



Servicios ecosistémicos de reptiles venenosos en el trópico seco

Carlos Jesús Balderas-Valdivia¹, Adriana González-Hernández²
& Adrián Leyte-Manrique³

¹Biodiversidad y Conservación de la Naturaleza, Dirección General de Divulgación de la Ciencia, Universidad Nacional Autónoma de México, Zona Cultural, Cd. Universitaria, 04510, Coyoacán, CDMX. cjbv@unam.mx

²Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Cto. Interior Cd. Universitaria, CP 04510, Alcaldía Coyoacán, CDMX. abronia@ciencias.unam.mx

³Tecnológico Nacional de México, Campus Salvatierra (ITESS). Manuel Gómez Morín No. 300 Comunidad de Janicho Salvatierra, Guanajuato, C.P. 38900. aleyteman@gmail.com

Palabras clave: Reptiles venenosos, selva baja, trópico seco, educación ambiental, Chamela, Jalisco

RESUMEN. Se hace una sinopsis del papel ecológico y los servicios ecosistémicos de los reptiles venenosos que habitan en el trópico seco de la región de Chamela, Jalisco, México, así como de una descripción de la relación con los seres humanos desde la cosmovisión antigua y la actual, destacando cómo la percepción reciente es injusta, negativa y poco benéfica para los reptiles, a pesar de ser criaturas aliadas de los humanos por sus invaluable servicios ambientales y los beneficios que nos proporcionan. Se enlistan 21 especies de reptiles: una de lagartija y 20 de serpientes semi-venenosas y venenosas. De ellas, se proporciona evidencia ecológica para incidir en la sociedad humana y propiciar un cambio de percepción positiva que permita una coexistencia más justa y equilibrada. Educación, información sustentada y comunicación de la ciencia son los elementos que tienen un impacto benéfico y directo para los reptiles venenosos que forman comunidades complejas y biodiversas en las selvas bajas.

Cita: Balderas-Valdivia, C. J., A. González-Hernández & A. Leyte-Manrique. 2021. Servicios ecosistémicos de reptiles venenosos en el trópico seco. *Herpetología Mexicana*, 1: 19-38. https://www.herpetologiamexicana.org/wp-content/uploads/2021/12/HM_2021_1_19-38.pdf

LA VISIÓN HACIA LOS REPTILES

El bosque tropical seco, y debido a sus cambios fisionómicos contrastantes, ha impuesto fuertes presiones de selección a las especies que lo habitan. Aquí la evolución ha creado adaptaciones e historias naturales formidables, que son admirables, muy complejas e indispensables para cada especie, que logran el correcto funcionamiento del ecosistema, necesario y útil para el bienestar humano. Un ejemplo de estas historias naturales las podemos ver en los reptiles del trópico seco de la Reserva de la Biosfera Chamela-Cuixmala (RBCC), particularmente en los de naturaleza tóxica como las lagartijas llamadas escorpiones o lagartos enchaquirados y las serpientes. Estas especies no sólo enfrentan los propios problemas

de la naturaleza, si no, que, además, se han visto envueltas por la injustificada persecución humana (Arias et al., 2014; Domínguez-Vega et al., 2017; Martínez-Vaca León & López-Medellín, 2019; Fernández-Badillo et al., 2021) y la destrucción de las selvas secas, una de las más amenazadas del mundo (Janzen, 1988, Sanchez-Azofeita et al., 2005; Ceballos et al., 2010).

La percepción negativa de los reptiles, y en particular de las serpientes por parte de los seres humanos, contrasta con el glorioso pasado que tuvieron estas criaturas entre los antiguos pueblos de Aridoamérica y Mesoamérica, para quienes representaron una manifestación de la buena suerte, placeres, virtudes, fuerzas opuestas y seres divinos (De María y Campos, 1979; Rubio-Godoy,

2003; Gómez-Álvarez et al., 2005), sin embargo, y desafortunadamente, en la actualidad han disminuido el número de especies, sus poblaciones y sus hábitats (Ávila-Villegas, 2017; SEMARNAT, 2018; Fernández-Badillo et al., 2021).

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

Como un esfuerzo para mejorar la relación humana con los reptiles que habitan las selvas secas, hoy se cuenta con conocimientos ecológicos e historias naturales bien documentadas para comunicar a la sociedad sus beneficios y bondades (ver más adelante el caso de la RBCC). Esta información es además, la fuente más confiable que tenemos para comprender y comprobar los servicios ecosistémicos de regulación, provisión, soporte y culturales que proveen todas las especies del planeta.

Pero ¿qué son los servicios ecosistémicos o ambientales? En palabras simples, de acuerdo con la MEA (2005, Millennium Ecosystem Assessment) son recursos como bienes o servicios, o procesos de los ecosistemas provenientes de la naturaleza y que proporcionan "beneficios" a los seres humanos. Pueden ser productos como aire limpio, agua, nutrientes para la tierra, madera, pieles, medicamentos y alimentos, o procesos como la descomposición de los desechos, limpieza del aire, polinización o dispersión de semillas, control natural de poblaciones de especies, remoción del suelo, control de enfermedades y reciclaje de compuestos químicos y biomasa, entre muchos otros. También se incluyen bienes que se incorporan a la cosmovisión de los pueblos, formando y enriqueciendo la cultura humana y sus elementos estéticos.

Con esta estrategia se puede realizar comunicación científica fundamentada para la sociedad, en el entendido de que ya se han estudiado, y en muchos casos demostrado las complejas

relaciones entre las especies de un ecosistema. Por ejemplo, en estudios con reptiles venenosos incluso se conoce para algunos casos la relación directa que pueden tener con la evolución de sus presas, con su propio metabolismo y hasta con la estructura del hábitat (Arbuckle, 2015; Healy et al., 2018). Eso significa que un reptil venenoso visto activo en su hábitat es una señal de que está operando con la estructura del ecosistema en una compleja armonía, ya que se enlazan simultáneamente elementos como el tipo, la cobertura y la altura vegetal (Healy et al., 2018), además, el tipo y las relaciones ancestrales entre las presas (Barlow et al., 2009; Holding et al., 2016; Pomento et al., 2016), el tamaño de los depredadores y la cantidad de veneno que producen (Healy et al., 2018).

La utilidad de este conocimiento generado, es que revela no sólo las tasas que pueden predecir los encuentros entre presa y depredador (Pawar et al., 2012; Carbone et al., 2014), si no, la indudable participación de estos vertebrados en la regulación y el soporte de los ecosistemas con una utilidad práctica para el manejo, uso y conservación de la naturaleza.

La RBCC es una de las regiones más biodiversas en el occidente de México y un ecosistema que representa al trópico seco, donde además se han hecho importantes estudios, tratados y descripciones con su herpetofauna (p. e. García & Ceballos, 1994; Ramírez-Bautista, 1994; Ramírez-Bautista & García, 2002; Suazo-Ortuño et al., 2011; Suazo-Ortuño et al., 2015; Balderas-Valdivia et al., 2017). A pesar de estas contribuciones, y de las acciones locales de educación ambiental, no es fácil que la información generada llegue a todos los habitantes, existiendo todavía una extensa aversión y prejuicios contra los reptiles.

La región es un lugar ideal para relacionar los aspectos biológicos de los herpetozoos con los servicios ecosistémicos que pueden proveer y



Figura 1. Especies de reptiles venenosos de la Reserva de la Biósfera Chamela-Cuixmala. Fotos 3, 10 y 11 (Luis Canseco). 1 = *Heloderma horridum* (escorpión), 2 = *Clelia scytalina* (culebrera), 3 = *Coniophanes lateritius* (culebra cabeza negra), 4 = *Conopsis vittatus* (culebra rayada), 5 = *Hypsiglena torquata* (culebra nocturna), 6 = *Leptodeira maculata* (escombrera), 7 = *Leptodeira uribei* (falsa ojo de gato, escombrera), 8 = *Leptophis diplotropis* (ranera verde), 9 = *Oxybelis microphthalmus* (bejuquillo), 10 = *Pseudoficimia frontalis* (llamacoa), 11 = *Pseudoleptodeira latifasciata* (culebra come sapos), 12 = *Rhadinaea hesperia* (culebra rayada), 13 = *Salvadora mexicana* (chirrionera, manguera), 14 = *Symphimus leucostomus* (culebrita labios blancos), 15 = *Tantilla bocourti* (culebrita cabeza negra), 16 = *Tantilla calamarina* (culebrita comeciempies), 17 = *Thamnophis valida* (culebra de agua), 18 = *Trimorphodon biscutatus* (ilamacoa de noche), 19 = *Agkistrodon bilineatus* (cantil, zolcuete, gamarilla), 20 = *Crotalus basiliscus* (víbora de cascabel), 21 = *Hydrophis platurus* (serpiente marina), 22 = *Micrurus distans* (coralillo).

Cuadro 1. Reptiles venenosos del trópico seco de la RBCC y sus servicios ecosistémicos conocidos o inferidos por: relaciones depredador-presa o el ambiente (Regulación = R); hábitos, hábitat, nicho ecológico o funcionalidad (Soporte = S); utilidad, uso, materiales, mascotas (Provisión = P); relación con la cultura de la especie o el género (Cultural = C).

