. 1996. Decapoda. En: Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento, vol. I, J.E. Llorente J.E., García-Aldrete A.N. y González E., (eds.). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad / Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F., 26pp.
- Barba, E. 1999. Variación de la densidad y la biomasa de peces juveniles y decápodos epibénticos de la región central de Laguna Madre, Tamaulipas. Hidrobiológica 9 (2): 101-114.
- Barba, E., A.J. Sánchez, A. Raz-Guzmán y M.E. Gallegos. 2000. Dieta natural y tasa de forrajeo del carideo Hippolyte zostericola Smith sobre epífitas de Thalassia testudinum Banks et Solander ex König. Hidrobiológica 10: 139-146.
- Barba, E., Raz-Guzmán, A. y Sánchez, A.J. 2005. Distribution patterns of estuarine caridean shrimps in the southwestern Gulf of Mexico. Crustaceana, 78(6) 709- 726.
- Bauer, R.T. 1989. Decapod crustacean grooming: Functional morphology, adaptive value, and phylogenetic significance. En: Functional morphology of feeding and grooming in Crustacea. Felgenhauer B.E., Watling L., Thistle A.B., (eds). Rotterdam: A.A. Balkema, 24pp.
- Bauer, R.T. 2004. Remarkable Shrimps: Adaptations and Natural History of the Carideans. University of Oklahoma Press. ISBN 9780806135557.
- Bauer, R.T. 2013. Amphidromy in shrimps: a life cycle between rivers and the sea. Latin American Journal of Aquatic Research, 41(4), 633-650.
- Biodiversity of the Gulf of Mexico Database (BioGoMx). Moretzsohn, F., J. Brenner, P. Michaud, J.W. Tunnell, y T. Shirley. 2010. Version 1.0. Harte Research Institute for Gulf of Mexico Studies (HRI), Texas A&M University-Corpus Christi (TAMUCC), Corpus Christi, Texas. <http://www.USGS.gov/obis-usa>.
- Bornbusch, S.L., J.S. Lefcheck, J.E. Duffy. 2018. Allometry of individual reproduction and defense in eusocial colonies: A comparative approach to trade-offs in social sponge-dwelling Synalpheus shrimps. PLoS ONE 13(3).
- Bortolini, J., F. Álvarez, y G. Rodríguez-Almaráz. 2007. On the presence of the Australian redclaw crayfish, *Cherax quadricarinatus*, in Mexico. Biological Invasions, 9, 615-620.
- Bowles, D.E., K. Aziz y C.L. Knight. 2000. *Macrobrachium* (Decapoda: Caridea: Palaemonidae) in the contiguous United States: a review of the species and assessment of threats to their survival. Journal of Crustacean Biology 29: 158-171.
- Burkenroad, M.D. 1963. The evolution of the Eucarida (Crustacea, Eumalacostraca), in relation to the fossil record. Tulane Studies in Geology. 2: 3-17.
- Chaplin-Ebanks, S.A. y M.C. Curran. 2007. Prevalence of the bopyrid isopod *Probopyrus pandalicola* in the grass shrimp, *Palaemonetes pugio*, in four tidal creeks on the South Carolina-Georgia coast. Journal of Parasitology. 93(1), 73-7.
- De Grave, S. y C.H.J.M. Fransen. 2011. Carideorum Catalogus: The Recent Species of the Dendrobranchiate, Stenopodidean, Procarididean and Caridean Shrimps (Crustacea: Decapoda). Zoologische Mededelingen 85, 195-588.
- De Grave, S., J. Villalobos y F. Alvarez. 2013. *Troglomexicanus perezfarfanteae*. The IUCN Red List of Threatened Species 2013: e.T198011A2508678. En: <https://www.iucnredlist.org/es/species/198011/2508678> (consultado el 28/08/2020).
- De Grave, S., N.D. Pentcheff, S.T. Ahyong, T.-Y. Chan, K.A. Crandall, P.C. Dworschak, D.L. Felder, R.M. Feldmann, C.H.J.M. Fransen, L.Y.D. Goulding, R. Lemaitre, M.E.Y. Low, J.W. Martin, P.K.L. Ng, C.E. Schweitzer, S.H. Tan, D. Tshudy y R. Wetzer. 2009. A classification of living and fossil genera of decapod crustaceans. Raffles Bulletin of Zoology, 1-109.
- De Grave, S., Y. Cai y A. Anker. 2008. Global diversity of shrimps (Crustacea: Decapoda: Caridea) in freshwater. Hydrobiologia 595: 287-293.
- Duarte-Gutiérrez, J.A. 2019. Zoogeografía de los camarones del infraorden Caridea (Crustacea: Decapoda) de las aguas costeras (0-50 m) de la región del Gran Caribe. Tesis de Maestría, Universidad Nacional Autónoma de México, 187pp.



