

HERPETOLOGÍA MEXICANA





Fotografía de portada: *Barisia herrerae*

HERPETOLOGÍA MEXICANA, año 1, No. 1, 2021, revista de publicación semestral editada por Carlos Jesús Balderas Valdivia, con domicilio en Manuel Escandón No. 64, Int. 398, Álvaro Obregón, Iztapalapa, CP 09230, Ciudad de México. <https://herpetologiamexicana.org/revista-hm/>, herpetologiamexicana@gmail.com. Editor responsable: Carlos Jesús Balderas Valdivia. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo: en trámite, ISSN: en trámite, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Todas las opiniones y contenidos expresados en los artículos son responsabilidad única y exclusiva de los autores y no necesariamente reflejan la postura del editor de la revista. Fecha de última modificación 30/06/2021.

CONTENIDO

Reptiles: percepción y cosmovisión desde el contexto agrícola	1
La tortuga de orejas rojas <i>Trachemys scripta</i> : especie invasora y su impacto en los ecosistemas	9
Reciclaje de orina: una ayuda más para la conservación de los anfibios	13
Servicios ecosistémicos de reptiles venenosos en el trópico seco	19
Plataforma para el Inventario de la Herpetofauna de México	39



Reptiles: percepción y cosmovisión desde el contexto agrícola

Adrián Leyte-Manrique

Tecnológico 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, cosmovisión, agricultura, Guanajuato, México

RESUMEN. Este trabajo hace una reflexión acerca de la perspectiva etnoherpetofaunística y de la relación entre los reptiles y los agricultores, la cual muchas veces es conflictiva y contradictoria entre estos dos actores. Así como también lo es la riqueza de costumbres, usos, mitos y leyendas que existen entorno a los reptiles, y que se gestan en la psique de los productores agrícolas como parte de su cosmovisión reciente. Al igual que en muchos estados de la república mexicana, el estado de Guanajuato, y sobre todo su región sur, es rica en tradiciones y diversidad de especies, por lo que esta reflexión se centra en los agroecosistemas y los reptiles que habitan en ellos. Desde la lagartija espinosa (*Sceloporus spinosus*) hasta la culebra cencuate (*Pituophis deppei*), y las tortugas casquito (*Kinosternon integrum*), los usos, tradiciones y costumbres se amalgaman en el mundo del campo, enriqueciendo y con la espera de conservar a nuestros míticos reptiles.

Cita: Leyte-Manrique, A. 2021. Reptiles: percepción y cosmovisión desde el contexto agrícola. *Herpetología Mexicana*, 1: 1-8. https://www.herpetologiamexicana.org/wp-content/uploads/2021/12/HM_2021_1_1-8.pdf

COSMOVISIÓN DE LOS REPTILES

El conocimiento de los reptiles por parte de los seres humanos es tan antiguo como los orígenes de la especie humana, las primeras civilizaciones y la misma agricultura (Macip-Ríos y Casas-Andreu, 2008). Un país rico en diversidad biológica y cultural es sin duda México, en la que el conocimiento de los reptiles es parte de la identidad de los mexicanos todavía en tiempos actuales, durante la época de la colonia y en culturas prehispánicas como los aztecas y los mayas (Florescano, 1997; Leyte-Manrique et al., 2016). En este contexto, los reptiles por muchas razones resultan emblemáticos en la cosmovisión de los mexicanos, ya que son parte de las tradiciones, costumbres, mitos y usos de los pueblos rurales e indígenas, incluso en las grandes ciudades (Pinguilly et al., 2010; Fernández-Badillo et al., 2017).

Dentro de los reptiles, las serpientes son un grupo de organismos que forman parte de las tradiciones culturales y utilitarias por el rol que juegan en la idiosincrasia de las personas. Esto va desde la religión por existir una visión estereotipada del mal “a partir de la tentación

al pecado original y temor a lo desconocido y maligno”, según la creencia judeo-cristiana (Figura 1; González-Zymla, 2004; Argueta-Villamar et al., 2012), y pasando por los aspectos utilitarios, alimenticios y medicinales de los pueblos.



Figura 1. Representación de la cosmovisión judeo-cristiana del “pecado original”. Tomado de González-Zymla (2004).