Grupo (cantidad) o especie	Servicio ecosistémico de la especie o género	Fuente
Lagartijas venenosas (1)		
1 <i>Heloderma horridum</i> * escorpión	R: controlador de calidad de presas poco o nada activas (huevos, crías, polluelos). P: medicina. S: hábito terrestre, semi-arborícola, diurno-crepuscular, bioindicador. C: cultura, estética del hábitat, mitología.	Alagón et al., 1982; Ávila-Nájera et al., 2018; Balderas-Valdivia et al., 2017; Balderas-Valdivia et al., 2019; Beck, 2005; García & Cabrera-Reyes, 2008; Ramírez-Bautista & Beck, 1996; Valdés, 2015
Serpientes semi-venenosas (16)		
2 <i>Clelia scytalina</i> culebrera	R: controladora de calidad de otras serpientes, lagartijas y ranas. S: hábito terrestre, fosorial, crepuscular-nocturna.	Balderas-Valdivia et al., 2017; García & Ceballos, 1994; Martínez-Vaca León & López-Medellín, 2019; Pérez-Higareda et al., 2007; Ramírez-Bautista, 1994
3 <i>Coniophanes lateritius</i> culebra cabeza negra	R: controladora de poblaciones de insectos del suelo (plaguicida). S: hábito terrestre, hojarasca, crepuscular-nocturna.	Balderas-Valdivia et al., 2017; García & Ceballos, 1994; Martínez-Vaca León & López-Medellín, 2019; Ramírez-Bautista, 1994
4 <i>Conopsis vittatus</i> culebra rayada	R: controladora de calidad de pequeños vertebrados de sangre fría. S: hábito terrestre, diurna.	Balderas-Valdivia et al., 2017; García & Ceballos, 1994; Martínez-Vaca León & López-Medellín, 2019; Ramírez-Bautista, 1994
5 <i>Hypsiglena torquata</i> culebra nocturna	R: controladora de calidad de pequeñas ranas, lagartijas y artrópodos. S: hábito terrestre, crepuscular-nocturna.	Balderas-Valdivia et al., 2017; Canseco-Márquez & Gutiérrez-Mayen, 2010; García & Ceballos, 1994; Martínez-Vaca León & López-Medellín, 2019; Ramírez-Bautista, 1994; Santiago Pérez et al., 2012
6 <i>Leptodeira maculata</i> escombrera	R: controladora de calidad de ranas, lagartijas y pequeños mamíferos. S: hábito terrestre, crepuscular-nocturna.	Balderas-Valdivia et al., 2017; Fernández Badillo et al., 2017; García & Ceballos, 1994; Martínez-Vaca León & López-Medellín, 2019; Ramírez-Bautista, 1994
7 <i>Leptodeira uribei</i> falsa ojo de gato, escombrera	R: controladora de calidad de ranas (incluye huevos) y lagartijas. S: hábito terrestre y semi-arborícola, crepuscular-nocturna. C¹: estético del hábitat.	Balderas-Valdivia et al., 2017; García & Ceballos, 1994; Martínez-Vaca León & López-Medellín, 2019; Ramírez-Bautista, 1994; Reyes-Velasco & Mulcahy, 2010; Streicher et al., 2011; ¹ observado en este estudio
8 <i>Leptophis diplotropis</i> ranera verde	R: controladora de calidad de ranas. P²: mascota. S: hábito arborícola, diurna. C¹: estética del hábitat.	Balderas-Valdivia et al., 2017; Canseco-Márquez & Gutiérrez-Mayen, 2010; García & Ceballos, 1994; Martínez-Vaca León & López-Medellín, 2019; Ramírez-Bautista, 1994; ² Ruiz-Boites, 2008; Santiago Pérez et al., 2012; ¹ observado en este estudio

*No hay casos letales registrados en humanos para México (ver texto). El número subíndice indica que se infiere por medio de otras especies o poblaciones del mismo género.

continúa ...

... continuación

Grupo (cantidad) o especie	Servicio ecosistémico de la especie o género	Fuente
9 <i>Oxybelis microphthalmus</i> bejuquillo	R: controladora de calidad de lagartijas y ranas. S: hábito arborícola, diurna. C: recreación (zoológicos).	Ávila-Nájera et al., 2018; Balderas-Valdivia et al., 2017; Canseco-Márquez & Gutiérrez-Mayen, 2006; Fernández-Badillo et al., 2017; García & Cabrera-Reyes, 2008; García & Ceballos, 1994; García-López et al., 2017; Madrid Sotelo, 2005; Martínez-Vaca León & López-Medellín, 2019; Pérez-Higareda et al., 2007; Ramírez-Bautista, 1994
10 <i>Pseudoficimia frontalis</i> llamacoa	R: controladora de poblaciones de artrópodos (arañas, ciempiés, alacranes). S: hábito terrestre, grietas, fosorial, nocturna.	Balderas-Valdivia et al., 2017; García & Ceballos, 1994; Martínez-Vaca León & López-Medellín, 2019; Ramírez-Bautista, 1994
11 <i>Pseudoleptodeira latifasciata</i> culebra come sapos	R: controladora de calidad de lagartijas nocturnas (geckos) y sapos (incluye huevos). S: hábito terrestre, fosorial, rocas, troncos, crepuscular-nocturna.	Balderas-Valdivia et al., 2017; García & Ceballos, 1994; Martínez-Vaca León & López-Medellín, 2019; Ramírez-Bautista, 1994
12 <i>Rhadinaea hesperia</i> culebra rayada	R: controladora de calidad de pequeñas ranas y lagartijas. S: hábito terrestre, hojarasca, rocas, troncos, diurna.	Balderas-Valdivia et al., 2017; Canseco-Márquez & Gutiérrez-Mayen, 2010; García & Ceballos, 1994; Martínez-Vaca León & López-Medellín, 2019; Ramírez-Bautista, 1994
13 <i>Salvadora mexicana</i> chirriónera, manguera	R: controladora de calidad de ranas y lagartijas (algunas muy rápidas). P ² : mascota. S: hábito suelo, semi-arborícola, diurna.	Balderas-Valdivia et al., 2017; García & Ceballos, 1994; Martínez-Vaca León & López-Medellín, 2019; Ramírez-Bautista, 1994; ² Ruíz-Boites, 2008
14 <i>Symphimus leucostomus</i> culebrita labios blancos	R: plaguicida y controladora natural de insectos. S: hábito terrestre, diurna.	Balderas-Valdivia et al., 2017; García & Ceballos, 1994; Martínez-Vaca León & López-Medellín, 2019; Ramírez-Bautista, 1994
15 <i>Tantilla bocourti</i> culebrita cabeza negra	R: plaguicida y controladora natural de insectos y microfauna. P: mascota. S: hábito fosorial, hojarasca, diurna-crepuscular. C: rituales.	Ávila-Nájera et al. 2018; Balderas-Valdivia et al., 2017; Canseco-Márquez & Gutiérrez-Mayen, 2006; Fernández-Badillo et al., 2017; García & Ceballos, 1994; Ramírez-Bautista, 1994
16 <i>Tantilla calamarina</i> culebrita come-ciempíes	R: controladora de pequeños insectos, arañas y ciempíes. S: hábito fosorial, crepuscular.	Balderas-Valdivia et al., 2017; García & Ceballos, 1994; Ramírez-Bautista, 1994
17 <i>Thamnophis valida</i> culebra de agua	R: controladora de calidad de ranas, renacuajos y peces. P ² : mascota. S: hábito semi-acuático, diurna-crepuscular. C ³ : emblema prehispánico.	Balderas-Valdivia et al., 2017; ³ Carrera-Stampa, 1960; García & Ceballos, 1994; Heimes, 2016; Ramírez-Bautista, 1994; ² Ruíz-Boites, 2008

*No hay casos letales registrados en humanos para México (ver texto). El número subíndice indica que se infiere por medio de otras especies o poblaciones del mismo género.

continúa ...