- Felder, D.L.D., F. Álvarez, J.W. Goy y R. Lemaitre. 2009. Decapoda (Crustacea) of the Gulf of Mexico, with comments on the Amphionidacea. En: Tunnell, Jr. J.W., Felder, D.L. y Earle, S.A. (eds.), Gulf of Mexico Origin, Waters and Biota, vol. 1. Biodiversity. Texas A&M University Press, College Station, 85pp.
- Flowers, M. A. 2004. Population genetics analysis of the grass shrimp *Palaemonetes pugio* using single strand conformation polymorphism. Electronic Theses and Dissertations. 738.
- Hernández, P., B. Martínez-Guerrero., A. Anker e I.S. Wehrtmann. 2010. Fecundity and effects of bopyrid infestation on egg production in the Caribbean sponge-dwelling snapping shrimp *Synalpheus yano* (Decapoda: Alpheidae). *J. Mar. Biol. Ass. U.K.* 90(4): 691-698.
- Herrera Barquín, H., A. Leija-Tristán y S. Favela-Lara. 2018. Updated checklist of estuarine caridean shrimps (Decapoda: Caridea) from the southern region of Laguna Madre, Tamaulipas, México, with new records and a key for taxonomic identification. *Check List*, 14(2), 479-494.
- Jayachandran, K.V. 2001. Palaemonid prawns: Biodiversity, Taxonomy, Biology and Management. Science Publishers, Inc., United Kingdom, 423-624.
- Kunz A.K. y O.J. Pung. 2004. Effects of *Microphallus turgidus* (Trematoda: Microphallidae) on the predation, behavior, and swimming stamina of the grass shrimp *Palaemonetes pugio*. *Journal of Parasitology*: June 2004, Vol. 90, No. 3, pp. 441-445.
- Leija-Tristán A., A. Contreras-Arquieta, E.M. García-Garza, A.J. Contreras-Balderas, M.L. Lozano-Vilano, S. Contreras-Balderas, M.E. García-Ramírez, J. Ortiz-Rosales, F. Segoviano-Salinas, F. Jiménez-Guzmán, D. Lazcano-Villarreal, A. de León-González, S. Martínez-Lozano, G.A. Rodríguez-Almaraz, M.A. Guzmán-Lucio, M.C. González de la Rosa, J.A. García-Salas, G. Guajardo-Martínez, J.I. González-Rojas, A. Guzmán-Velasco. 2000. Taxonomic, Biological and Biogeographic aspects of selected Biota of the Laguna Madre, Tamaulipas, México. En: *Acuatic Ecosystems of México: Status and Scope*. Munawar M., Lawrence S.G., Munawar I.F., Malley D.F., (eds). Backhuys Publishers, Leiden, 36pp.
- Martínez-Guerrero, B. y M. del R. P. Cid-Rodríguez. 2010. El comercio de los camarones de ornato: el marco legal y sus complicaciones. *Ciencia y Mar* 14 (40): 69-74.
- Montalvo-Urgel, H., A.J. Sánchez, R. Florido y A.A. Macossay-Cortez. 2010. Lista de crustáceos distribuidos en troncos hundidos en el humedal tropical Pantanos de Centla, al sur del golfo de México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 81(Supl. oct), 121-131.
- Ocean Biogeographic Information System. Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO. En: www.iobis.org (consultado el 28/08/2020).
- Perez-Farfante, I. y B.F. Kensley. 1997. Penaeids and Sergestoid Shrimps and Prawns of the World: Keys and Diagnoses for the Families and Genera. *Muséum national d'Histoire naturelle, Paris*, 233 pp. (Mémoires du Muséum national d'Histoire naturelle; 175).
- Raz-Guzmán, A. 2000. Crustáceos y poliquetos. En: *Organismos indicadores de la calidad del agua y de la contaminación (bioindicadores)*. De la Lanza, G., Pulido S.H. y Carvajal J. L. P. (eds). pp. 265-307. Plaza y Valdez / Comisión Nacional del Agua, SEMARNAP/Instituto de Biología, UNAM, México, D.F., 633 pp.
- Rodríguez-Almaraz, G. A., R. Muñiz-Martínez y A. Millán Cervantes. 2010. Desarrollo larval de *Palaemonetes mexicanus* y *P. hobbsi* (Caridea: Palaemonidae) cultivadas en el laboratorio. *Rev. Mex. Biodiv.*, vol.81, no., p.73-97. ISSN 1870-3453.
- Rodríguez-Almaraz G.A., R. Mendoza, C. Aguilera-González, C. Barriga y M. Tirado-Velarde. 2018. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 89: 1322 - 1327.
- Rodríguez-Almaraz, G.A. y E. Campos. 1996. New Locality Records of Freshwater Decapods from México (Crustacea: Atyidae, Cambaridae and Palaemonidae). *Proceedings of the Biological Society of Washington*, 109:34-38.
- Rodríguez-Almaraz, G.A. y R. Muñiz-Martínez. 2008. Conocimiento de los acociles y langostinos del noreste de México: amenazas y propuestas de conservación. En: *Crustáceos de México: estado actual de su conocimiento*, F. Álvarez y G.A. Rodríguez-Almaraz (eds.). Dirección de Publicaciones, Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, 39pp.
- Rodríguez-Almaraz, G.A., A. Leija-Tristán y R. Mendoza. 2000. Records of caridean shrimps (Crustacea: Decapoda) from the coasts of the Mexican Pacific Ocean, Gulf of Mexico and Mexican Caribbean. *Bulletin of Marine Science* 67: 857-867.
- Shields, J.D. 1994. The parasitic dinoflagellates of marine crustaceans. *Annu. Rev. Fis. Dis.* 4: 241-271.
- Simões, N., X. Chiappa-Carrara y M. Mascaró. 2004. Cultivo de crustáceos ornamentales en México: Presentación de especies potenciales y revisión del estado del arte. En: *XI Congreso Latino-Americano de Acuicultura*, Villahermosa, Tabasco, México.
- Tavares, C., y J. W. Martin. 2010. Suborder Dendrobranchiata Bate, 1888. En: *Eucarida: Euphausiacea, Amphionidacea, and Decapoda (partim)*. *Treatise on Zoology-Anatomy, Taxonomy, Biology*. F.R. Schram, J.C. von Vaupel Klein, J. Forest, M. Charmantier-Daures, (eds). The Crustacea. Brill Publishers, Leiden, 65pp.
- Villalobos J.L., F. Alvarez, T.M. Iliffe. 1999. New species of troglobitic shrimps from Mexico, with the description of *Troglomexicanus*, new genus (Decapoda: Palaemonidae). *J. Crust Biol* 19(1):111-122.

