

## Snakes of the Islands of the Gulf of California

# Serpientes de las islas del Golfo de California

Gustavo Arnaud<sup>1,\*</sup>, Alejandro Carbajal<sup>2</sup>

### Resumen

La presencia y diversidad de serpientes en las islas del Golfo de California están fuertemente ligadas a complejos eventos geológicos que han dado forma al área a lo largo de los últimos veinte millones de años. Durante este periodo la actividad volcánica, la separación de masas de tierra y el aumento del nivel del mar han guiado la formación de diferentes hábitats insulares. Estos fenómenos, en conjunto con las fluctuaciones climáticas de los últimos tres millones de años configuran la diversidad y distribución de las cuarenta especies que actualmente ocupan treinta y una de las 898 islas. Estas cuarenta especies, de las cuales doce (30%) son consideradas endémicas, pertenecen a seis familias: Charinidae (boa de arena, una especie), Colubridae (culebras, diecinueve), Dipsadidae (culebras, cuatro), Elapidae (coralillo, una), Leptotyphlopidae (serpientes ciegas, una) y Viperidae (cascabeles, catorce). Las islas que mantienen la mayor diversidad de especies son Cerralvo y Tiburón (trece especies cada una), seguidas por San Marcos (doce) y San José (once), todas estas islas con superficies mayores a treinta km<sup>2</sup>. La abundancia relativa de especies, categorizada en cuatro grupos, muestra que 65% de ellas (veintiséis especies) pueden ser consideradas raras, 22.5% (nueve) comunes, 7.5% (tres) abundantes y 5% (dos) escasas. Treinta y dos de las 40 especies (80%) aparecen en alguna categoría de la lista roja de la IUCN, mientras que diecisiete (42.5%) forman parte de alguna categoría de riesgo dentro de la Norma Oficial Mexicana 059. Aun cuando los hábitats en las diferentes islas muestran, de manera general, un adecuado nivel de conservación, varias islas están expuestas a la presencia de fauna exótica (gatos, cabras, roedores) que han sido un problema muy importante para varias poblaciones insulares, y, adicionalmente, varias especies, en particular las endémicas, son sujetas a tráfico ilegal que pone en riesgo sus poblaciones.

<sup>1</sup> Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, La Paz, BCS.

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León

\*Autor de correspondencia (email): [garnaud04@cibnor.mx](mailto:garnaud04@cibnor.mx).

**Palabras clave:** Ofidios, Mar de Cortés, Ecosistemas insulares, Conservación.

## Abstract

The presence and diversity of snake species in the islands of the Gulf of California are strongly related to the complex geological events that have shaped the area for the last 20 million years in which volcanic activity, separation of land masses, and the uplifting of the sea level has guided the formation of insular habitats. All these phenomena, and the fluctuating climatic conditions in the last three million years configure the diversity and distribution of the 40 snake species that currently occupy 31 of the 898 islands. These 40 species, from which 12 (30%) are recognized as endemic, belong to six snake families: Charinidae (sand boas, 1 species), Colubridae (colubrids, 19), Dipsadidae (dipsadids, 4), Elapidae (coral snake, 1), Leptotyphlopidae (worm snakes, 1) and Viperidae (rattlesnakes, 14). Islands that harbor the biggest diversity are Cerralvo and Tiburón (13 species per island) followed by San Marcos (12) and San José (11), all of these islands show areas larger than 30 km<sup>2</sup>. Relative abundance of species, categorized into four groups, shows that 65% of them (26 species) could be considered rare, 22.5% (9) common, 7.5% (3) abundant, and 5% (2) scarce. Thirty-two of the 40 species (80%) are listed in the red list of the IUCN, while 17 (42.5%) appear in some category of risk in the Norma Oficial Mexicana 059. Even when the habitats in the different islands show, in a global sense, an adequate degree of conservation, various islands are exposed to the presence of exotic fauna (cats, goats, rodents) that has been a major problem for different insular populations and, in addition, various species, especially those categorized as endemic, are also subjected to illegal trafficking that put their population under a significant risk.

**Keywords:** Snakes, Sea of Cortez, Island ecosystems, Conservation

## Introducción

En el Golfo de California, también conocido como Mar Bermejo o Mar de Cortés, con una longitud de 1,600 km y un ancho que varía de 85 a 205 km (superficie de 283,000 km<sup>2</sup>), existen 898 islas que ocupan una superficie de 3,000 km<sup>2</sup>, las cuales fueron decretadas Áreas Naturales Protegidas, con categoría de Zonas de Reserva y Refugio de Aves Migratorias y de la Fauna Silvestre en 1978. En el año 2000, se modificó su estatus al de Áreas de Protección de Flora y Fauna (DOF, 2001). En el