... continuación

Grupo (cantidad) o especie	Servicio ecosistémico de la especie o género	Fuente
18 <i>Trimorphodon biscutatus</i> ilamacoa de noche	R: controladora de calidad de lagartijas medianas, pequeños mamíferos y aves. S: hábito terrestre-arborícola, nocturna. C ⁴ : mitología.	⁴ Ávila-Nájera et al., 2018; Balderas-Valdivia et al., 2017; García & Ceballos, 1994; Pérez-Higareda et al., 2007; Ramírez-Bautista, 1994
Serpientes venenosas (4)		
19 <i>Agkistrodon bilineatus</i> cantil, zolcuate, gamarilla	R: controladora de poblaciones de roedores (plaguicida), de ranas y lagartijas. P: medicina, peletería. S: hábito terrestre, semiacuática, crepuscular-nocturna.	Ávila-Nájera et al., 2018; Balderas-Valdivia et al., 2017; García & Cabrera-Reyes, 2008; García & Ceballos, 1994; Ramírez-Bautista, 1994; Román-Domínguez et al., 2019
20 <i>Crotalus basiliscus</i> víbora de cascabel	R: controladora de poblaciones de roedores (plaguicida) y de grandes lagartijas. P: medicina, peletería. S: hábito terrestre, crepuscular-nocturna. C: emblemas, mitología, rituales.	Ávila-Nájera et al., 2018; Balderas-Valdivia et al., 2017; Gómez-Álvarez et al., 2005; García & Ceballos, 1994; Neri-Castro et al., 2020; Ramírez-Bautista, 1994; SEMARNAT, 2018
21 <i>Hydrophis platurus</i> * serpiente marina	R: controladora de calidad de peces marinos. P ⁵ : medicina. S: hábito marino, pelágica, diurna.	Balderas-Valdivia et al., 2017; García & Ceballos, 1994; ⁵ Lomonte et al., 2014; Neri-Castro et al., 2020; Ramírez-Bautista, 1994
22 <i>Micrurus distans</i> coralillo)	R: controladora de calidad de otras serpientes y algunas lagartijas. P: medicina. S: hábito terrestre, hojarasca. C: estética del hábitat, mitología.	Ávila-Nájera et al., 2018; Balderas-Valdivia et al., 2017; Enríquez-Vázquez et al., 2006; García & Ceballos, 1994; Hidalgo-García et al., 2018; Ramírez-Bautista, 1994

*No hay casos letales registrados en humanos para México (ver texto). El número subíndice indica que se infiere por medio de otras especies o poblaciones del mismo género.

que son poco o nada conocidos, además de que pueden constituir una herramienta para incidir positivamente en la forma de pensar de la sociedad hacia estos importantes seres vivos.

Uno de los objetivos del presente trabajo, fue hacer una revisión de la historia natural de 68 reptiles nativos de la RBCC con la finalidad de reconocer concretamente a las especies que usan veneno como una adaptación para su subsistencia. Al respecto, se encontró que 22 de estas especies (32 %; Figura 1) usan toxinas para este fin (1 lagartija venenosa, 17 serpientes semi-venenosas y 4 serpientes venenosas; Cuadro 1). Otro objetivo fue también estructurar los servicios ecosistémicos de estas especies, comenzando por determinar

su papel ecológico preponderante en las redes tróficas, función ecológica que explican *per se*, su participación para soportar la estructura del hábitat, además de incluir el uso general o utilidad para la sociedad y su relación con la cultura humana conocidos.

Concretamente, los servicios ecosistémicos que proveen las especies o géneros de reptiles venenosos de la región de Chamela-Cuixmala se obtuvieron y/o determinaron de datos directos de campo, de la literatura especializada acerca de su ecología e historia natural, información incluida en diversos catálogos, monografías, tratados, guías y notas científicas, además de algunas especies o linajes citados en los trabajos de Martínez-Vaca

León & López-Medellín (2019), Ávila-Nájera et al. (2018) y Leyte-Marique et al. (2016). Después, se asignaron de acuerdo con el esquema de la MEA (2005) de la siguiente manera:

- Los servicios de Regulación (R) se asignaron a las especies de reptiles que se reportaron como depredadoras y por su capacidad de bio-controlar poblaciones de organismos (p. e. invertebrados, mamíferos, y aves) y plagas, capaces de mantener la calidad de otras especies eliminando individuos enfermos, o bien, con defectos congénitos, contagiosos, débiles o viejos; además de participar en la propagación de semillas de manera indirecta por medio de las excretas provenientes de presas herbívoras.

- Los servicios de Provisión (P) se atribuyeron a los reptiles que se sabe brindan alimentos, pieles, compuestos químicos para el desarrollo de medicinas, especies de compañía (mascotas) y otros materiales o derivados.

- Los de Soporte (S) se asignaron a las especies que por sus interrelaciones con otras especies dan o forman parte *per se* de la estructura a través de sus hábitos y funcionalidad en un hábitat, dan autoprotección de la biodiversidad, autorregulación de ecosistemas, flujo de energía en redes tróficas, ciclo de nutrientes y biomasa al ser depredadores y presas, y por último, por incluir especies bioindicadoras que al cambiar su abundancia y riqueza en eventos de alteración ambiental nos pueden advertir de los cambios generalmente negativos.

- Los servicios culturales (C) se aplicaron a las especies detectadas en dar o involucrarse en la belleza escénica, estética de las especies, herencia cultural, artesanía, recreación (p. e. zoológicos o espectáculos), investigación básica, emblemas de marcas comerciales, escudos, banderas, sellos, timbres, insignias de organizaciones, además de ser especies bandera por su peculiaridad y carisma.

REPTILES VENENOSOS DEL TRÓPICO SECO

El veneno, en particular el de los reptiles, ha sido siempre un motivo de preocupación entre las personas por razones obvias, ya que algunas especies tienen capacidad letal en humanos, aun cuando no es un suceso frecuente si se le compara con otros problemas de salud pública. Esto todavía se acentúa cuando hay de por medio falta de información correcta, razones religiosas negativas, mitos, creencias, prejuicios, suposiciones infundadas, negacionismo a la verdad y cerrazón de los humanos (Rubio-Godoy, 2003; Luna-Reyes et al., 2008; Burghardt et al., 2009; Weinstein et al., 2011; Ballouard et al., 2013; Leyte-Manrique et al., 2016; Ávila-Villegas, 2017; Domínguez-Vega et al. 2017; García-López et al., 2017; Domínguez-Vega et al. 2018; Hidalgo-García et al., 2018; SEMARNAT, 2018; Balderas-Valdivia et al., 2019; Martínez-Vaca León & López-Medellín. 2019; Neri-Castro et al., 2020; Fernández-Badillo et al., 2021).

Bajo la mirada del conocimiento científico y la evolución biológica, el veneno y todos los elementos anatómicos, funcionales, del desarrollo, ecológicos y conductuales involucrados con los reptiles, no sólo resultan enigmáticos, sino, fascinantes y únicos entre el reino animal. En la mayoría de los casos la toxina de las serpientes y algunos lagartos se asocia con la anatomía de los dientes o colmillos, los cuales se han especializado en diferentes grados para el envenenamiento de sus víctimas (presas y/o enemigos; Vitt & Caldwell, 2014). No obstante, hay excepciones, y algunas especies o linajes sólo poseen saliva con propiedades tóxicas (McKinstry, 1978; Finley et al., 1994; Hill & Mackessy, 2000; Campbell & Lamar, 2004; Weinstein et al., 2011).

En este estudio, para verificar la presencia de toxinas en los reptiles de Chamela-Cuixmala y su relación con la dentición proteroglifa (pequeños colmillos semi-acanalados delante de la maxila), solenoglifa (grandes colmillos tubulares delante

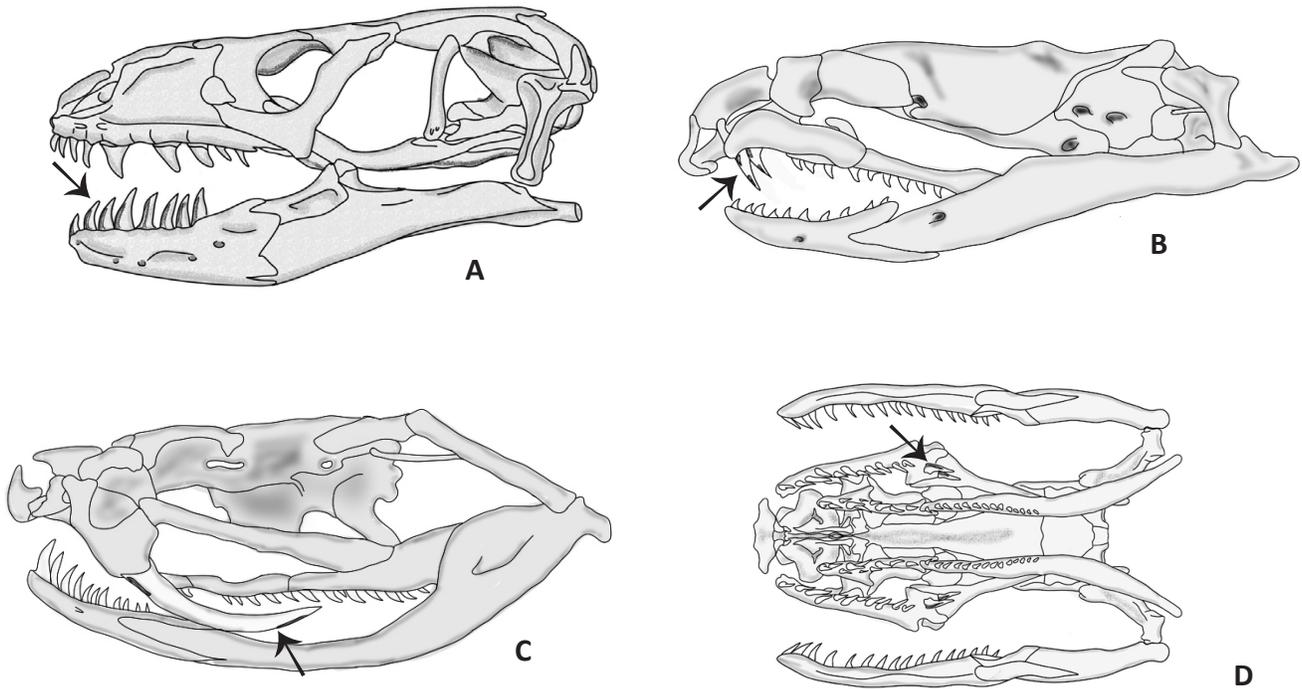


Figura 2. Representación esquemática de los tipos de dentición en reptiles que desarrollan venenos: dientes mandibulares acanalados en cráneo con vista lateral de *Heloderma horridum* (A); Proteroglifa (B) y Solenoglifa (C) cráneos con vista lateral en serpientes venenosas (coralillos y serpientes marinas [familia Elapidae]); Opistoglifa (D) cráneo con vista ventral en serpientes semi-venenosas (culebras [familias Colubridae y Dipsadidae]). La flecha indica la posición de los dientes acanalados o inoculadores. B, C y D tomado y modificado de González-Hernández (2021).