FILANTROPÍA ECOLÓGICA, TRABAJO Y VISIÓN DE UN SABINENSE



IRAM PABLO RODRÍGUEZ SÁNCHEZ
Laboratorio de Fisiología Molecular y Estructural
Facultad de Ciencias Biológicas (Unidad B)
Universidad Autónoma de Nuevo León

Ave. Pedro de Alba s/n cruz con Ave. Manuel L. Barragán. San Nicolás de los Garza, Nuevo León, 66455 México.
Computador: 01 (81) 8329-4110 / Fax 01 (81) 8376-2813

México está entre los países con mayor diversidad biológica y riqueza forestal: cuenta con más especies de encinos que ningún otro país. Su riqueza tiene su origen en la extensa diversidad de climas de buena parte del territorio nacional. Los recursos forestales con que cuenta México lo ubican entre los diez primeros países del mundo por su biodiversidad.

De acuerdo con la información vertida por la Organización Mundial de la Salud, 92% de las personas que viven en las grandes ciudades no respira aire limpio. Por ello, se requiere al menos de un árbol por cada tres personas y un mínimo de 10 y 15 metros cuadrados de zonas verdes por habitante para mejorar la calidad de aire en las zonas urbanas.

Los proyectos de reforestaciones son iniciativas esenciales para recuperar el equilibrio entre el medio ambiente y el impacto ecológico producido por la sociedad. La deforestación tiene como justificación varios fines como la utilización de los recursos vegetales, la urbanización y el remplazo para la agricultura, todos los anteriores con consecuencias inmediatas en la ecología, la economía y la salud.

Los productos forestales de un proyecto de reforestación incluyen: madera, pulpa de celulosa, postes, fruta, fibras y combustibles, las arboladas comunitarias y los árboles que siembran agricultores

alrededor de sus viviendas o terrenos. Las actividades orientadas hacia la protección incluyen los árboles sembrados a fin de estabilizar las pendientes, fijar las dunas de arena, las franjas protectoras, los sistemas de agroforestación, las cercas vivas y los árboles de sombra.

Sabinas Hidalgo, Nuevo León es un municipio que se encuentra a escasos 100 km al norte de Monterrey, con un clima semiárido, la reforestación es una actividad que recientemente se ha tomado de manera seria y responsable. Un joven empresario dedicado al manejo de materiales para construcción, el Ing. David González Morton, con una visión a futuro ha iniciado un programa de reforestación con plantas regionales, en particular y por el momento con encinos.

“ NO PARAMOS DE PREGUNTARNOS QUÉ MUNDO DEJAREMOS A NUESTROS HIJOS, CUANDO LA CUESTIÓN ES QUÉ HIJOS DEJAMOS A ESTE MUNDO ”
LEOPOLDO ABADÍA

“ LA EMPATÍA POR LOS RECURSOS NATURALES ES UN VALOR EN DECADENCIA QUE QUEDARA EXTINTO EN LAS PRÓXIMAS GENERACIONES DE NO ESTRUCTURAR LA CONCIENCIA ECOLÓGICA ”
DAVID GONZÁLEZ MORTON

En seguida una breve conversación al Sr. González Morton:

¿A raíz de qué nace su interés por el medio ambiente?

Primero que todo siempre he sido una persona responsable con el medio ambiente y con la sociedad en general, mi proyecto surgió a consecuencia de la problemática tan grande del calentamiento o global, efecto invernadero.

¿Tiene su propio vivero?

No, estos árboles son comprados en el municipio de Santiago, Nuevo León, México, y traídos hasta Sabinas Hidalgo.

¿Qué especie está usted utilizando y cuáles son sus características?

Encino siempre verde, la especie *Quercus virginiana*, esta especie es nativa del sur de estados Unidos y norte de México, por lo que nos encontramos en el rango de distribución natural. Este es un árbol que tiene como característica principal su altura la cual puede llegar a variar de entre los 15 y 25 metros y el dosel de su copa de aproximadamente 15 metros de diámetro, aunado a su hoja perene, lo anterior según las condiciones del lugar donde se ha plantado, es muy atractivo por su sombra, presenta follaje color verde (de ahí su nombre), es muy resistente a plagas y enfermedades, además, es una especie muy longeva, ya que puede vivir varios cientos de años.

¿Cuál es la razón por la cual hacer esto?

En particular, nuestro municipio, al encontrarse en una zona semiárida, presenta pocos espacios arbolados y el propósito es incrementar su cobertura arbórea para mitigar los efectos de las altas temperaturas, además de dejar un mejor planeta para las generaciones futuras.