Desde el punto de vista médico, las serpientes son un foco de atención importante dada la situación potencial de riesgo que representan algunas especies para los humanos y animales. Lo anterior por el efecto que tienen sus toxinas en la salud, por ejemplo, las serpientes de coral o coralillo (género *Micrurus*), el cantil (género *Agkistrodon*) y las víboras de cascabel (género *Crotalus*; Figura 2), siendo las de mayor peligrosidad, pero que de las cuales, también se han desarrollado sueros para contrarrestar su veneno (Ávila-Villegas, 2017). De las tres, *Micrurus* y *Crotalus* son ampliamente conocidas en la región centro de México, *Agkistrodon* se contempla para zonas tropicales hacia el sur, y están estrechamente relacionadas a las actividades agrícolas.

Otros reptiles como las lagartijas y tortugas también son parte importante de las creencias, usos y tradiciones de los pueblos en la región. Un ejemplo de ello, son la lagartija *Barisia imbricata* mejor conocida como escorpión y de la cual se tiene una falsa idea generalizada de que es venenosa, o bien el llamado camaleón o llora sangre (*Phrynosoma orbiculare*), una lagartija inofensiva. En el caso de las tortugas del género *Kinosternon*, son vistas por lo general como inofensivas, siendo su uso como mascotas, y en algunos casos, con fines gastronómicos, desconociéndose, sin embargo, su papel y valor ecológico en los ecosistemas, particularmente en los agroecosistemas (Balderas-Valdivia et al., 2017; Leyte-Manrique et al., 2016).

LA ETNOHERPETOLOGÍA EN EL CONTEXTO AGRÍCOLA: EL CASO DE SALVATIERRA, GUANAJUATO

Los trabajos desarrollados que muestran el entendimiento y relación de los reptiles con los seres humanos, se han conducido en comunidades indígenas, en los que la valoración de animales como las tortugas, lagartijas y serpientes, tienen una propiedad de identidad de cada pueblo y de su realidad cultural y social, sobre estos. Así, trabajos



Figura 2. Serpientes de importancia médica relacionadas a las actividades agrícolas. A = *Micrurus tener* (coralillo), B = *Agkistrodon bilineatus* (cantil, mocasín) y C = *Crotalus molossus* (víbora de cascabel). **Fotos:** A (Michael Price), B (Carlos Balderas), C (Adrian Leyte).

como los de Sánchez-Núñez (2005) y Penguilly-Macías et al. (2010) ponen de manifiesto el conocimiento tradicional de los reptiles por parte de grupos indígenas como los otomíes del estado de Hidalgo, o bien los mazahuas en Michoacán, quienes logran reconocer aspectos descriptivos de las especies, de su papel en la naturaleza, de sus usos y peligrosidad. Para zonas rurales en las que se tiene una actividad agrícola, Leyte-Manrique et al. (2016), comparan la percepción cultural de tres comunidades del Bajío guanajuatense en Irapuato,

Guanajuato en relación con el conocimiento de los anfibios y reptiles, señalando que hay diferencias entre éstas a partir de su actividad económica (agricultura, comercio e industria), destacando un mayor conocimiento por parte de las comunidades con mayor vocación agrícola.

En la región sur de Guanajuato, el municipio de Salvatierra se caracteriza por ser una zona de vocación agrícola en la que contrastan por un lado los sistemas de producción de riego y tecnificados,

contra aquellos rústicos de temporal (Leyte-Manrique, 2021), escenarios en los que se muestran realidades, percepciones y problemáticas distintas entre humanos y reptiles. Al ser un medio rural y agrícola, Salvatierra, es rico en mitos, costumbres y usos acerca de los reptiles (Ver Cuadro 1).

Si bien ello resulta positivo desde un contexto cultural, no lo es así en las labores propias del campo, es decir, en la interacción directa entre los campesinos con los reptiles, sobre todo con

Cuadro 1. Conocimiento, usos y costumbres sobre los reptiles por parte de los agricultores en Salvatierra, Guanajuato. Peligrosidad: a = peligrosa, b = no peligrosa. Toxicidad: 1 = no venenosa, 2 = venenosa. * = especie introducida. Los datos presentados se muestran con en base al conocimiento y cosmovisión de los agricultores de Salvatierra, no es la percepción de otros lugares de Guanajuato y México.