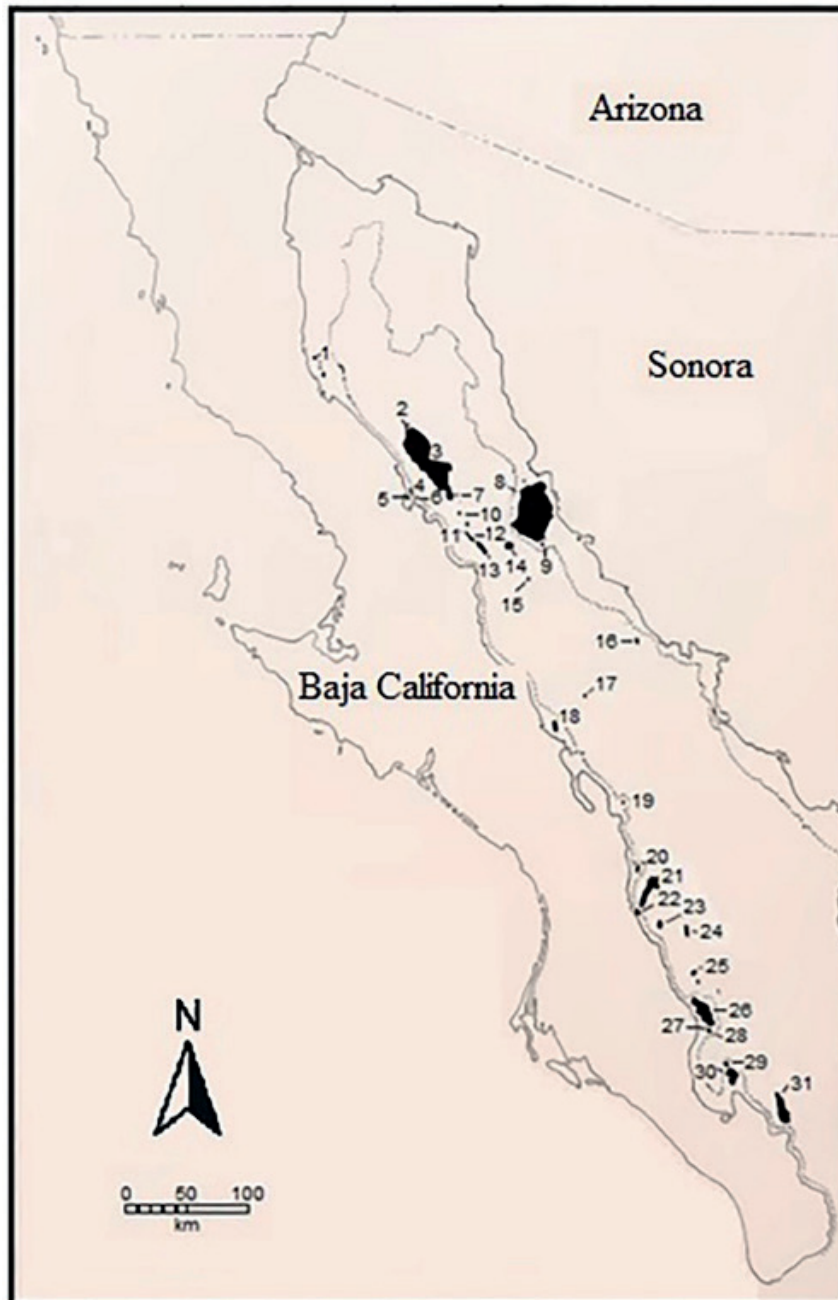
noroeste de México (península de Baja California e islas del Golfo de California) se distribuyen cincuenta y cuatro especies de serpientes (Lovich *et al.*, 2015), de las 438 descritas para México (Heimes, 2016), recientemente algunas fueron descritas, mientras que otras fueron renombradas.

Para entender la distribución de las serpientes es necesario conocer la compleja historia geológica del Golfo de California, producto del desplazamiento de las placas tectónicas Norteamericana y del Pacífico, que dieron lugar a levantamientos y hundimientos de grandes masas de tierra (Durham y Allison, 1960). La península estuvo unida al continente hace veinte millones de años, en un período de gran actividad sísmica y volcánica que llevó a esta sección del territorio a iniciar su viaje hacia el noroeste; hace cerca de cuatro millones de años, la región más sureña se desprendió por completo del continente, permitiendo el paso del mar hacia el interior, provocando un drástico cambio en el contorno de la península y una nueva localización de la línea costera (Carreño y Helenes, 2002). Posteriormente, en los últimos tres millones de años, durante el Pleistoceno, el planeta estuvo sujeto a varios periodos glaciares, en los que la temperatura disminuyó como resultado del aumento de las capas polares. Como consecuencia de dicho aumento y posterior retracción de las masas de hielo, los niveles del mar fluctuaron, aumentando en periodos cálidos y disminuyendo en periodos fríos. Se estima que en el último periodo glaciar el nivel del mar disminuyó 110 m aproximadamente, para después subir paulatinamente en los últimos 17,000 años hasta alcanzar hace aproximadamente 6,000 años, su nivel actual (Fairbridge, 1960; Godwin *et al.*, 1958). Estos cambios de nivel del mar originaron la formación de muchas islas; se asume, que aquellas que tienen una profundidad menor a 110 m en relación a la península, tienen menos de 17,000 años de edad (Carreño y Helenes, 2002). Entre las islas que se encuentran en esta situación están El Muerto, Tiburón, San Marcos, Coronados, San José, San Francisco y Espíritu Santo, así como muchas islas pequeñas cercanas a las costas (Soulé y Sloan, 1966) (Figura 1).

De acuerdo a su origen, las islas se pueden clasificar en tres categorías: 1) oceánicas, aquellas que emergieron del mar y nunca tuvieron contacto con la península de Baja California o el México continental, 2) continentales, que estuvieron alguna vez conectadas a la península pero se separaron por el desplazamiento de las placas tectónicas y ahora están rodeadas por aguas profundas, y 3) islas puente, que estuvieron conectadas a tierra, pero quedaron aisladas con el aumento en el nivel del mar (Grismer, 2002). De acuerdo a esta clasificación se tiene una mayor comprensión respecto a la presencia y diversidad de las especies de reptiles presentes en las islas, ya que aquellas que estuvieron unidas a la península o continente, tienen una gran afinidad con las ahí presentes, en cambio, aquellas que emergieron, como las oceánicas, presentan una menor diversidad; por

otra parte, las islas que se formaron debido a movimientos tectónicos y que permanecieron más tiempo aisladas, son las que presentan el mayor número de especies únicas (endémicas).

En este contexto, nuestro objetivo fue presentar un listado actualizado sobre la diversidad y distribución de las serpientes que habitan las islas del Golfo de California.



**Figura 1.** Islas del Golfo de California. La línea punteada indica el contorno de profundidad del mar de 110 m. 1) El Muerto, 2) Mejía, 3) Ángel de la Guarda, 4) Coronado (=Smith), 5) El Piojo, 6) Cabeza de Caballo, 7) Víbora (=Estanque), 8) Tiburón, 9) Dátil (=Turner), 10) Partida Norte, 11) Salsipuedes, 12) San Lorenzo Norte, 13) San Lorenzo Sur, 14) San Esteban, 15) San Pedro Mártir, 16) San Pedro Nolasco, 17) Tortuga, 18) San Marcos, 19) San Idelfonso, 20) Coronados, 21) Carmen, 22) Danzante, 23) Monserrat, 24) Catalana, 25) Santa Cruz, 26) San José, 27) El Pardito, 28) San Francisco, 29) Partida, 30) Espíritu Santo, 31) Cerralvo.