¿Lo hace sin fines de lucro?

Todos los ejemplares de encinos en este programa son donados a la población, la actividad no tiene fines de lucro.

¿Alguien más de su familia tiene un proyecto parecido?

No, hasta el momento nadie lo tiene, pero ven con entusiasmo la labor que estamos realizando.

¿Cuántos encinos planea donar?

Los más que se puedan dentro de la respuesta de las personas, y dentro de las posibilidades económicas de un servidor.





¿Tiene algún criterio en cuanto a las personas a las que se les donan estos árboles?

No tengo ningún criterio, solamente que adopten el encino por voluntad y que se hagan responsable de él.

¿Cómo se realiza la donación de árboles?

Mediante un compromiso verbal, no se le obliga a nadie a sembrarlo, dejo que ellos me cuenten por qué les interesa tenerlo y les hago saber la importancia de mantener un ejemplar como el que se están llevando.

¿Pertenece a alguna organización civil?

No, todo es por iniciativa propia.

¿Hay gente que apoya en esta labor?

No, solamente yo.

¿Porque precisamente plantar encinos?

Porque es un tipo de árbol muy adaptable a los cambios climáticos y además tolera la escasez de lluvia, se sabe que puede adaptarse a climas tan extremo como el clima de nuestro municipio; son capaces de resistir temperaturas oscilantes desde los -20°C hasta los 45°C .

¿Beneficios visualizados a corto y largo plazo?

A corto plazo es crear un pulmón verde en nuestro entorno geográfico además de tener más lugares agradables al aire libre, a largo plazo es contribuir a un cambio climático con el fin de reducir las altas temperaturas de nuestra localidad.

¿Hace algún análisis de suelo para ver en dónde plantar?

No es necesario, el encino se adapta a casi cualquier tipo de suelo a excepción del salitroso.

¿Influye el clima en el desarrollo del árbol?

No, como se mencionó anteriormente, esta especie puede desarrollarse en un rango de temperatura muy amplio.

¿Cuáles son los requerimientos para el crecimiento de la planta?

La persona que reciba en donación un encino hace el compromiso de sembrarlo adecuadamente, esto consiste en cavar un pozo 1.5 veces mayor al tamaño del cepellón de la planta, poner tierra negra abajo y alrededor del cepellón, y regarlo lo más posible durante los primeros 5 años, estas serían las condiciones +óptimas para un buen desarrollo del árbol.

¿Hay algún lugar idóneo en el que deseen las personas plantar los encinos?

La mayoría los planta en los patios de sus casas, aceras y bulevares.

¿Tiene algún medio de difusión para llegar a la gente?

Sólo por redes sociales, periódicos locales y la comunicación más efectiva que conozco que es la de recomendación de ciudadano a ciudadano.



¿Cómo te comunicas con la gente para llevar a cabo tu proyecto?

Se comunican por medio de mis redes sociales, llamadas y mensajes a mi celular o vienen directamente a buscarme.

¿Cuánto toma un encino en que esté listo para plantarse?

Solo con germinar la semilla está listo para plantar, sin embargo, nosotros manejamos árboles de 3-4 metros de alto y un grosor de tallo de entre una pulgada y media y dos pulgadas, lo que lo hace totalmente viable para su desarrollo.

¿Se les aplica algún tipo de sustancia a los encinos para acelerar su crecimiento?

Realmente no es necesario ningún producto químico, la especie que estamos manejando tiene un desarrollo de moderado a alto, esto va a depender de los cuidados que reciba, a pesar de que no necesita fertilizantes, si se les aplica, ayudará incrementar la tasa de su crecimiento, aunado a una constante irrigación.

¿¿Como concluyes esta nota? Incitando a la sociedad a desarrollar conciencia ecológica para el bienestar de nuestro entorno y el de generaciones futuras.

Con lo anterior, se le agradece profundamente al señor David González Morton por otorgarnos esta entrevista y permitir hacer difusión de su altruista labor dirigida a la ecología regional.

Mas iniciativas como la aquí difundida resultan prioritarias para el bienestar social y la conciencia ciudadana.

¿Usted tiene en mente otro tipo de proyecto relacionado con el actual?

lamentablemente por la contingencia del COVID-19 no hemos podido continuar con el proyecto de reforestación con encinos, ni dar comienzo a la segunda fase, mediante la cual estaremos reforestando y ayudando a generar recursos para las familias.

¿De que trata esta segunda fase?

Con el primer proyecto estamos ayudando directamente en la reforestación con una especie nativa, pero con este segundo estaremos apoyando a generar un sustento para las familias que adopten la idea. En este segundo proyecto se donarán árboles frutales a familias que puedan mantener un huerto, esto es, que posean un área de tierra adecuado para tal efecto, a futuro la idea es generar una derrama económica indirecta en nuestro municipio.

¿Cuáles son sus redes sociales?

Primero empecé a utilizar mi Facebook personal pero al tener tantos mensajes e interacciones en mi publicación decidí crear una fan page en Facebook y también cree Twitter e Instagram que son las redes que más alcance tienen con los jóvenes. Me pueden seguir en cualquiera de estas redes como @davidgzmorton.

SOBRE LOS AUTORES

DR. ALBERTO GONZÁLEZ-ROMERO
(alberto.gonzalez@inecol.mx).