Especies	Nombre común	Papel cultural	Papel ecológico	Peligrosidad	Toxicidad	Usos
<i>Kinosternon integrum</i>	Tortuga	Ninguno	No se conoce	b	1	Mascota y gastronómico
<i>Anolis nebulosus</i>	Abanico	Ninguno	Controlador de insectos y arañas	b	1	Ninguno
<i>Sceloporus dugesii</i>	Lagartijo	Ninguno	Controlador de insectos y arañas	b	1	Ninguno
<i>S. spinosus</i>	Espinosa	Ninguno	Controlador de insectos y arañas	b	1	Ninguno
<i>S. torquatus</i>	Lagartija/o	Ninguno	Controlador de insectos y arañas	b	1	Ninguno
<i>Aspidoscelis gularis</i>	Sabandija	Ninguno	Controlador de insectos y arañas	b	1	Ninguno
<i>Conopsis lineata</i>	Hocico de puerco	Ninguno	No se conoce	a	1	Ninguno
<i>Drymarchon melanurus</i>	Limpia campos/negra	Ninguno	Controladora de roedores	a/b	1	Ninguno
<i>Lampropeltis polyzona</i>	Falsa coralillo	Ninguno	No se conoce	a	1	Ninguno
<i>Masticophis mentovarius</i>	Chirrionera	Pega con la cola	Controladora de roedores	a	1	Ninguno
<i>Salvadora bairdi</i>	Culebra	Ninguno	No se conoce	b	1	Ninguno
<i>Pituophis depei</i>	Cencuate/Alicante	Mama leche	Controladora de roedores	a	1	Peletería y mascota
<i>Thamnophis cyrtopsis</i>	Serpiente de agua	Ninguno	Depredadora	b	1	Ninguno
<i>Thamnophis melanogaster</i>	Serpiente negra de agua	Ninguno	Depredadora	b	1	Ninguno

continúa ...

... continuación

<i>Indotyphlops braminus*</i>	Culebra gusano	Ninguno	No se conoce	b	1	Ninguno
<i>Micrurus tener</i>	Coralillo	Propiedades curativas	Depredadora	a	2	Medicinal
<i>Crotalus molossus</i>	Cascabel	Propiedades curativas	Depredadora	a	2	Peletería y medicinal

las serpientes porque es negativa, ya que se tiene la creencia generalizada de que todas ellas son peligrosas, cuando la realidad es muy distinta y de hecho opuesta. Por ejemplo, en las comunidades donde se manejan sistemas de producción de temporal (comunidad de Urireo, en la estación lluvias), los agricultores, pueden diferenciar por su tipología a las serpientes, así como por su peligrosidad y función, incluso por sus supuestas propiedades medicinales.

Los agricultores de 60 a 80 años valoran el papel de las serpientes como reguladores naturales de “plagas”, haciendo referencia a las poblaciones de roedores como ratones de campo y ardillones, quienes además evitan emplear insecticidas químicos en sus parcelas. Así mismo, ellos practican la liberación de serpientes en sus parcelas (Figura 3) como la del cencuate (*Pituophis deppei*), limpia campos (*Drymarchon melanurus*) y chirrionera (*Masticophis mentovarius*), a las que buscan en los cerros lejanos y evitan que

se les de muerte. Este conocimiento y uso como depredadores es muy valioso para la conservación de estas especies, haciéndose aún más importantes porque son costumbres transmitidas a las nuevas generaciones. Al respecto, una anécdota interesante en Uriero, donde un agricultor de entre 30 a 35 años que se quejaba de la alta cantidad de roedores que habían acabado con su siembra de lechugas y zanahorias, al preguntarle sobre la presencia de serpientes, él indicó que ya no las había, que sólo se veían abundantes lagartijas y sabandijas en la parcela (refiriéndose a *Sceloporus torquatus* y *Aspidoscelis gularis* respectivamente), y que sin las serpientes su cultivo se afectó. A al final él reconoció que hizo mal en matar a las serpientes por considerarlas peligrosas. Esto muestra que el desconocimiento que se tiene sobre los ofidios puede tener un impacto negativo, no sólo por la percepción errónea de su papel en el ambiente, sino que también trasciende a la pérdida de diversidad de especies por malos manejos o bien, creencias equivocadas y sin fundamentos de la realidad



Figura 3. Tres magníficas especies de serpientes aliadas de los agricultores por su capacidad de controlar poblaciones de roedores: A = cencuate (*Pituophis deppei*), B = limpia campos (*Drymarchon melanurus*) y C = chirrionera (*Masticophis mentovarius*). **Fotos:** Carlos Balderas.