## Materiales y métodos

### *Características de las islas*

El tamaño, distancia a la costa y profundidad del mar que rodea las islas son variables (tabla I), así como su fisiografía, constituida por planicies y cañadas, con cerros de diferentes altitudes, pendientes abruptas y con costas escarpadas y acantiladas; la mayoría presentan playas rocosas, con grava y cantos rodados, sólo una proporción menor son arenosas. Los suelos están representados por regosoles (éutrico grueso y calcárico), arenosoles y podzoluvisoles (DOF, 2001).

Las islas cercanas a la península de Baja California son similares en clima y vegetación, por lo que son consideradas parte de la ecorregión Costa Central del Golfo, a excepción de las que se encuentran en el extremo norte del golfo, cuyas características ambientales y de vegetación las agrupan como parte de la ecorregión Desierto de San Felipe (González *et al.*, 2010). La vegetación prevaleciente es un matorral xerófilo del tipo sarcocaula, característico del Desierto Sonorense (Shreve y Wiggins, 1964).

La vegetación es alta y densa en los arroyos y en el fondo de las cañadas; en algunas islas las laderas están desprovistas de vegetación (Soulé y Sloan, 1966), por ello son consideradas zonas de baja productividad ecológica. La fauna presente está adaptada a dicha baja productividad primaria, producto de la escasa precipitación, por lo que utilizan como estrategia el aprovechamiento de subsidios del mar, como algas que son arrojados a las playas por el oleaje (Stapp y Polis, 2003). El clima en verano alcanza temperaturas de 45-50 °C, el invierno es templado. El patrón e intensidad de las precipitaciones en el Golfo varía entre el norte y el sur, siendo mayores en la región sur y disminuyendo hacia el extremo norte; en la región boreal, al norte de Bahía de los Ángeles (29° latitud norte), las precipitaciones se concentran en invierno (Aschmann, 1959), en tanto que, en la punta austral de la península, se concentra en los meses de verano debido, principalmente, a la influencia de huracanes (Salinas *et al.*, 1990).

Las islas se encuentran deshabitadas debido a sus condiciones de aridez y a la ausencia de agua. Solo en San Marcos, San José y El Pardito existen asentamientos humanos. Algunas islas son sitios de refugio de pescadores, donde establecen campamentos pesqueros temporales.

A pesar del impacto humano como consecuencia de la introducción de especies exóticas como gatos (*Felis catus*), cabras (*Capra hircus*) y ratones (*Mus musculus* y *Rattus rattus*) (Aguirre-Muñoz, *et al.*, 2011) el estado de conservación de las islas es bueno.

**Tabla I.** Área de las islas con registro de serpientes. Se presenta el tipo, distancia que la separa de la península de Baja California (PBC) o de \*\*Sonora y profundidad del mar alrededor de ellas. \* Registros tomados de Murphy *et al.*, 2002.

Isla	*Área (km <sup>2</sup> )	Tipo	*Distancia isla-PBC (km)	*Profundidad del mar (m)
Ángel de la Guarda	936.04	V	12.12	240
Cabeza de Caballo	0.77	III	2.24	40
Carmen	143.03	V	6.03	150
Catalana	40.99	V	25.15	450
Cerralvo	140.46	V	8.73	235
Coronados	7.59	IV	2.61	35
Coronado (=Smith)	9.13	IV	2.18	35
Danzante	4.64	IV	2.61	30
Dátil (=Turner)	1.25	IV	29.5**	9
El Muerto	1.33	IV	3.39	35
El Pardito	0.01	II	9.41	20
Espíritu Santo	87.55	V	6.15	12
Mejía	2.26	IV	26.06	9
Montserrat	19.86	V	13.70	158
Partida Norte (=Cardonosa)	1.36	IV	17.88	243
Partida	19.29	V	0.17	12
Piojo	0.57	III	6.30	35
Salsipuedes	1.16	IV	19.25	400
San Esteban	40.72	V	34.5	300
San Francisco	4.49	IV	7.39	63
San Idelfonso	1.33	IV	9.94	150
San José	187.16	V	4.16	61
San Lorenzo Norte	4.26	IV	20.51	400
San Lorenzo Sur	33.03	V	16.36	400
San Marcos	30.07	V	4.91	10
San Pedro Mártir	2.90	IV	39.09	275
San Pedro Nolasco	3.45	IV	14.61**	244
Santa Cruz	13.06	V	19.82	200
Tiburón	1223.53	V	1.70**	10
Tortuga	11.36	V	36.30	1,200
Víbora (=Pond, Estanque)	1.03	IV	0.61	3

### *Inventario de especies*

Este estudio se basó en un análisis de las especies ya descritas en las islas, por lo que no se realizaron colectas o capturas de individuos. El inventario se realizó con base en la revisión bibliográfica de los trabajos publicados por Arnaud y Blázquez, 2018; Blázquez *et al.*, 2018; Meik *et al.*, 2018; Frick *et al.*, 2016; Arnaud *et al.*, 2014; Wallach *et al.*, 2014; Lovich *et al.*, 2009; Devitt *et al.*, 2008; Mulcahy,

2008; Murphy y Aguirre-León, 2002; Grismer, 1999, 2002; y Soulé y Sloan, 1966. La nomenclatura de las serpientes se basó en la descrita por Uetz *et al.* (2022).

De acuerdo a su área, las islas en las que se reporta presencia de serpientes fueron clasificadas en cinco categorías: Tipo I, o islas pequeñas, menores de 0.01 km<sup>2</sup> de superficie; Tipo II, islas entre 0.01 y 0.09 km<sup>2</sup>; Tipo III, islas de entre 0.1 y 0.99 km<sup>2</sup>; islas Tipo IV, de entre 1 y 10 km<sup>2</sup>; islas Tipo V mayores a 10 km<sup>2</sup> (tabla I). Los registros de área, distancia a tierra y profundidad del mar alrededor de las islas fueron tomados de Murphy *et al.*, 2002.