Sus estudios de licenciatura y posgrado los realizó en la Facultad de Ciencias de la UNAM. Es Investigador Titular B y Nivel I del SNI. Ha dedicado su vida académica al estudio y conservación de vertebrados en México, en especial en mamíferos (roedores y pequeños carnívoros) y reptiles (lagartos).

BIÓL. ALEXIS ANTONIO CORREA-PÉREZ
(alexis.corpe93@gmail.com).

Biólogo egresado de la Universidad Veracruzana. Actualmente es estudiante de posgrado en el Instituto de Ecología. Sus estudios se centran en pequeños reptiles de zonas áridas y semiáridas, principalmente lagartijas, teniendo como proyecto de investigación, la evaluación de las diferentes dimensiones de nicho en las comunidades de lagartijas en la reserva de la biosfera de Mapimí, México.

ANDRÉS FELIPE NAVIA

Biólogo y Magister en Ciencias-Biología de la Universidad del Valle, Colombia y Doctor en Ciencias Marinas del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas de México. Co-Fundador y director de la Fundación SQUALUS" grupo de investigación escalafonado en categoría A-MINCIENCIAS-, e Investigador Senior MINCIENCIAS. Dieciocho años de experiencia en investigación marina. Durante mi carrera he desarrollado como línea central de investigación la función ecológica de las interacciones depredador presa y su relación con la estabilidad de las redes tróficas. En la construcción de la información necesaria para los análisis de redes, incursioné en estudios de pesquerías, historia de vida, dinámica de poblaciones, ecología de comunidades, diversidad funcional, hábitats esenciales, macroecología, entre otros temas. He desarrollado numerosos proyectos sobre recursos marinos explotados comercialmente en Colombia, México y Ecuador. Miembro del Shark Specialist Group de la UICN (desde 2007). Co-editor del Plan de Acción Nacional para la Conservación y Manejo de tiburones, rayas y quimeras de Colombia y del libro Rojo de Peces Marinos de Colombia. Co-autor de 50 artículos científicos y 18 capítulos de libro. Director de 2 tesis de doctorado, 14 de maestría y 16 de pregrado. Participación en 38 eventos científicos divulgando en ellos 109 trabajos. Conferencista invitado al VIII Encuentro de la Sociedad Brasileira para el estudio de elasmobranchios, IX simposio

colombiano de ictiología, y el III Shark International. He dictado 49 cursos, charlas y/o talleres relacionados con tiburones y rayas.

BIÓL. DANIEL MONTOYA FERRER
(daniel.tapaja@gmail.com)

Licenciatura en Biología por la Facultad de Ciencias Biológicas, UANL. Su área de especialidad es manejo de herpetofauna silvestre enfocada a la resolución de condicionantes emitidas por la SEMARNAT en cuanto a estudios de impacto ambiental, así como de estudios de naturaleza herpetológica realizados puntualmente en la región noreste de México. Instructor y capacitador de cursos de identificación de serpientes de esta región, así como de cursos de manejo de serpientes venenosas. Ha publicado en las revistas Herpetology Notes, Bulletin of the Chicago Herpetological Society y Herpetological Review. Funge como vicepresidente de la Asociación Civil: Sociedad Herpetológica del Noreste de México.

DR. ERIC ABDEL RIVAS MERCADO
(rme.abdel@hotmail.com)

Licenciatura en Biología por la Universidad Autónoma de Aguascalientes (UAA). Maestría en Ciencias en el área de Toxicología por la UAA. Doctorado en Ciencias en las áreas de Farmacología y Toxicología por la Facultad de Medicina, UANL. Área de especialidad y línea actual de investigación, moléculas en veneno de serpientes con potencial farmacológico, específicamente, la familia de péptidos denominados desintegrinas y su potencial en el desarrollo de nuevos agentes anti-metastásicos. Actualmente labora para el Departamento de Farmacología y Toxicología de la Facultad de Medicina, UANL. En el aislamiento y caracterización de desintegrinas del veneno de vipéridos endémicos mexicanos así como la obtención de desintegrinas recombinantes. Participa como Docente para la Facultad de Ciencias Químicas, UANL. Participó en los congresos: XIII Reunión Nacional de Herpetología, Aguascalientes, Ags., 1er Curso de Reptiles Venenosos de Sonora, Sonora, Hermosillo. XI y XIII Congreso de Ciencias Naturales, Aguascalientes, Ags., 2do Congreso Nacional de Vipéridos Mexicanos y Ofidismo, Aguascalientes, Ags., 30º Congreso Nacional De Investigación e Innovación en Medicina, Monterrey, N.L.

DR. FRANCISCO GARCÍA DE LEÓN
(fgarciadi@cibnor.mx)

Doctor en Ciencias por la Universidad de Marsella 2, en Francia. Maestría en la Universidad de Bretaña Occidental, Francia y Licenciatura en Biología, por la UANL. Nivel III del SIN. Es investigador titular del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR) (2005-actual), adscrito al Programa de Planeación Ambiental y Conservación, y miembro de la Línea Estratégica sobre Biodiversidad de México. Es responsable del Laboratorio de Genética para la Conservación y miembro del cuerpo de profesores del Programa de Posgrado del CIBNOR. Ha publicado más de 160 artículos y capítulos de libros científicos y ha dirigido nueve estudiantes de doctorado y trece de maestría. Ha prestado sus servicios profesionales en la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

(1981-1987), Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria (1987-2005) y ha realizado dos años sabáticos, uno en Guelph, Canadá (2002-2003) y otro en Punta Arenas, Chile (2013-2014). Interesado en procesos ecológicos y evolutivos que conforman la diversidad de animales y plantas en México. Utiliza métodos de genética de poblaciones, genética de paisajes, filogeografía y evolución, con aplicaciones en conservación, pesca y acuicultura. Actualmente, privilegia los estudios genómicos y simulación de la biodiversidad.