de la maxila) y opistoglifa (pequeños colmillos acanalados atrás de la maxila) observados en la Figura 2, así como la presencia de glándulas cefálicas de veneno, de Duvernoy, toxina en saliva y tipo de efecto tóxico en humanos, se revisaron los trabajos de Alagón et al. (1982), Hill & Mackessy, 2000), Campbell & Lamar (2004), Beck (2005), Pérez-Higareda et al. (2007), Heimes (2016) y Neri-Castro et al. (2020) que reúnen esta información.

Por dos motivos se consideró incluir como serpiente semi-venenosa a la culebra *Salvadora mexicana* a pesar de que Heimes (2016) refiere que el género es aglifo (sin dientes especializados para envenenar). El primero es que Hill & Mackessy, 2000) reporta a la especie del mismo género

S. grahamiae como opistoglifa y con actividad citotóxica. El segundo, es que, durante una investigación de campo, uno de los autores (CJBV; datos no publicados) fue mordido en el dorso de una mano por *S. mexicana*, desarrollando una tenue irritación y edema local con ligero efecto hemorrágico durante menos de 10 minutos. Este hallazgo coincide con lo reportado antes por Balderas-Valdivia et al. (2017), y cuyos síntomas anteriores son comunes en algunas serpientes colúbridas y familias afines como Dipsadidae (Assakura et al., 1992); Weinstein & Smith, 1993; Weinstein & Kardong, 1994).

Parecido al caso anterior, también se incluyó a la culebrita inofensiva (para humanos)

Symphimus leucostomus, un género aglifo, y que Campbell & Lamar (2004) sugieren que puede causar el mismo síntoma de dolor e inflamación local que su especie cercana *S. mayae*, síntoma también reportado por Balderas-Valdivia et al. (2017).

Por otra parte, Ramírez-Bautista (1994) menciona que *Thamnophis valida* es una serpiente ligeramente venenosa, lo que se suma a una importante cantidad de otras especies del mismo género (aglifo) que son reportadas con actividad tóxica (p. e. McKinstry, 1978; Finley et al., 1994; Weinstein et al., 2011), por lo que también es considerada como especie semi-venenosa para este trabajo.

Considerando lo anterior, así como los términos y descripciones usadas por Kardong (1996), Campbell & Lamar (2004), Beck (2005), Pérez-Higareda et al., (2007), Canseco-Márquez & Gutiérrez-Mayen (2010), Fernández-Badillo et al. (2017), y según el efecto general de la mordida y el veneno en víctimas humanas, podemos definir que:

I) Las “lagartijas venosas” son aquellas que tienen un efecto tóxico importante pero raramente grave en humanos; estas lagartijas poseen un aparato venenoso formado por glándulas productoras de toxina y presencia de dientes acanalados en la mandíbula.

II) Las “serpientes semi-venenosas” son especies que generalmente no causan daños serios a la salud humana; en su anatomía pueden o no tener glándulas de toxina poco desarrolladas, ya sea con o sin dentición opistoglifa (Figura 2), y cuando carecen de ambas condiciones su saliva puede tener propiedades tóxicas por su naturaleza enzimática (McKinstry, 1978; Assakura et al., 1992; Weinstein & Smith, 1993; Finley et al., 1994; Weinstein & Kardong, 1994; Weinstein et al., 2011).

III) Las “serpientes venenosas” son aquellas especies que pueden ocasionar daños serios o ser letales para las personas cuando son perturbadas accidental o intencionalmente, o bien con acciones de imprudencia; tienen desarrollado un aparato venenoso muy sofisticado que incluye glándulas cefálicas de toxina bien desarrolladas y colmillos delanteros fijos (dentición proteroglifa) o móviles (dentición solenoglifa) en la maxila superior (Figura 2) que están acanalados (inoculadores) a manera de agujas hipodérmicas para poder inyectar su veneno.

TRADUCIENDO LA HISTORIA NATURAL DE LOS REPTILES VENENOSOS

Al hacer una revisión de la información sobre los aspectos ecológicos, historias naturales, usos y mención de las especies en algún aspecto cultural, y bajo el esquema de la MEA (2005), se encontró que, de las 22 especies venenosas, todas (100 %), dan servicios ecosistémicos de regulación, 8 (36 %) dan servicios de provisión, 22 (100 %) de soporte y 10 (45 %) culturales. Cabe precisar que una lagartija (5 %) y sólo 3 (14 %) de 4 “serpientes venenosas” podrían ser importantes para la salud humana, sin embargo, los beneficios ambientales de éstas y los demás reptiles superan en proporción la percepción negativa que tienen (Cuadro 1).

Si se someten los cuatro tipos de servicios ecosistémicos evaluados a un análisis estadístico de “bondad de ajuste”, se revela que hay una fuerte diferencia significativa ($\chi^2_{(3)}=103, p < 0.000$), en la que los servicios de regulación y de soporte son los más destacados por estar presentes en todas las especies del estudio y con respecto a los servicios de provisión y culturales que ocupan una tercera parte y menos de la mitad de las especies respectivamente. Entre los pocos trabajos realizados, estos datos simples refuerzan inequívocamente la necesidad y el papel tan importante de los reptiles para el ambiente y para nosotros mismos, mostrando su notable participación en los servicios de regulación

y provisión que ya Beck (2005), Beaupre & Douglas (2009), Valencia-Aguilar et al. (2012), Ávila-Villegas (2017), Balderas-Valdivia et al. (2017), Martínez-Vaca León & López-Medellín (2019) y Fernández-Badillo et al. (2021) han señalado sobre este tipo de fauna.

El hecho de que los cuatro tipos de servicios ecosistémicos reconocidos estén presentes en la totalidad de las especies de este trabajo, lleva a pensar indudablemente que la culturización ambiental es clave para reducir el impacto negativo sobre los reptiles venenosos por razones ideológicas, logrando mantener, en parte, la sustentabilidad por cambios en la percepción de estos grandiosos animales. En otras palabras, se aprecia que los beneficios que proveen estos reptiles están por encima de la percepción negativa e injusta que muchas de sus especies tienen, y que la información apunta a que el cambio en la forma de pensar hacia estas criaturas es posible con la educación, tal como se ha visto en diversos trabajos (ver Burghardt et al., 2009; Ballouard et al. 2013; Arias et al., 2014; Sullivan et al., 2014; Hidalgo-García et al., 2018; Balderas-Valdivia et al., 2019), donde se enfatiza que deben realizarse esfuerzos de culturización ambiental para reducir el impacto antropogénico contra estos seres vivos de gran valor ecosistémico.

CONTRA LA INJUSTA PERCEPCIÓN

En la mayor parte de México, incluyendo la región de Chamela, pese a acciones locales de educación ambiental, todavía se mantiene la creencia injusta de que la mayoría de los reptiles son peligrosos o venenosos (García & Ceballos, 1994; Hidalgo-García et al., 2018; Domínguez-Vega et al., 2017; Balderas-Valdivia et al., 2019; Fernández-Badillo et al., 2021), lo cual en su mayoría es falso, ya que como hemos visto sólo 22 especies (32 %) de 68 desarrollan toxinas, y no todas las toxinas tienen importancia médica en humanos. Es decir, aunque las 22 especies

analizadas poseen toxinas como una adaptación para la obtención de alimento y la defensa ante depredadores (Bogert & Martín del Campo, 1956; Ernst & Zug, 1996; Beck, 2005), de estas, sólo 4 especies de serpientes (18 %; *Agkistrodon bilineatus*, *Crotalus basiliscus*, *Hydrophis platurus* y *Micrurus distans*) de la zona podrían tener efectos importantes en la salud humana, o bien, sólo el 6 % de los 68 reptiles (venenosos y no venenosos) conocidos en la RBCC. Lo anterior sin contar con el lagarto *Heloderma horridum* o escorpión, que, si bien su mordida es temporalmente dolorosa e incapacitante, también es poco probable que sea letal (Bogert & Martín del Campo, 1956; Ramírez-Bautista & Beck, 1996; Sánchez, 1996; Beck, 2005; Domínguez-Vega et al., 2018; Balderas-Valdivia et al., 2019). De hecho, los pocos casos mortales reportados son además dudosos, y todo indica que no corresponden al escorpión (Domínguez-Vega et al., 2018).