Se realizó el cálculo de abundancia relativa (AR) de acuerdo a la frecuencia de las diversas especies presentes en cada una de ellas. Se asignaron las siguientes categorías: 1) Abundante, cuando la presencia de una misma especie ocurre en diez o más islas; 2) Común, presencia entre cinco y nueve islas; 3) Escasa, presente en cuatro y tres islas; 4) Rara, presente en dos o una isla.

Se revisó el libro Rojo de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) (IUCN, 2022) y la Norma Oficial Mexicana-059 del Gobierno de México (DOF, 2019 b), para identificar la categoría de las especies de serpientes presentes en las islas.

### *Análisis estadísticos*

Para identificar la relación entre el número de especies de serpientes y el grado de endemismo con el área de la isla, su distancia a tierra y la profundidad del mar adyacente, se realizó una prueba no paramétrica de correlación de Spearman.

## Resultados y discusión

### *Diversidad de serpientes en islas*

Se registraron un total de cuarenta especies de serpientes (doce endémicas y veintiocho no endémicas), presentes en treinta y una islas (figura 1). La familia con mayor riqueza fue Colubridae con diecinueve especies, seguido por la familia Viperidae con catorce especies, Dipsadidae con cuatro, Charinidae, Elapidae y Leptotyphlodidae con una especie cada una (tabla II). El género *Crotalus*, con catorce especies, es el más diverso. Las islas en las que se encontró el mayor número de especies, fueron Cerralvo y Tiburón (13 especies cada una), seguida por San Marcos (doce especies) y San José (once especies), todas del Tipo V (tabla II). Las especies endémicas presentes son: *Chilomeniscus savagei*, *Lampropeltis catalinensis*, *Masticophis slevini*, *Rhinocheilus etheridgei*, *Sonora savagei*, *Hypsiglena catalinae*, *Crotalus angelensis*, *C. catalinensis*, *C. estebanensis*, *C. lorenzoensis*,

*C. polisi*, *C. thalassoporus*. El mayor número de endemismos se concentró en las islas Catalana y Cerralvo, cada una con tres especies. La riqueza de serpientes en las islas del Golfo de California está relacionada con la historia y origen de cada una, así como con sus características particulares, donde la cobertura vegetal y sitios de resguardo contra las altas temperaturas que se presentan en la región son de gran importancia, así como la disponibilidad de alimento, entre la que destaca el aporte de subsidios del mar (Stapp y Polis, 2003).

**Tabla II.** Islas del Golfo de California donde hay registros de serpientes. \*\* Especies endémicas. Registros de acuerdo a: Uetz *et al.*, 2022; Arnaud y Blázquez, 2018; Blázquez *et al.*, 2018; Meik *et al.*, 2018; Frick *et al.*, 2016; Arnaud *et al.*, 2014; Wallach *et al.*, 2014; Lovich *et al.*, 2009; Devitt *et al.*, 2008; Mulcahy, 2008; Murphy y Aguirre-León, 2002; Grismer, 1999, 2002; Soulé y Sloan, 1966.

	TAXA/ISLA	Ángel de la Guarda	Cabeza de caballo	Carmen	Catalana	Cerralvo	Coronados	Coronado (=Smith)	Danzante	Dátil (=Turners)	El Muerto	El Pardito	Espíritu Santo	Mejía	Montserrat	Partida Norte (=Cardonosa)
	<b>Charinidae</b>															
1	<i>Lichanura trivirgata</i>	+		+		+	+						+	+		
	<b>Colubridae</b>															
2	<i>Bogertophis rosaliae</i>								+							
3	<i>Chilomeniscus savagei</i> **					+										
4	<i>Chilomeniscus stramineus</i>														+	
5	<i>Lampropeltis californiae</i>	+				+									+	
6	<i>Lampropeltis catalinensis</i> **				+											
7	<i>Masticophis barbouri</i>												+			
8	<i>Masticophis bilineatus</i>															
9	<i>Masticophis fuliginosus</i>			+		+	+		+	+			+		+	
10	<i>Masticophis slevini</i> **															
11	<i>Phyllorhynchus decurtatus</i>	+				+									+	
12	<i>Pituophis catenifer</i>															
12	<i>Pituophis vertebralis</i>															
14	<i>Rhinocheilus etheridgei</i> **					+										
15	<i>Salvadora hexalepis</i> ,												+			
16	<i>Sonora savagei</i> **					+										
17	<i>Sonora semiannulata</i>															
18	<i>Sonora straminea</i>								+				+			
19	<i>Tantilla planiceps</i>			+												
20	<i>Trimorphodon lyrophanes</i>					+			+		+					
	<b>Dipsadidae</b>															
21	<i>Hypsiglena catalinae</i> **				+											
22	<i>Hypsiglena chlorophaea</i>															



Tabla II...continuación

23	<i>Hypsiglena ochrorhynchus</i>	+		+		+	+	+	+		+				+	+
24	<i>Hypsiglena slevini</i>					+	+		+						+	
	<b>Elapidae</b>															
25	<i>Micruroides euryxanthus</i>															
	<b>Leptotyphlopidae</b>															
26	<i>Rena humilis</i>			+	+	+			+		+					
	<b>Viperidae</b>															
27	<i>Crotalus angelensis**</i>	+														
28	<i>Crotalus atrox</i>										+					
29	<i>Crotalus catalinensis**</i>				+											
30	<i>Crotalus cerastes</i>															
31	<i>Crotalus enyo</i>			+		+	+					+	+			
32	<i>Crotalus estebanensis**</i>															
33	<i>Crotalus lorenzoensis**</i>															
34	<i>Crotalus mitchellii</i>			+		+							+		+	
35	<i>Crotalus molossus</i>															
36	<i>Crotalus polisi**</i>		+													
37	<i>Crotalus pyrrhus</i>							+			+					
38	<i>Crotalus ruber</i>	+						+		+						+
39	<i>Crotalus thalassaporus**</i>															
40	<i>Crotalus tigris</i>															
	Total de especies	6	1	7	4	13	6	2	8	2	4	1	7	2	7	1