M. EN C. GABRIEL ANDRADE-PONCE
(gpandradep@unal.edu.co).

Biólogo egresado de la Universidad Nacional de Colombia, con maestría en Ciencias del Instituto de Ecología A.C. Actualmente, estudiante de doctorado de la misma institución. Su trabajo se ha enfocado en el estudio de la ecología de mamíferos, particularmente carnívoros. Sus intereses de investigación se centran en el uso del fototrampeo para analizar la ecología espacial, principalmente mediante el uso de modelos jerárquicos.

DR. GABINO ADIRAN RODRÍGUEZ ALMARAZ
(balanus2006@yahoo.com.mx)

Biólogo desde 1982, con Maestría en Ecología Acuática y Pesca y Doctorado en Ciencias Biológicas con especialidad en Acuicultura, estudios realizados en la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL). Actualmente, el Dr. Gabino Adrián Rodríguez Almaraz es profesor, investigador y Subdirector de Investigación de la Facultad de Ciencias Biológicas de la UANL. Además, forma parte del Sistema Nacional de Investigadores (SIN nivel I) adscrito al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y es miembro de la Academia Mexicana de Ciencias. También es reconocido por el PRODEP-SEP como Profesor con Perfil Deseable hasta 2022. Desde 1982, es docente impartiendo cursos en programas de licenciatura y postgrado. Ha dirigido 49 tesis de nivel pregrado y postgrado. Funge también como líder del cuerpo académico "Invertebrados No Insectos" y de la Red Nacional "Especies Exóticas de México". Entre sus principales líneas de investigación figuran: bioecología y taxonomía de invertebrados acuáticos, ecología de crustáceos de agua dulce y marinos, y especies exóticas de México: estado actual y análisis de riesgos. Esta investigación se ha desarrollado a través de 32 proyectos de investigación. Es autor de 47 artículos científicos, 14 capítulos de libros y 7 libros. Los resultados de investigación se han difundido en reuniones científicas nacionales e internacionales, con 165 ponencias. Es Editor Asociado de la Revista Mexicana de Biodiversidad y de la Revista Hidrobiológica.

DR. GUSTAVO ARNAUD FRANCO
(garnaud04@cibnor.mx)

Doctor en Ciencias por la Universidad de Paris XIII, en Francia. Maestría en la Universidad Nacional Autónoma de México y Licenciatura en Biología, por la UANL. Es investigador titular del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR) (1986-actual), adscrito al Programa de Planeación Ambiental y Conservación, y miembro de la Línea Estratégica sobre Biodiversidad de México. Es responsable del

Laboratorio Ecología Animal y miembro del cuerpo de profesores del Programa de Posgrado del CIBNOR. Ha publicado más de 60 artículos y capítulos de libros científicos y ha dirigido tres estudiantes de doctorado, 15 de maestría y 15 de licenciatura. Es miembro de los Consejos Asesores del Parque Nacional Bahía de Loreto y del Área de Protección de Flora y Fauna Islas del Golfo de California, de la CONANP. Ha trabajado en las islas del Golfo de California en aspectos de historia natural y conservación de la fauna nativa. Actualmente centra sus estudios en ecología y venenos de las serpientes de cascabel del género *Crotalus* del noroeste de México.

M. EN C. JESSICA DURÁN-ANTONIO
(jess.durant@outlook.com).

Es bióloga por la Universidad Veracruzana y Maestra en Ciencias por el Instituto de Ecología A. C. Actualmente trabaja en su tesis doctoral con mamíferos carnívoros de la Reserva de la Biósfera Mapimí, investigando el conflicto humanos-carnívoros y el traslape de actividad entre carnívoros, sus presas y el ganado.

DR. IRAM PABLO RODRÍGUEZ SÁNCHEZ
(iramrodriguez@gmail.com)

Profesor-Investigador titular A, Jefe y Fundador del Laboratorio de Fisiología Molecular y Estructural de la Facultad de Ciencias Biológicas (Unidad B) de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Químico Bacteriólogo Parasitólogo, Maestría y Doctorado en Ciencias con Acentuación en Entomología Médica, todas por la Facultad de Ciencias Biológicas de la UANL. Pertenece al Sistema Nacional de Investigadores, Nivel II. Miembro del Comité Evaluador de la editorial BMC, de la Asociación Mexicana de Bioquímica, Genética y AMCA. Cuenta con 110 artículos científicos publicados, 96 publicados en revistas indexadas al JCR y 14 de divulgación, 11 capítulos de libro y 896 citas a su obra. Ha presentado más de 150 trabajos en congresos nacionales e internacionales. Ha desarrollado y colaborado en diversos proyectos de investigación científica con el Children's Hospital Oakland Research Institute, Oakland, CA., Texas Biomedical Research Institute, San Antonio, TX., University of Texas Health Science Center, San Antonio, TX., Broad Institute of MIT-Harvard, Cambridge, MA., The University of Texas at San Antonio, San Antonio, TX., Facultad de Ciencias Veterinarias, UNLP, Argentina., CNR, Research Area, Naples, Italy., State Key Laboratory of Pharmaceutical Biotechnology, School of Life Sciences, Nanjing University, Nanjing, Jiangsu, China.