De las especies de serpientes venenosas enlistadas en el Cuadro 1, también podría excluirse a la serpiente marina *Hydrophis platurus*, la cual es una especie pacífica y no agresiva (García & Ceballos, 1994) de quien no se conoce ningún caso grave o mortal en el país (Neri-Castro et al., 2020), y que reduce la proporción de serpientes venenosas a 14% de los 22 reptiles venenosos, o bien a 4 % de entre todos reptiles de la región. De no ser porque la serpiente marina tiene una toxina con una potencia letal alta (Lomonte et al., 2014) y porque se conocen los síntomas de intoxicación (Luna-Reyes & Suárez-Velázquez, 2008), no se tomaría en cuenta dentro del grupo de las “serpientes venenosas”.

Asimismo, en México tampoco se conocen casos graves o letales por mordedura de serpientes “semi-venenosas” (Neri-Castro et al. 2020). Sólo algunas especies como de los géneros *Conopsis*, *Leptodeira*, *Oxybelis* y *Trimorphodon* producen síntomas leves por los efectos hemorrágicos y de dolor locales, pero no de gravedad (Tay-Zavala et

al., 2002; Pérez-Higareda et al., 2007).

Como ya se ha mencionado, si bien es cierto que el miedo a las serpientes se debe a que algunas de ellas pueden dañar la salud humana o causar la muerte (Ávila-Villegas, 2017; Hidalgo-García et al., 2018; Martínez-Vaca León & López-Medellín, 2019; Fernández-Badillo et al., 2021), en general, lo que muchas personas refieren sobre la peligrosidad y agresividad de ellas, son exageraciones, mitos y falsas creencias producidas por la ignorancia, la religión y la falta de acceso a la información (Burghardt et al., 2009; Hidalgo-García et al., 2018; Ávila-Villegas, 2017; Martínez-Vaca León & López-Medellín, 2019).

También se ha generalizado irracionalmente que los escorpiones y las serpientes son dañinos (Domínguez-Vega et al., 2017; Balderas-Valdivia et al., 2019; Fernández-Badillo et al., 2021), cuando por el contrario estos animales deben ser considerados como prodigios de los servicios ambientales, destacando como ya se ha visto su indiscutible papel como especies clave y bioindicadoras, pues su simple presencia nos habla del buen estado de salud que puede tener todo un ecosistema (Beck, 2005, 2009; Valencia-Aguilar et al., 2012; Balderas-Valdivia et al., 2017; Beaupre & Douglas, 2009; Ávila-Villegas, 2017; Martínez-Vaca León & López-Medellín, 2019; Fernández-Badillo et al., 2021).

En el caso de los escorpiones o lagartos enchaquirados, indudablemente tienen una gran importancia ecológica, convirtiéndose en organismos de regulación, soporte y además, como bioindicadores, pues tienen una relación clara y directa con el grado de conservación de los ecosistemas que habitan, es decir, con la selva seca (Domínguez-Vega et al., 2012). Tienen además una interacción presa-depredador diversificada con muchas especies (iguanas, serpientes, tortugas, aves y mamíferos; pequeños y grandes), por lo que su ausencia o escases en el hábitat donde viven, se

considera una clara indicación de que hay severos problemas ambientales (Beck, 2005 y 2009; Beck & Lowe, 1991; Reiserer et al., 2013; Balderas-Valdivia, 2016; Balderas-Valdivia et al., 2017 y 2019).

Por otra parte, como depredadores, los escorpiones son especies bien adaptadas a su hábitat, que generalmente es hostil; capaces de localizar y distinguir finamente por medio de quimiorrecepción a sus presas activas (pequeños vertebrados), y con un aprendizaje y habilidad extraordinaria para manejar su alimento no activo (huevos), logrando así un mínimo desperdicio de recursos (Cooper, 1989; Balderas-Valdivia, 2002; Cooper et al., 2019; Herrel et al., 1997; Cooper et al., 2019). Eso significa que, cambios en la estructura de su hábitat y de las poblaciones de especies-presa de las que depende, pueden limitar sus posibilidades de sobrevivencia hasta extinguirse.

En contraparte, los lagartos enchaquirados como presas, tienen un comportamiento antidepredador magnífico para evitar la muerte por sus depredadores naturales como las serpientes, pudiendo discriminar hábilmente a estos enemigos potenciales y mostrando patrones de conducta bien definidos según la especie de dicho depredador, lo que le ayuda a no gastar energía innecesaria en su protección (Balderas-Valdivia, 2016; Balderas-Valdivia & Ramírez-Bautista, 2005). Eso significa que al haber alteraciones antrópicas no deseadas en la estructura de la comunidad donde habitan como la introducción de especies (reptiles exóticos, cerdos, perros, gatos, ratas, aves de corral), podría causar una respuesta negativa en la conducta de los helodermátidos para su sobrevivencia.

En el contexto de la salud humana, los escorpiones son organismos que proveen servicios de soporte que no hay en ninguna otra parte del planeta. En las ciencias médicas, han puesto a nuestro alcance compuestos químicos importantes, únicos en el mundo para el desarrollo de medicamentos de uso terapéutico humano, tales

como las exendinas, gilatida y helotermia, algunos en estudio y otros ya en venta a disposición de los pacientes (Alagón et al., 1982; Pardo López, 1998 y 2003; Beck, 2005). Esto sin lugar a duda representa ganancias monetarias en la industria farmacéutica, que incluye desde fuentes de trabajo hasta apoyos económicos en los centros de investigación.

Desde un punto de vista cultural, los lagartos enchaquirados son seres vivos enigmáticos, fascinantes, de gran importancia e interés cultural, populares, con arraigo desde épocas prehispánicas, y que han causado desde admiración hasta temor en la sociedad (Beck, 2005 y 2009; Beaman et al., 2006; Reiserer et al., 2013; Valdés, 2015; Domínguez-Vega et al., 2018; Balderas-Valdivia et al., 2019). Diversos pueblos y culturas les han atribuido a estas criaturas capacidades especiales y míticas (Ramírez-Bautista & Beck, 1996; Beck, 2009; Hernández-Jiménez & Flores-Villela, 2009), denotando así una relación humano-naturaleza más benéfica y que se puede recuperar y aplicar para la educación ambiental.

CREENCIAS QUE PERDURAN, FALTA DE INFORMACIÓN Y PÉRDIDA DE LA MEMORIA HISTÓRICA

La falta de información y su acceso a ella en la civilización reciente, así como las creencias populares, han dado como resultado una persecución injusta de las serpientes, siendo quizás, lo más conocido y documentado en lo que a reptiles se refiere (ver Fernández-Badillo et al., 2021). La aversión hacia ellas en nuestro país tiene su origen en las ideas judeo-cristianas impuestas luego de la conquista española, así como en una combinación de falta de información correcta en la sociedad, pérdida de la apropiación de la naturaleza, generalización de eventos fatales desafortunados en humanos y pérdida de la identidad cultural, entre otras causas ya mencionadas (Burghardt et al., 2009; Ávila-Villegas, 2017; García-López et al., 2017; Hidalgo-García et al., 2018; SEMARNAT.

2018; Martínez-Vaca León & López-Medellín, 2019; Fernández-Badillo et al., 2021).

La sinergia de estas causas puede tener un efecto tal, que se pueden crear paradojas culturales desafortunadas a la vista de un naturalista. México es un claro ejemplo, es casi inexplicable cómo seres con un extraordinario pasado histórico como las serpientes, que le han dado identidad a todo un pueblo al grado de poder trascender hasta los símbolos patrios como en el escudo y bandera nacional, sean inquisitivamente aniquilados por simple temor e ignorancia (García-López et al., 2017; Hidalgo-García et al., 2018; Fernández-Badillo et al., 2021), esto es como “matar a tu propia identidad”.

Sin darnos cuenta, el poder de trascendencia de estas criaturas ha penetrado nuestra cultura y vida diaria hasta nuestros tiempos, tanto que vemos serpientes y palabras autóctonas que aluden a ellas por todos lados. Por ejemplo, es difícil no poder observarlas en relieves, monolitos o esculturas en la mayoría de los restos arqueológicos de toda la república mexicana (Rubio-Godoy, 2003), donde casi siempre está representada la deidad más famosa y prodigiosa del México antiguo que es Quetzalcóatl o la “serpiente emplumada” (Florescano, 1997; Castellón-Huerta; 2002; Morante-López, 2000).