	TAXA / ISLA	Partida	Piojo	Salsipuedes	San Esteban	San Francisco	San Ildefonso	San José	San Lorenzo Norte	San Lorenzo Sur	San Marcos	San Pedro Mártir	San Pedro Nolasco	Santa Cruz	Tiburón	Tortuga	Víbora (=Pond, Estanque)	Total
	<b>Charinidae</b>																	<b>8</b>
1	<i>Lichanura trivirgata</i>										+				+			8
	<b>Colubridae</b>																	<b>23</b>
2	<i>Bogertophis rosaliae</i>										+							2
3	<i>Chilomeniscus savagei**</i>																	1
4	<i>Chilomeniscus stramineus</i>	+					+				+				+			5
5	<i>Lampropeltis californiae</i>			+	+				+	+		+	+	+		+		11
6	<i>Lampropeltis catalinensis**</i>																	1
7	<i>Masticophis barbouri</i>	+																2
8	<i>Masticophis bilineatus</i>														+			1
9	<i>Masticophis fuliginosus</i>	+					+	+			+				+			12
10	<i>Masticophis slevini**</i>				+													1
11	<i>Phyllorhynchus decurtatus</i>							+			+							5
12	<i>Pituophis catenifer</i>														+			1
12	<i>Pituophis vertebralis</i>							+										1

Tabla II...continuación

14	<i>Rhinocheilus etheridgei</i> **																	1
15	<i>Salvadora hexalepis</i> ,						+							+				3
16	<i>Sonora savagei</i> **																	1
17	<i>Sonora semiannulata</i>						+			+								2
18	<i>Sonora straminea</i>																	2
19	<i>Tantilla planiceps</i>																	1
20	<i>Trimorphodon lyrophanes</i>						+			+				+				6
	<b>Dipsadidae</b>																	<b>21</b>
21	<i>Hypsiglena catalinae</i> **																	1
22	<i>Hypsiglena chlorophaea</i>					+									+			2
23	<i>Hypsiglena ochrorhynchus</i>	+		+		+		+		+	+			+		+		17
24	<i>Hypsiglena slevini</i>									+								5
	<b>Elapidae</b>																	<b>1</b>
25	<i>Micruroides euryxanthus</i>														+			1
	<b>Leptotyphlopidae</b>																	<b>7</b>
26	<i>Rena humilis</i>									+				+				7
	<b>Viperidae</b>																	<b>26</b>
27	<i>Crotalus angelensis</i> **																	1
28	<i>Crotalus atrox</i>										+			+	+	+		4
29	<i>Crotalus catalinensis</i> **																	1
30	<i>Crotalus cerastes</i>														+			1
31	<i>Crotalus enyo</i>	+				+		+			+							9
32	<i>Crotalus estebanensis</i> **					+												1
33	<i>Crotalus lorenzoensis</i> **									+								1
34	<i>Crotalus mitchellii</i>	+		+				+										7
35	<i>Crotalus molossus</i>														+			1
36	<i>Crotalus polisi</i> **																	1
37	<i>Crotalus pyrrhus</i>																	2
38	<i>Crotalus ruber</i>							+			+						+	7
39	<i>Crotalus thalassoporus</i> **		+															1
40	<i>Crotalus tigris</i>														+			1
	Total de especies	6	1	3	4	2	1	11	1	3	12	2	1	4	13	3	1	

De acuerdo con la riqueza de especies de serpientes por islas en relación con el área y su distancia a tierra, se observó una correlación lineal significativa, directamente proporcional entre el área de las islas y el número de especies presentes ( $r^2=0.796$ ,  $p < 0.001$ ), la profundidad del mar y la distancia a tierra ( $r^2=0.613$ ,  $p < 0.001$ ); y en menor medida la profundidad del mar y el grado de endemismo ( $r^2=0.381$ ,  $p < 0.035$ ). Esta relación entre riqueza de especies, área y distancia a tierra de las islas, estuvo acorde con la teoría de biogeografía de islas (MacArthur y Wilson, 1967), donde las islas con áreas mayores y cercanas a tierra presentaron un mayor número de especies.

Respecto al origen de las serpientes, se asume que la mayoría de las especies provienen de la península de Baja California (Murphy, 1983). Se ha propuesto la hipótesis de la dispersión sobre el

agua (Murphy y Aguirre-León, 2002), en donde las fuertes precipitaciones que ocurren en la región tienen una gran influencia. Las lluvias torrenciales debido a la presencia de huracanes arrastran, desde la península, plantas, troncos y raíces en conglomerados a manera de “islas flotantes”, que pueden transportar animales vivos. Esta hipótesis de colonización fue propuesta para explicar la presencia de *C. ruber* en la isla Monserrat (Murphy y Aguirre-León, 2002) y Coronados (Arnaud *et al.*, 2014), además de la serpiente *P. melanoleucus* (= *P. catenifer*) en isla Tiburón (Soulé y Sloan, 1966). Es posible que en el futuro se presenten más casos, ya que aproximadamente diez huracanes por década afectan la península de Baja California y varias de las tormentas que se generan en la cuenca oriental del Pacífico, con una trayectoria hacia el norte, entran al Golfo de California (Martínez-Gutiérrez y Mayer, 2004).

### **Abundancia**

La abundancia relativa (AR) de la presencia de serpientes en las islas fue: 1) Abundante, para tres especies (7.5%) *L. californiae*, *M. fuliginosus*, *H. ochrorhynchus*; 2) Común, para nueve especies (22.5%) *L. trivirgata*, *S. straminea*, *P. decurtatus*, *T. lyrophanes*, *H. slevini*, *R. humilis*, *C. enyo*, *C. mitchellii*, *C. ruber*; 3) Escasa, para dos especies (5%) *S. hexalepis* y *C. atrox* y 4) Rara, para veintiséis especies (65%), entre las que se incluyeron las especies endémicas (Tabla II).