M. EN C. MANUEL DE LUNA
(scolopendra94@gmail.com)

Biólogo y Maestro en Ciencias con Acentuación en Manejo de Vida Silvestre y Desarrollo Sustentable titulado por la Facultad de Ciencias Biológicas de la UANL. Su área de especialidad es el estudio de los artrópodos terrestres, aunque ocasionalmente incursiona en el estudio y divulgación referente a serpientes mexicanas. Ha publicado en las revistas Revista Ibérica de Aracnología, Biología y Sociedad, Herpetology Notes, Bulletin of the Chicago Herpetological Society, Herpetological Review y Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa. Actualmente

se encuentra cursando un programa de doctorado en la Facultad de Ciencias Forestales de la UANL, siendo becado por CONACYT, la Rufford Foundation y el Field Museum of Natural History de Chicago; también funge como presidente en una asociación civil denominada Sociedad Herpetológica del Noreste de México.

BIÓL. MARÍA CONCEPCIÓN JORDÁN HERNÁNDEZ
(maria.jordanhr@uanl.edu.mx)

Candidata a Doctora en Ciencias con acentuación en Manejo de Vida Silvestre y Desarrollo Sustentable por la Facultad de Ciencias Biológicas (FCB), de la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL). Miembro del laboratorio de Entomología y Artrópodos y colaboradora del laboratorio de Ecología Molecular de la FCB- UANL. Profesora de nivel superior y medio superior en la UANL. Ha participado en distintos proyectos relacionados al campo de la carcinología. Dedicada a la taxonomía y sistemática de crustáceos con énfasis en langostinos palemónidos.

DRA. NORMA EMILIA GONZÁLEZ VALLEJO
(negv0707@hotmail.com)

Bióloga Marina (Universidad Autónoma de Baja California Sur, 1991). Doctora en Ciencias con acentuación en Manejo de Vida Silvestre y Desarrollo Sustentable (Universidad Autónoma de Nuevo León, 2018). Autora y coautora en 18 artículos científicos con arbitraje, 10 capítulos de libros y coeditado uno sobre Biodiversidad Marina y Costera de México y en 12 artículos de divulgación. A dirigido 5 tesis de licenciatura e impartido 2 cursos-taller sobre Taxonomía básica de Moluscos en el Instituto Tecnológico de Chetumal. A tomado 23 cursos de actualización y de posgrado sobre conservación, ecología marina, análisis multi-variados y manejo de la zona costera. Actualmente es técnico Académico titular C en el Laboratorio de Poliquetos y Colección de Referencia y está a cargo de ésta. Áreas de Interés: Taxonomía de moluscos marinos y Equinodermos, conservación y manejo de recursos naturales.

M. EN C. PERLA DOLORES VENTURA-ROJAS
(perla.ventura@posgrado.ecologia.edu.mx).

Egresada de la Facultad de Biología de la Universidad Veracruzana. Realizó la Maestría en Ciencias en el Instituto de Ecología A. C, donde continúa sus estudios de Doctorado. Su principal interés es la ecología y conservación de pequeños mamíferos, especialmente los roedores.

ROBERTO CARLOS GARCÍA BARRIOS
(roberto.garciab98@gmail.com)

Estudiante de la carrera de Biólogo en la Facultad de Ciencias Biológicas de la UANL. Ha participado como coautor en 5 publicaciones, tres de ellas sobre arañas en las revistas Revista Ibérica de Aracnología y Biología y Sociedad y las otras dos sobre reptiles en las revistas Herpetology Notes y Herpetological Review. Actualmente participa fungiendo como secretario en una asociación civil denominada Sociedad Herpetológica del Noreste de México la cual tiene como enfoque el estudio de los reptiles y anfibios presentes en el noreste mexicano, así como

la correcta divulgación de información sobre estos organismos a la población en general.

DRA. SANDRA H. MONTERO-BAGATELLA
(helena.bagatella@gmail.com).

Bióloga egresada de la en la BUAP. Su maestría y doctorado en el Instituto de Ecología A. C. Es Candidata a Investigadora Nacional por parte del SNI. Su línea de investigación se centra en pequeños mamíferos, especialmente en aquellos con problemas de conservación.