Otra muestra más, es la madre de todos los dioses mesoamericanos, Coatlicue o “la de la falda con serpientes”, deidad también muy reverenciada por los antiguos pobladores (Fernández, 1959; Morante-López, 2000, Dehouve, 2017). Así mismo, hoy en día, todo el tiempo, en los bolsillos de los ciudadanos, cargamos monedas con serpientes acuñadas en el escudo nacional; y que mejor ejemplo que el sello oficial del gobierno mexicano donde queda designado el 2021 como Año de la independencia de México y que ilustra justamente la figura de la grandiosa serpiente emplumada (Figura 3).



Figura 3. Ilustración propia elaborada a partir del sello oficial del gobierno mexicano para designar el 2021 como “Año de la Independencia de México” y que representa a Quetzalcóatl, la serpiente emplumada.

Al hacer una búsqueda exhaustiva, se encontró que no existe ningún documento con bases científicas y con indicios de que alguna especie de serpiente nativa de la RBCC o de México constituya una plaga, sea fuente transmisora de alguna enfermedad o que desplace con efectos negativos a otras especies. Incluso aquellas especies de importancia médica debido a su toxicidad, y que son sólo la quinta parte la biodiversidad de serpientes del país (Martínez-Vaca León & López-Medellín, 2019; Neri-Castro et al. 2020), tampoco podrían considerarse como “dañinas”, ya que en realidad ellas son invadidas en sus hábitats por la agricultura, ganadería, construcción de viviendas y ciudades, y por la destrucción de sus bosques.

Los posibles daños fatales (además no intensionales) a la salud humana que algunas serpientes pueden causar, se sabe que está entre el 0.8 % (Tay-Zavala et al., 2002) y el 2.8 % (Neri-Castro et al. 2020). Por el contrario, toda la información concluye que las serpientes son especies bioindicadoras, ya sea por su activo papel como presas-depredadores en las redes tróficas

(Beaupre & Douglas, 2009), por su trabajo en el flujo de nutrientes y el reciclaje de la biomasa (Pradhan et al., 2014), como controladoras de plagas y poblaciones, control de calidad de éstas últimas y control en la transmisión de enfermedades (Fitch, 1949; Ávila-Villegas, 2017; Balderas-Valdivia et al., 2014; Balderas-Valdivia et al., 2017; Gayen et al., 2017) y como dispersoras indirectas de semillas por medio de sus presas que tienen hábitos herbívoros (Reiserer et al., 2018).

Queda claro que todavía tenemos mucho que hacer como sociedad, entre ello, estrechar cada vez más el conocimiento científico y la educación con los habitantes de todas las regiones de México. De hecho, el ejemplo de la selva seca en Chamela-Cuixmala y su problemática para convivir en armonía con los reptiles, no sólo se hace extensiva a otras regiones del país por donde se distribuye el trópico seco, que ocupa casi toda la costa del océano Pacífico y llegando hasta los Estados de México y Morelos, si no a la mayor parte del país y muchas partes del mundo. Estamos en una carrera contra el tiempo si no queremos poner al borde de la extinción la gran riqueza de especies de la herpetofauna que la naturaleza dotó a esta nación, y que podríamos perder para siempre junto con todos sus atributos positivos y sus valiosos beneficios ambientales.

LITERATURA CITADA

Alagón, A. C., M. E. Maldonado, J. Z. Juliá, C. R. Sánchez & L. D. Possani. 1982. Venom from two subspecies of *Heloderma horridum* (Mexican beaded lizard): general characterization and purification of N-benzoyl-L-arginine ethyl ester hydrolase. *Toxicon*, 20 (2): 463-75. doi:10.1016/0041-0101(82)90010-1

Arbuckle, K. 2015. Evolutionary context of venom in animals. In: Gopalakrishnakone, P. & A. Malhotra (eds.), Pp. 1-123, Evolution of venomous

animals and their toxins. *Toxinology*. Springer, Dordrecht.

Arias, D. M., O. Dorado, K. López, M. G. Reyes & E. Leyva. 2014. III Descripción general del programa de educación ambiental en la región. In: Arias, D. M., C. Barona & O. Dorado (eds.), Pp. 35-44. Una mirada a la biodiversidad y conservación de Morelos desde un enfoque educativo. Universidad Autónoma del Estado de Morelos/Juan Pablos Editor.

Assakura, M. T., M. G. Salomão, C. Puerto & F. R. Mandelbaum. 1992. Hemorrhagic, fibrinolytic and edema-forming activities of the venom of the colubrid snake *Philodryas olfersii* (green snake). *Toxicon*, 30: 427-438.

Ávila-Nájera, D. M., G. David-Mendoza, O. Villarreal & R. Serna-Laguna. 2018. Uso y valor cultural de la herpetofauna en México: una revisión de las últimas dos décadas (1997-2017). *Acta Zoológica Mexicana*, 34 (1): 1-15.

Ávila-Villegas, H., 2017. Serpiente de cascabel. Entre el peligro y la conservación. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. 166 pp.

Balderas-Valdivia, C. J. 2016. Correlation between antipredator behavior of the *Heloderma horridum* and the phylogeny of presence snakes, using chemicals stimuli. In: G. Gutiérrez, A. Ramírez y E. Pineda (eds.), Pp. 149-168, *Ecología y conservación de anfibios y reptiles de México*. Publicación Especial No. 4. Sociedad Herpetológica Mexicana A. C.

Balderas-Valdivia, C. J. & A. Ramírez-Bautista. 2005. Aversive behavior of beaded lizard *Heloderma horridum* to sympatric and allopatric predator snakes. *The Southwestern Naturalist*, 50(1): 24-31. [https://doi.org/10.1894/0038-4909\(2005\)050<0024:ABOBLH>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1894/0038-4909(2005)050<0024:ABOBLH>2.0.CO;2)

Balderas-Valdivia, C. J., A. Alvarado-Zink & H. Domínguez-Vega. 2019. Los lagartos enchaquirados. *Correo del Maestro*, 227: 5-17. https://correodelmaestro.com/publico/html5062019/capitulo1/los_lagartos_enchaquirados.html

Balderas-Valdivia, C. J., A. J. X. González-Hernández & A. Alvarado-Zink. 2017. Catálogo fotográfico de los anfibios y reptiles de la Reserva de la Biósfera de Chamela-Cuixmala, Jalisco. 1a. Reimpresión. Dirección General de Divulgación de la Ciencia. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 130 pp.

Balderas-Valdivia, C. J., J. F. Mendoza-Santos & A. Alvarado-Zink, 2014. Guía de Anfibios y Reptiles. Divulgación de la Ciencia y Educación Ambiental Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel. Dirección General de Divulgación de la Ciencia, Universidad Nacional Autónoma de México, 80 pp.

Ballouard, J. M., R. Ajtic, H. Balint, J. C. Brito, J. Crnobrnja-Isailovic, D. Desmonts, E. H. ElMouden, M. Erdogan, M. Feriche, J. M. Pleguezuelos, P. Prokop, A. Sánchez, X. Santos, T. Slimani, L. Tomovic, M. Usak, M., Zuffi & X. Bonnet. 2013. Schoolchildren and one of the most unpopular animals: are they ready to protect snakes? *Anthrozoös*, 26: 93-109.

Barlow, A., C. E. Pook; R. A. Harrison & W. Wüster, 2009. Coevolution of diet and prey-specific venom activity supports the role of selection in snake venom evolution. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 276: 2443-2449.

Beaupre, S. J. & L. E. Douglas. 2009. Snakes as indicators and monitors of ecosystem properties. In: Mullin, S. J. & R. A. Seigel (eds.), Pp. 224-226, *Snakes: Ecology and Conservation*: Cornell University Press, USA.