### **Cambios de nomenclatura**

Entre las especies que tuvieron cambio de nombre están *C. polisi* y *C. thalassiophorus* (antes *C. mitchellii*) (Meik *et al.*, 2018); *C. pyrrhus* (antes *C. muertensis*) (Meik *et al.* 2015); *C. atrox* (antes *C. tortugensis*) (Ernest y Ernest, 2003); *H. chlorophaea* (antes *H. torquata chlorophaea*), *H. ochrorhyncha* (antes *H. torquata ochrorhyncha*), *H. catalinae* (antes *H. torquata catalinae*) (Mulcahy, 2008); *T. lyrophanes* (antes *T. biscutatus*) (Devitt *et al.*, 2008). Los cambios fueron producto de análisis genéticos y de análisis estadísticos multivariados de datos morfológicos.

### **Estado de conservación**

De las cuarenta especies presentes en las islas, treinta y dos se encuentran listadas con alguna categoría de riesgo en el Libro Rojo de la IUCN, de éstas, veintiocho se encuentran en la categoría de preocupación menor (LC), tres se ubican en la de datos insuficientes (DD) y una en peligro crítico (CR) (IUCN, 2022) (Tabla III). En relación a la NOM-059, diecisiete especies están incluidas, de las cuales seis se encuentran en la categoría de amenazadas (A) y once en la categoría de protección especial (Pr) (Tabla III) (DOF, 2019b).

**Tabla III.** Categoría de las serpientes presentes en las islas del Golfo de California, de acuerdo a <sup>1</sup>IUCN (IUCN, 2022) y la <sup>2</sup>Norma Oficial Mexicana 059 (DOF, 2019b), dónde: LC=preocupación menor, DD= información deficiente, CR=en peligro crítico, A=amenazada, Pr=protección especial, SC= sin categoría, \*\*= especie endémica.

	IUCN <sup>1</sup>	NOM <sup>2</sup>
<b>Charinidae</b>		
<i>Lichanura trivirgata</i>	LC	A
<b>Colubridae</b>		
<i>Bogertophis rosaliae</i>	LC	SC
<i>Chilomeniscus savagei</i> **	LC	Pr
<i>Chilomeniscus stramineus</i>	LC	Pr
<i>Lampropeltis californiae</i>	LC	SC
<i>Lampropeltis catalinensis</i> **	DD	SC
<i>Masticophis barbouri</i>	DD	SC
<i>Masticophis bilineatus</i>	LC	SC
<i>Masticophis fuliginosus</i>	SC	SC
<i>Masticophis slevini</i> **	LC	SC
<i>Phyllorhynchus decurtatus</i>	LC	SC
<i>Pituophis catenifer</i>	LC	SC
<i>Pituophis vertebralis</i>	LC	SC
<i>Rhinocheilus etheridgei</i> **	DD	A
<i>Salvadora hexalepis</i> ,	LC	SC
<i>Sonora savagei</i> **	SC	SC
<i>Sonora semiannulata</i>	LC	SC
<i>Sonora straminea</i>	SC	SC
<i>Tantilla planiceps</i>	LC	SC
<i>Trimorphodon lyrophanes</i>	LC	SC
<b>Dipsadidae</b>		
<i>Hypsiglena catalinae</i> **	SC	Pr
<i>Hypsiglena chlorophaea</i>	LC	Pr
<i>Hypsiglena ochrorhynchus</i>	SC	Pr
<i>Hypsiglena slevini</i>	LC	A
<b>Elapidae</b>		
<i>Micruroides euryxanthus</i>	LC	A
<b>Leptotyphlopidae</b>		
<i>Rena humilis</i>	LC	SC
<b>Viperidae</b>		
<i>Crotalus angelensis</i> **	LC	SC
<i>Crotalus atrox</i>	LC	Pr
<i>Crotalus catalinensis</i> **	CR	A
<i>Crotalus cerastes</i>	LC	Pr
<i>Crotalus enyo</i>	LC	A
<i>Crotalus estebanensis</i> **	LC	SC
<i>Crotalus lorenzoensis</i> **	LC	SC
<i>Crotalus mitchellii</i>	LC	Pr
<i>Crotalus molossus</i>	LC	Pr
<i>Crotalus polisi</i> **	SC	SC
<i>Crotalus pyrrhus</i>	SC	SC
<i>Crotalus ruber</i>	LC	Pr
<i>Crotalus thalassoporus</i> **	SC	SC
<i>Crotalus tigris</i>	LC	Pr

Respecto al estado de conservación de la serpiente endémica de la isla Catalana (*C. catalinensis*), que está considerada en peligro crítico (CR) por la IUCN (IUCN, 2022), requiere ser re-evaluada dado que sus poblaciones se encuentran estables y los factores negativos que actuaban sobre sus poblaciones desaparecieron, como la presencia de gatos asilvestrados, además de que desde el 2019 existe la prohibición de desembarco a la isla por turistas y pescadores, excepto para fines de investigación, aunado a que se desarrollan acciones de educación ambiental y vigilancia en el área de influencia de la isla (Aguirre-Muñoz *et al.*, 2011; Arnaud y Martins, 2019; DOF, 2019a; Arnaud y Popoca, 2022).

Entre las amenazas que enfrentan las serpientes de las islas está la introducción de especies exóticas, particularmente gatos que pueden depredar serpientes, o cabras, que pueden disminuir o eliminar la cobertura vegetal. Si bien se han llevado a cabo programas de erradicación de especies de fauna exótica en diversas islas (Aguirre-Muñoz *et al.*, 2011), aún se encuentran presentes en Cerralvo, Espíritu Santo, San José, Carmen, San Marcos y Ángel de la Guarda, las cuales son islas del Tipo V, que por su superficie hacen complicada la logística para su erradicación. Otra amenaza es la colecta ilegal, que se centra en las especies endémicas, particularmente de serpientes de cascabel (*Crotalus* spp.) (Mellink, 1995). Su efecto puede ser significativo en las poblaciones de las islas del Tipo III, como El Piojo y Cabeza de Caballo. Por otra parte, *L. catalinensis* de la isla Catalana, descrita en 1921 (Van Denburgh y Slevin, 1921), no ha sido nuevamente reportada (Grismer, 2002), por lo que habrá que verificar su presencia; otra especie, *C. enyo* de la isla El Pardito, probablemente ya no se encuentre ahí, debido a que se ha incrementado la presencia humana en la isla de apenas 0.01 km<sup>2</sup> (Tipo II).