DR. SERGIO I. SALAZAR VALLEJO
(savs551216@hotmail.com)

Investigador Titular C de ECOSUR. Biólogo (1981), Maestro en Ciencias en Ecología Marina (1985), Doctor en Biología (1998). Miembro del Sistema Nacional de Investigadores desde 1985 (Investigador Nacional desde 1988, SNI 3901, Nivel actual: III). Ciento cuatro artículos en revistas JCR y 3 en revistas non-JCR, 27 capítulos de libro. Tres libros publicados (1989. Poliquetos de México; 1991. Contaminación Marina; 2005. Poliquetos pelágicos del Caribe) y tres co-editados (1991. Estudios Ecológicos Preliminares de la Zona Sur de Quintana Roo; 1993. Biodiversidad Marina y Costera de México, 2009. Poliquetos de América Tropical); 49 publicaciones de divulgación. Veintiseis tesis dirigidas: 8 de doctorado (todos SNI), 10 de maestría y 8 de licenciatura. Profesor de Licenciatura en ocho instituciones (Cursos: Zoología de Invertebrados, Ecología Marina, Biogeografía, Comunicación Científica, Taxonomía de Poliquetos), Profesor de Posgrado en seis instituciones (Cursos: Ecología del Bentos, Comunicación Científica, Ecología Costera, Sistemática Avanzada) y del Diplomado Reserva. Veintiocho ponencias en congresos nacionales y 33 ponencias en congresos internacionales. Treinta y seis distinciones académicas. Arbitro de 33 revistas o series y miembro del comité editorial de cuatro de ellas. Veintinueve estancias de investigación en Museos e Instituciones de Estados Unidos, Europa y Sudamérica. Áreas de investigación: biodiversidad costera, taxonomía de invertebrados marinos, política ambiental y científica (evaluación académica).

DRA. SONIA GALLINA
(sonia.gallina@inecol.mx).

La licenciatura, maestría y doctorado los realizó en la Facultad de Ciencias de la UNAM. Es Investigadora Titular C y SNI nivel II. Es Coordinadora de la Región de Norteamérica del IUCN-SSC-Deer Specialist Group. Fue presidenta de la Asociación Mexicana de Mastozoología 2008-2010. Es pionera en los estudios ecológicos a largo plazo sobre venados en México en áreas protegidas.

DRA. PAOLA ANDREA MEJÍA-FALLA

Bióloga y Doctora en Ciencias-Biología de la Universidad del Valle, Colombia. Co-fundadora de la Fundación SQUALUS, grupo de investigación escalafonado en categoría A-MINCIENCIAS-, e Investigador Senior MINCIENCIAS. Actualmente me desempeño como líder marino de WCS Colombia. Mi principal interés de investigación está en el estudio de las estrategias

de historia de vida y la evaluación de la vulnerabilidad de los peces a actividades antrópicas como la pesca, habiendo desarrollado trabajos sobre reproducción, edad y crecimiento, demografía de diversas especies de elasmobranchios, así como aspectos relacionados a sus dinámicas pesqueras y evaluaciones de riesgo ecológico. Recientemente he incursionado en procesos de declaratoria y gestión de áreas marinas protegidas, trabajando en la planeación estratégica basada en la participación comunitaria y en el manejo adaptativo, como mecanismos para direccionar y ejecutar acciones hacia la sostenibilidad de los recursos y de sus servicios ecosistémicos. Co-editor del Plan de Acción Nacional para la Conservación y Manejo de tiburones, rayas y quimeras de Colombia y del libro Rojo de Peces Marinos de Colombia. Co-autora de 39 artículos científicos y 15 capítulos de libro. Co-directora de 2 tesis de doctorado, 12 de maestría y 16 de pregrado. He participado en 38 eventos científicos divulgando en ellos 109 trabajos. Miembro del Shark Specialist Group de la UICN (desde 2007).

DR. VÍCTOR H. CRUZ ESCALONA

Profesor-Investigador del CICIMAR-IPN. Biólogo egresado de la Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala de la UNAM (1996). Maestría en Ciencias con especialidad en el Manejo de Recursos Marinos y Doctorado en Ciencias Marinas en el CICIMAR del Instituto Politécnico Nacional. Ha publicado cerca de 50 artículos científicos en revistas nacionales e internacionales, cinco capítulos de libros, y participado en congresos nacionales e internacionales en donde ha presentado 75

ponencias. Ha dirigido siete tesis de licenciatura, siete de Maestría y tres de Doctorado y en la actualidad dirige cuatro tesis de doctorado (en codirección), así como cuatro tesis de maestría (en codirección). Como distinciones en investigación, es miembro del Sistema Nacional de Investigadores, Área 2 Biología y Química (Nivel 2, 2017-2020); asimismo, desde 2016 es miembro de la Academia Mexicana de Ciencias. Sus principales áreas de investigación son la dinámica trófica de ecosistemas costeros marinos y la morfología de organismos acuáticos.

M. EN C. YANET SEPÚLVEDA DE LA ROSA (yanetsepulvedadlr@gmail.com)

Licenciatura en Biología por la Facultad de Ciencias Biológicas, UANL. Maestría en Biología de la Conservación por la Universidad de Sussex, Reino Unido. Su área de especialidad es Ecología del Comportamiento con un enfoque en la incorporación de estudios etológicos en las estrategias de conservación de especies terrestres y marinas. Labora actualmente en la Alianza Nacional para la Conservación del Jaguar, en la iniciativa Stop Extinction y como docente en la Facultad de Ciencias Biológicas, UANL. Contribuye de manera independiente en la comunicación científica nacional e internacional en organizaciones como Research Outreach y Science Animated y como traductora científica en obras literarias como el libro Vida Marina de México: Tesoro de las Profundidades. Participó en el XXIV Congreso Nacional de Zoología y es miembro de la Asociación de Mujeres en la Ciencia.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



FCB

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

U

#SOMOSUNI

TRABAJAR · TRANSFORMAR · TRASCENDER