- Beaman, K. R., D. D. Beck & B. M. McGurty. 2006. The beaded lizard (*Heloderma horridum*) and Gila monster (*Heloderma suspectum*): A bibliography of the family Helodermatidae. Smithsonian Herpetological Information Service No. 136: 1-166.
- Beck, D. D. 2005. Biology of Gila Monsters and Beaded Lizards. Berkeley / Los Ángeles: University of California Press. 211 pp.
- Beck, D. D. 2009. Monstruos de Gila y lagartos enchaquirados, la revaloración de los Heloderma. Herpetófilos, 1(7): 4-9.
- Beck, D. D. & C. H. Lowe. 1991. Ecology of the beaded lizard, *Heloderma horridum*, in a tropical dry forest in Jalisco, México. Journal of herpetology, 25: 395-406.
- Bogert, C. M. & R. Martín del Campo. (1956) 1993. The gila monster and its allies. Facsimile of the first edition. With a new preface by Charles M. Bogert and retrospective essay by Daniel D. Beck. Society for the Study of Amphibians and Reptiles. 242 pp.
- Burghardt, G. M., J. B. Murphy, D. Chiszar & M. Hutchins. 2009. Combating ophiophobia: origins, treatment, education, and conservation tools. In: S. J. Mullin & R. A. Seigel (eds.), Pp. 262-280. Snake, Ecology and conservation, Cornell University Press.
- Canseco-Márquez. L. & G. Gutiérrez-Mayen. 2006. Guía de campo de los anfibios y reptiles del Valle de Zapotitlán, Puebla. Sociedad Herpetológica Mexicana A. C. / Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. 78 pp.
- Canseco-Márquez. L. & G. Gutiérrez-Mayen. 2010. Anfibios y reptiles del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad / Fundación para la Reserva de la Biósfera Cuicatlán A. C. / Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. 302 pp.
- Campbell, J. A. & W. W. Lamar. 2004. The venomous reptiles of the Western Hemisphere. Vols. 1-2. Comstock, Ithaca, New York.
- Carbone, C., D. Codron, C. Scofield, M. Clauss & J. Bielby. 2014. Geometric factors influencing the diet of vertebrate predators in marine and terrestrial environments. Ecology Letters, 17: 1553-1559.
- Carrera-Stampa, M. 1960. El escudo nacional. Secretaría de Hacienda y Crédito Público. México. 509 pp.
- Castellón-Huerta, B. 2002. La serpiente emplumada. Cúmulo de símbolos, Arqueología Mexicana, 53: 28-35.
- Ceballos, G., L. Martínez, A. García, E. Espinoza, J. B. Creel & R. Dirzo (eds.). 2010. Diversidad, amenazas y áreas prioritarias para la conservación de las Selvas Secas del Pacífico de México. Fondo de Cultura Económica/Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. 594 pp.
- Cooper, T., A. Liew, G. Andrieu, E. Cadriz, H. Dallas, T. Niesen, E. Slater, J. Stockert, T. Vold, M. Young & J. Mendelson III. 2019. Latency in problem solving as evidence for learning in varanid and helodermatid lizards, with comments on foraging techniques. Copeia, 2019:79-84. DOI: 10.1643
- Cooper, W. E., Jr. 1989. Prey odor discrimination in the varanoid lizards *Heloderma suspectum* and *Varanus exanthematicus*. Ethology, 81: 250-258.
- De María y Campos, T. 1979. Los animales en la medicina tradicional mesoamericana. Anales de Antropología, 16: 183-222.
- Dehouve, D. 2017. Los nombres de los dioses mexicas: hacia una interpretación pragmática. Trace, 71: 9-39.

- Domínguez-Vega, H., C. J. Balderas-Valdivia, J. Manjarrez & O. Monroy-Vilchis. 2018. Conociendo al lagarto escorpión: leyendas, realidad y potencial de una rareza biológica. *CIENCIA ergo-sum*, 25(2) 2018. <https://doi.org/10.30878/ces.v25n2a10>
- Domínguez-Vega, H., O. Monroy-Vilchis, C. J. Balderas-Valdivia, C. M. Gienger & D. Ariano-Sánchez. 2012. Predicting the potential distribution of the beaded lizard and identification of priority areas for conservation. *Journal for Nature Conservation*, 20(4): 247-253. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2012.04.003>
- Domínguez-Vega, H., O. Monroy-Vilchis, J. Manjarrez & C. J. Balderas-Valdivia. 2017. Aversive hunting and sight frequency ecology of beaded lizards (Squamata: Helodermatidae). *Perspectives in Ecology and Conservation*, 15(1): 47-51. www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2530064417300196
- Enríquez-Vázquez, P., R. Mariaca-Méndez, O. G. Retana-Guiascón & E. J. Naranjo-Piñera. 2006. Uso medicinal de la fauna silvestre en los altos de Chiapas, México. *Interciencia*, 31(7): 491-499.
- Ernst, C. & G. R. Zug. 1996. *Snakes in question*. Smithsonian Institution Press, Washington, DC. 203 pp.
- Fernández, J. 1959. *Coatlicue. Estética del arte indígena antiguo*. Instituto de Investigaciones Estéticas. México. 302 pp.
- Fernández-Badillo, L., I. Zuria, J. Sigala-Rodríguez, G. Sánchez-Rojas & G. Castañeda-Gaytán. 2021. Revisión del conflicto entre los seres humanos y las serpientes en México: origen, mitigación y perspectivas. *Animal Biodiversity and Conservation*, 44 (2): 153-174.
- Fernández-Badillo, L., N. Morales-Capellán, C. R. Olvera-Olvera, G. Montiel-Canales & I. Goyenechea. 2017. *Guía de serpientes de Hidalgo*. Universidad Autónoma de Estado de Hidalgo. 272 pp.
- Finley Jr. R. B., D. Chiszar & H. M. Smith. 1994. Field observations of salivary digestion of rodent tissue by the wandering garter snake, *Thamnophis elegans vagrans*. *Bulletin of Chicago Herpetological Society*, 29: 5-6.
- Fitch, H. 1949. Study of Snake Populations in Central California. *American Midland Naturalist*, 41: 513-579.
- Florescano, E. 1997. Sobre la naturaleza de los dioses de Mesoamérica. In: León-Portilla, M. (ed.), Pp. 41-67, *Estudios de Cultura Náhuatl* 27. Universidad Nacional Autónoma de México.
- García, A. & A. Cabrera-Reyes. 2008. Estacionalidad y estructura de la vegetación en la comunidad de anfibios y reptiles de Chamela, Jalisco, México. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)*, 24(2): 91-115.
- García, A. & G. Ceballos. 1994. *Guía de Campo de los anfibios y reptiles de la costa de Jalisco, México*. Fundación Ecológica de Cuixmala A. C. / Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México. 184 pp.
- García-López, R., A. Villegas, N. Pacheco-Coronel & G. Gómez-Álvarez. 2017. Traditional use and perception of snakes by the Nahuas from Cuetzalan del Progreso, Puebla, Mexico. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 13(6): 1-10. DOI 10.1186/s13002-016-0134-7
- Gayen, D., S. Dey & U. S. Roy. 2017. Diversity of snakes in and around Durgapur city, West Bengal, India. *Zoo's Print*, 32: 17-22.
- Gómez-Álvarez, G., S. R. Reyes-Gómez, C. Teutli-Solano & R. Valadez-Azúa. 2005. *La Medicina Tradicional Prehispánica, Vertebrados Terrestres y*

- Productos Medicinales de tres Mercados del Valle de México. *Etnobiología*, 5 (1): 86-98.
- González-Hernández, A. J. X., J. M. Garza-Castro & C. J. Balderas-Valdivia. 2021. Manual de identificación de la Herpetofauna de México. Dirección General de Divulgación de la Ciencia/ Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. 60 pp.
- Healy, K., C. Carbone & A. L. Jackson. 2018. Snake venom potency and yield are associated with prey-evolution, predator metabolism and habitat structure. *Ecology Letters*, 2018: 1-11. doi: 10.1111/ele.13216
- Heimes, P. 2016. Herpetofauna Mexicana Vol. 1. Snakes of Mexico. Edition Chimaira. Germany. 558 pp.
- Hernández-Jiménez, C. & O. Flores-Villela. 2009. *Heloderma horridum*, el escorpión. *Herpetofilos*, 1(7):11-19.
- Herrel, A., I. Wauters, P. Aerts & F. de Vree. 1997. The mechanics of ovophagy in beaded lizard (*Heloderma horridum*). *Journal of Herpetology*, 31(3): 383-393.
- Hidalgo-García, J. A., J. R. Cedeño-Vázquez, R. Luna-Reyes & D. González-Solís. 2018. Modelaje de la distribución geográfica de cuatro especies de serpientes venenosas y su percepción social en el sureste de la Altiplanicie de Chiapas. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)*, 34: 1-20. <https://doi.org/10.21829/azm.2018.3412111>
- Hill, R. E. & S. P. Mackessy. 2000. Characterization of venom (Duvernoy's secretion) from twelve species of colubrid snakes and partial sequence of four venom proteins. *Toxicon*, 38: 1663-1687.
- Holding, M. L., J. E. Biardi & H. L. Gibbs. 2016. Coevolution of venom function and venom resistance in a rattlesnake predator and its squirrel prey. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 283: 20152841.
- Janzen, D. H. 1988. Tropical dry forest: the most endangered tropical ecosystem. In: Wilson, E. O. (ed.), Pp. 130-137, Biodiversity. National Academy Pres. EUA.
- Kardong, K. V. 1996. Snake toxins and venoms: an evolutionary perspective. *Herpetologica*, 52(1): 36-46
- Leyte-Manrique, A., N. Gutiérrez-Álvarez, E. M. Hernández-Navarro. 2016. Percepción cultural de la herpetofauna en tres comunidades rurales del municipio de Irapuato, Guanajuato, México. *Etnobiología*, 14: 73-84.
- Lomonte, B., D. Pla, M. Sasa, W. C. Tsai, A. Solórzano, J. M. Ureña-Díaz, M. L. Fernández-Montes, D. Mora-Obando, L. Sanz, J. M. Gutiérrez & J. J. Calvete. 2014. Two color morphs of the pelagic yellow-bellied sea snake, *Pelamis platura*, from different locations of Costa Rica: Snake venomomics, toxicity, and neutralization by antivenom. *Journal of Proteomics*, 103: 137-152.
- Luna-Reyes, R. & A. Suárez-Velázquez. 2008. Reptiles Venenosos de Chiapas: reconocimiento, primeros auxilios y tratamiento médico en caso de mordedura. Instituto de Historia Natural / Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Chiapas. Gobierno del Estado de Chiapas. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. 86 pp.
- Madrid-Sotelo, C. A. 2005. contribución a la historia natural de *Oxybelis aeneus* y su aplicación en centros de divulgación científica. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México, México. 93 pp.
- Martínez-Vaca León, O. I. & X. López-Medellín. 2019. Serpientes, un legado ancestral en riesgo