## Conclusiones

Los hábitats de las diferentes islas muestran, de manera general, un adecuado nivel de conservación lo que hace suponer que las poblaciones de serpientes también se encuentran en buen estado, sin embargo, varias islas están expuestas a la presencia de fauna exótica (gatos, cabras, roedores), que ha sido un problema muy importante para varias poblaciones insulares. Adicionalmente, varias especies, en particular las endémicas, son sujetas a tráfico ilegal que pone en riesgo sus poblaciones, por lo que, para garantizar su conservación, habrá que elucidar el efecto de estas amenazas, así como disponer de mayor información sobre la biología y ecología de las especies, para hacer más efectivas las estrategias para su conservación.

## Agradecimientos

Se agradece a Alejandro Arnaud por los análisis estadísticos realizados.

## Bibliografía

- Aguirre-Muñoz, A.; A. Samaniego-Herrera; L. Luna-Mendoza; A. Ortiz-Alcaraz; M. Rodríguez-Malagón; F. Méndez-Sánchez; M. Félix-Lizárraga; J.C. Hernández-Montoya; R. González-Gómez; F. Torres-García; J.M. Barredo-Barberena; M. Latofski-Robles. 2011. *Island restoration in Mexico: ecological outcomes after systematic eradications of invasive mammals*. Pp. 250-258. En: Veitch, C.R.; M.N. Clout y D.R. Towns. (eds.). *Island invasives: eradication and management*. IUCN, Gland, Switzerland. 542pp.
- Arnaud, G; E. Popoca. 2022. *Parque Nacional Bahía de Loreto*. Pp. 363-382. En: Casal-Ferreira, A.; L. López-Levi; C. McCoy-Cador. (eds.). *Áreas naturales protegidas: entre sociedades y naturalezas*. Parques nacionales. Volumen 1. Universidad del Caribe, Universidad Autónoma Metropolitana, Editorial Itaca. México. 478 pp.
- Arnaud, G.; M. Martins. 2019. *Living without a rattle. The biology and conservation of the rattlesnake, Crotalus catalinensis, from Santa Catalina Island, México*. Pp. 241-257. En: Lillywhite, H. B.; M. Martins (eds.). *Islands and Snakes: Isolation and Adaptive Evolution*. Oxford University Press. New York, Estados Unidos. 360 pp.
- Arnaud, G.; M.C. Blázquez. 2018. *First record of Lichanura trivirgata Cope, 1868 (Squamata: Boide) from Coronados Island, Gulf of California, Mexico*. *Herpetology Notes*, 11: 1025-1026.
- Arnaud, G.; R. Carbajal-Márquez; J. Rodríguez-Canseco y E. Ferreyra. 2014. *Primeros registros de la cascabel roja (Crotalus ruber) en la isla Coronados, golfo de California, México*. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85: 322-324.
- Aschmann, H. 1959. *The central desert of Baja California: Demography and ecology*. Ibero-Americana: 42. University of California Press, Berkeley. Estados Unidos. 282 pp.
- Blázquez, M. C.; P. Vázquez; A. Ortega-Rubio. 2018. *Status of the Phylogeography, Taxonomy and Conservation of the Reptiles of the Gulf of California Islands*. Pp. 285-304. En: Ortega-Rubio, A. (ed.). *Mexican Natural Resources Management and Biodiversity Conservation*. Springer International Publishing. . Estados Unidos. 588 pp.

- Carreño A. L. y J. Helenes, 2002. *Geology and ages of the islands*. Pp. 14-40. En: Case, T.; M. Cody y E. Ezcurra (eds.). *A new island biogeography of the Sea Cortés*, Oxford University Press. New York. Estados Unidos 669 pp.
- Devitt, T.; T. LaDuc; J. McGuire. 2008. *The Trimorphodon biscutatus (Squamata: Colubridae) species complex revisited: A multivariate statistical analysis of geographic variation*. *Copeia* 2008, No. 2: 370–387.
- DOF (Diario Oficial de la Federación). 2019a. *Programa de Manejo del Parque Nacional Bahía de Loreto*. Publicado el 23 de abril 2019.
- DOF (Diario Oficial de la Federación). 2019b. *Modificación del Anexo Normativo III, Lista de especies en riesgo de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo, publicada el 30 de diciembre de 2010*. Publicado el 14 de noviembre, 2019.
- DOF (Diario Oficial de la Federación). 2001. *Aviso mediante el cual se informa al público en general que la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales ha concluido la elaboración del Programa de Manejo del Área de Protección de Flora y Fauna Islas del Golfo de California, asimismo se da a conocer el Resumen del Programa de Manejo respectivo, el plano de localización y zonificación de dicha área*. Publicado el 17 de abril 2001.
- Durham, J. W. y E. C. Allison 1960. *The geologic history of Baja California and its marine faunas*. *Systematic Zoology* 9:47-91.
- Ernst, C.H. y E.M. Ernst. 2003. *Snakes of the United States and Canada*. Smithsonian Inst. Press, Washington, Estados Unidos. 668 pp.
- Fairbridge, R.W. 1960. *The changing level of the sea*. *Scientific American* 202(5): 70-79.
- Frick, W.F.; P.A. Heady; B. Hollingwirth. 2016. *Lichanura trivirgata (Rosy Boa)*. *Herpetological Review* 47(1):1-2.
- Godwin, H.; R.P. Suggate; E.H. Willis. 1958. *Radiocarbon dating of the eustatic rise in ocean-level*. *Nature* 181:1518-1519.
- González, A.C.; P.P. Garcillán y E. Ezcurra. 2010. *Ecorregiones de la Península de Baja California: Una Síntesis*. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 87: 69-82.
- Grismer LL 2002. *Amphibians and reptiles of Baja California: including its Pacific islands and the islands in the Sea of Cortes*. University of California Press, Berkeley. Estados Unidos 399 pp.