- CIENCIA ergo-sum, 26 (2) 2019. <https://doi.org/10.30878/ces.v26n2a10>
- McKinstry, D. M. 1978. Evidence of toxic saliva in some colubrid snakes of the United States. *Toxicon*, 16: 523-534.
- Millennium Ecosystem Assessment (MEA). 2005. *Ecosystems and human well-being. A framework for assessment*. Island Press, Washington, D. C., USA. 137 pp.
- Morante-López, R. B. 2000. El Universo Mesoamericano, Conceptos Integradores. *Desacatos*, 5: 31-44.
- Neri-Castro, E., M. Bénard-Valle, G. Gil, M. Borja, J. López de León & A. Alagón. 2020. Serpientes Venenosas en México: Una Revisión al estudio de los venenos, los antivenenos y la epidemiología. *Revista Latinoamericana de Herpetología*, 3 (2): 5-22.
- Pardo-López, L. 1998. Expresión de la toxina recobinante Helotermína (HLTX) del veneno de *Heloderma horridum horridum* utilizando dos diferentes sistemas de expresión (Procarionte y Eucarionte). Tesis de Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México. 100 pp.
- Pardo-López, L. 2003. *Heloderma*: un lagarto venenoso. ¿Cómo ves?, 5(50).
- Pawar, S., A. I. Dell & V. M. Savage. 2012. Dimensionality of consumer search space drives trophic interaction strengths. *Nature*, 486: 485-489.
- Pérez-Higareda, G., M. A. López-Luna & H. M. Smith. 2007. Serpientes de la región de los Tuxtlas, Veracruz, México. Universidad Nacional Autónoma de México. 189 pp.
- Pomiento, A. M., B. W. Perry, R. D. Denton, H. L. Gibbs & M. L. Holding. 2016. No safety in the trees: local and species-level adaptation of an arboreal squirrel to the venom of sympatric rattlesnakes. *Toxicon*, 118: 149-155.
- Pradhan, S., D. Mishra & K. R. Sahu. 2014. An inventory and assessment of snake diversity of Gadhamardan hills range of western Orissa, India. *International Journal of Pure and Applied Zoology*, 2: 241-245.
- Ramírez-Bautista, A. & A. García. 2002. Diversidad de la herpetofauna de la región de Chamela. In: Noguera, F. A., H. Vega-Rivera, A. N. García-Aldrete & M. Quesada-Avedaño (eds.), Pp. 251-264. *Historia Natural de Chamela*. Instituto de Biología, UNAM. México.
- Ramírez-Bautista, A. & D. D. Beck. 1996. El escorpión, lagartija venenosa de México. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. *Información Científica y Tecnológica*, 18(232): 24-28.
- Ramírez-Bautista, A. 1994. Manual de claves ilustradas de los anfibios y reptiles de la región de Chamela, Jalisco, México. Cuadernos 23. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México. 127 pp.
- Reiserer, R. S., G. W. Schuett & D. D. Beck. 2013. Taxonomic reassessment and conservation status of the beaded lizard, *Heloderma horridum* (Squamata: Helodermatidae). *Amphibian and Reptile Conservation*, 7(1): 74-96.
- Reiserer, R. S., G. W. Schuett & H. W. Greene. 2018. Seed ingestion and germination in rattlesnakes: overlooked agents of rescue and secondary dispersal. *Proceedings of the Royal Society B*, 285: 20172755.
- Reyes-Velasco, J. & D. G. Mulcahy. 2010. Additional taxonomic remarks on the genus *Pseudoleptodeira* (Serpentes: Colubridae) and the phylogenetic

- placement of “*P. uribei*”. *Herpetologica*, 66 (1): 99-110.
- Román-Domínguez, L., E. Neri-Castro, H. Vázquez-López, B. García-Osorio, I. G. Archundia, J. A. Ortiz-Medina, V. L. Petricevich, A. Alagón & M. Bénard-Valle. 2019. Biochemical and immunochemical characterization of venoms from snakes of the genus *Agkistrodon*. *Toxicon X*, 2019 (4): 100013. DOI: 10.1016/j.toxcx.2019.100013
- Rubio-Godoy, M. 2003. Cascabel: la serpiente divina. ¿Cómo ves?, 60: 10-14.
- Ruiz-Boites, M. 2008. Uso y comercialización de anfibios y reptiles de cuatro mercados del Distrito Federal. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. 117 pp.
- Sánchez, O. 1996. Helodermas cubiertos de cuentas y de cuentos. *Ocelotl*, 5: 36-40.
- Sanchez-Azofeita, G. A., M. Kalacska, M. Quesada, J. C. Calvo-Alvarado, J. M. Nassar & J. P. Rodríguez. 2005. Need integrated research for a sustainable future in tropical dry forest. *Conservation Biology*, 19: 1-2.
- Santiago-Pérez, A. L., M. Domínguez-Laso, V. C. Rosas-Espinosa & J. M. Rodríguez-Canseco. 2012. Anfibios y reptiles de las montañas de Jalisco: Sierra de Quila. *Orgánica Editores / Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad*. 225 pp.
- SEMARNAT. 2018. Programa de acción para la conservación de las especies: Serpientes de cascabel (*Crotalus* spp.). SEMARNAT/CONANP, México. 144 pp.
- Streicher, J. W., C. L. Cox, C. M. Sheehy, M. J. Ingrasci & R. U. Tovar. 2011. Natural history notes: *Pseudoleptodeira uribei* (Uribe's false cat-eyed snake). *Reproduction*. *Herpetological Review*, 42(1): 101.
- Suazo-Ortuño, I., J. Alvarado-Díaz & M. Martínez-Ramos. 2011. Riparian areas and conservation of herpetofauna in a tropical dry forest in western Mexico. *Biotropica*, 43(2): 237-245.
- Suazo-Ortuño, I., J. Alvarado-Díaz, E. Mendoza, L. López-Toledo, N. Lara-Urbe, C. Márquez-Camargo, J. G. Paz-Gutiérrez & J. D. Rangel-Orozco. 2015. High resilience of herpetofaunal communities in a human-modified tropical dry forest landscape in western Mexico. *Tropical Conservation Science*, 8 (2): 396-423.
- Sullivan, B. K., E. M. Nowak & M. A. Kwiatowski. 2014. Problems with mitigation translocation of herpetofauna. *Conservation Biology*, 29: 12–18.
- Tay-Zavala, J., J. G. Diaz-Sánchez, J. T Sánchez-Vega, D. Ruiz-Sánchez & L. Castillo (2002). Serpientes y reptiles de importancia médica en México. *Revista de la Facultad de Medicina, UNAM*, 45(5): 212-219.
- Valdés, A. 2015. El lagarto enchaquirado: Una mordida que no se olvida. *La huella del jaguar*. <http://blogs.ciencia.unam.mx/lahuella/2015/06/08/el-lagarto-enchaquirado-una-mordida-que-no-se-olvida/>
- Valencia-Aguilar, A., A. M. Cortés-Gómez & C. A. Ruiz-Agudelo. 2012. Servicios ecosistémicos brindados por los Anfibios y reptiles del neotrópico: Una visión general. *Reflexiones sobre el capital natural de Colombia No. 2*. 25 pp.
- Vitt, J. L. & J. P. Caldwell. 2014. *Herpetology: An introductory biology of amphibians and reptiles*. 4th ed. Academic Press, Elsevier. 757 pp.
- Weinstein, S. A. & L. A. Smith. 1993. Chromatographic profiles and properties of

Duvernoy's secretions from some Boigine and Dispholidine colubrids. *Herpetologica*, 49: 78-94.

Weinstein, S. A. & K. V. Kardong. 1994. Properties of Duvernoy's secretions from opisthoglyphous and aglyphous colubrid snakes. *Toxicon*, 32: 1161-1185.

Weinstein, S. A., D. A. Warrell, J. White & D. Keyler. 2011. Venomous bites from non-venomous snakes: a critical analysis of risk and management of 'colubrid' snake bites. Elsevier, London. 336 pp.

Agradecimientos. A Jorge Vega y Katherine Renton por todas las facilidades otorgadas durante las actividades de campo en la Estación de Biología de Chamela-IBUNAM. A Enrique Ramírez y Abel Verduzco por el apoyo técnico y sus recomendaciones de exploración en el bosque tropical seco. A Rolando Ísita y Elaine Reynoso por su apoyo a los proyectos de divulgación y conservación de la naturaleza. A los dos revisores anónimos que hicieron sugerencias importantes para mejorar notablemente el manuscrito. Parte de estos resultados son un derivado del proyecto PAPIIME-UNAM PE202616. El permiso para el trabajo de campo fue otorgado por SEMARNAT SGPA/DGV5/06296/16.