- Grismer, L. L. 1999. *An evolutionary classification of reptiles on islands in the GHeimes*, P. 2016. *Herpetofauna Mexicana*, Vol. 1. Snakes of Mexico. Edition Chimaira, Frankfurt Am Main, Germany. 572 pp.
- IUCN. 2022. *The IUCN Red List of Threatened Species*. Version 2022-1. Consultado el 02-03-2022. <https://www.iucnredlist.org>.
- Johnson, J.D.; V. Mata-Silva; E. García-Padilla; L.D. Wilson. 2015. *The herpetofauna of Chiapas, Mexico: composition, distribution, and conservation*. *Mesoamerican Herpetology*, 2, 271-329.
- Llorente-Bousquets, J.; S. Ocegueda. 2008. *Estado del conocimiento de la biota* Pp. 283-322. En: CONABIO. *Capital natural de México*, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. México. 609 pp.
- Lovich R.E.; L. Grismer y G. Danemann. 2009. *Conservation status of the herpetofauna of Baja California, México and associated islands in the Sea of Cortez and Pacific Ocean*. *Herpetological Conservation and Biology* 4(3):358-378.
- MacArthur, R. H.; E. O. Wilson. 1967. *The theory of island biogeography*. Princeton University Press. Princeton, New Jewrsey Estados Unidos. 224 pp.
- Martínez-Gutiérrez, G.; L. Mayer. 2004. *Huracanes en Baja California, México y sus implicaciones en la sedimentación en el golfo de California*. *Geos* 24:57-64.
- Mata-Silva, V.; J.D. Johnson; L.D. Wilson; E. García-Padilla. 2015. *The herpetofauna of Oaxaca, Mexico: composition, physiographic distribution, and conservation status*. *Mesoamerican Herpetology*, 2, 6-62.
- Meik, J.; S. Schaack; O. Flores-Villela; J. Streicher. 2018. *Integrative taxonomy at the nexus of population divergence and speciation in insular speckled rattlesnakes*. *Journal of Natural History* 52, 989-1016.
- Meik J.M.; J.W. Streicher; A.M. Lawing; O. Flores-Villela; M.K. Fujita 2015. *Limitations of Climatic Data for Inferring Species Boundaries: Insights from Speckled Rattlesnakes*. *PLoS One* 10 (6): e0131435
- Mellink, E. 1995. *The potential effect of commercialization of reptiles from Mexico's Baja California Peninsula and its associated islands*. *Herpetological Natural History* 3(1):95-99.
- Midtgaard, R. 2021. *RepFocus A survey of the reptiles of the world*. Consultado 13-06-2023. <http://repfocus.dk/>



- Morales-Mávil, J.E.; S. Guzmán-Guzmán; L. Canseco-Márquez; G. Pérez-Higareda; A. González-Romero; R.C. Vogt. 2011. *La Biodiversidad en Veracruz: estudio de estado*. México: CONABIO, Gobierno del Estado de Veracruz, Universidad Veracruzana, Instituto de Ecología México. 546 pp.
- Mulcahy, D.G. 2008. *Phylogeography and species boundaries of the western North American Nightsnake (Hypsiglena torquata): Revisiting the subspecies concept*. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 46(3):1095-1115
- Murphy, R.W. 1983. *The reptiles: origins and evolution*. Pp. 130-158. En: Case T.J. y M.L. Cody (eds). *Island biogeography of the Sea Cortés*. University of California Press, Berkeley, Estados Unidos. USA. 508 pp.
- Murphy, R.W.; G. Aguirre-León. 2002. *The nonavian reptiles origins and evolution*. Pp. 181-220. En: Case, T.; M. Cody y E. Ezcurra (eds.). *A new island biogeography of the Sea Cortés*, Oxford University Press. New York. Estados Unidos. Pp. 669..
- Murphy, R. W.; F. Sánchez-Piñero; G. Polis; R. Aalbu. 2002. *New measurements of area and distance for islands in the Sea of Cortés*. Pp. 447-464. En: Case, T.; M. Cody y E. Ezcurra (eds.). *A new island biogeography of the Sea Cortés*, Oxford University Press. New York. Estados Unidos. Pp. 669.
- Salinas, Z.C.; A.C. Leyva; D.B. Llunch; E.R. Díaz. 1990. *Distribución geográfica y variabilidad climática de los regímenes pluviómetros de Baja California Sur, México*. *Atmósfera*, 3(3):217-237.
- Shreve, F.; I.R. Wiggins. 1964. *Vegetation and Flora of the Sonoran Desert*. 2 Vols. Stanford University Press, Stanford, California, Estados Unidos. 1740 pp.
- Soulé, M.; A. Sloan. 1966. *Biogeography and distribution of the reptiles and amphibians on islands in the Gulf of California, Mexico*. *Transactions of the San Diego Society of Natural History* 14(11):137-156.
- Stapp, P. y G.A. Polis. 2003. *Influence of pulsed resources and marine subsidies on insular rodent populations*. *Oikos* 102:111-123.
- Uetz, P.; P. Freed; R. Aguilar; J. Hošek, J. 2022. *The Reptile Database*. Consultado el 15-07-2022. <http://www.reptile-database.org>
- Van Denburgh, J. y J.R. Slevin. 1921. *Preliminary diagnoses of more new species of reptiles from islands in the Gulf of California, Mexico*. *Proceedings of the California Academy of Science* 11:395-398.
- Wallach, V.; K.L. Williams; J. Boundy. 2014. *Snakes of the world, a catalogue of living and extinct species* CRC Press. Boca Raton, Florida, Estados Unidos. 1209 pp.

Wilson, L.D.; V. Mata-Silva; J. D. Johnson. 2013. *A conservation reassessment of the reptiles of Mexico based on the EVS measure*. Amphibian & Reptile Conservation 7(1):1-47.

## Cita

Arnaud, G., A. Carbajal. Serpientes de las islas del Golfo de California. Áreas Naturales Protegidas Scripta, 2023. Vol. 9 (2): 69-86. <https://doi.org/10.18242/anpscripta.2023.09.09.02.0004>

*Sometido: 3 de agosto de 2023*

*Aceptado: 24 de noviembre de 2023*

*Editor ejecutivo: Dr. Arturo Sánchez Paz*

*Editor asociado: Dr. Arturo Sánchez Paz*

*Diseño gráfico editorial: Lic. Gerardo Hernández*