(Leyte-Manrique et al., 2016).

Por otra parte, en comunidades con sistemas de riego como San Nicolás de los Agustinos, si bien se reconoce a las serpientes por su forma, se les mata a todas sin importar que sean peligrosas o inofensivas, es decir, para los productores el dicho es “la mejor serpiente es la que está muerta”. Añadiendo a esto, se tiene un uso excesivo de insecticidas químicos, los cuales pueden afectar a las serpientes semi-acuáticas y tortugas como *Thamnophis cyrtopsis* y *T. melanogaster*, y *Kinosternon integrum*, respectivamente. Estas especies ya no son tan comunes de ver en los canales de riego y bifurcaciones del río Lerma en la entidad, puesto que las presas de éstas como los peces y ranas (*Lithobates neovolcanicus*) se han escaseado en los últimos años probablemente por la contaminación. El conocimiento que se tiene de las lagartijas y tortugas por parte de los productores de ambas comunidades, y en general para el municipio de Salvatierra, es que las primeras, pueden ayudar a combatir algunos insectos o arañas, pero no se les da mucha importancia, pero tampoco se les mata, salvo ocasiones en las que las usan como “tiro al blanco” para resorterías, y en el caso de las tortugas se les emplea como mascotas, o bien con alimento.

PROBLEMÁTICA

Los reptiles como organismos emblemáticos representan en conjunto un grupo de interés que puede ser de analizado desde varios escenarios: ecológico, cultural, económico, social y de salud, y que, en el caso de las actividades agrícolas, se representan todavía con algunos rasgos de la cosmovisión ancestral que perdura hasta el día de hoy (Pinguilly et al., 2010; Argueta-Villamar et al., 2012.).

Salvatierra, Guanajuato, no es la excepción, pues como se observa en el Cuadro 1, los usos y costumbres sobre los reptiles son variados, así

como la problemática que hace presión sobre sus poblaciones de especies, principalmente, serpientes, y que, en el panorama geográfico regional, estatal y de hecho nacional, suelen ser las actrices principales en el conflicto humano-reptil. También se destacan en las tradiciones folk de grupos rurales, cuya actividad agrícola va a la par de un conocimiento tradicional simplista hacia los reptiles, que se basa en el reconocimiento morfológico, el color y la textura, así como en la peligrosidad, si es venenoso o no lo es, de sus usos y aprovechamiento. En general, forma parte de la transmisión de un conocimiento empírico expresado en mitos y leyendas como parte del quehacer cultural del campo mexicano. Así este conocimiento es transmitido de manera oral, plasmando los temores y creencias infundadas según como el campesino visualiza y concibe en su mente a los reptiles (Macip-Ríos & Casas-Andreu, 2008).

En Salvatierra, esto es frecuentemente observado, por ejemplo, serpientes como el cencuate, la chirrieara, el hocico de puerco, la limpia campos y falsa coralillo, comunes en los cultivos, son las más conocidas por los agricultores, y que, sin ser peligrosas para los seres humanos, se consideran como tal, por lo que injustamente se les mata. En el caso de las serpientes venenosas como el coralillo y la cascabel, los encuentros suelen ser escasos, dados sus hábitos crepusculares y nocturnos, y de hecho no se han tenido registros de accidentes graves con los humanos. Algunas de las creencias que se tienen de los ofidios por parte de los agricultores se plasman en el Cuadro 2. Para las tortugas, el impacto negativo es que se les captura para comercializarse como mascotas (principalmente las crías) en los mercados y tianguis del municipio, sobre todo en la cabecera municipal. También se les captura con fines gastronómicos, siendo los ejemplares adultos los más cotizados. La contaminación de los arroyos y canales de riego por insecticidas, residuos sólidos y descargas de aguas negras y caseras, han tenido

Cuadro 2. Cosmovisión de las serpientes en Salvatierra, Guanajuato vs el conocimiento real de las especies.

Especie	Nombre común	Creencia	Realidad
<i>Conopsis lineata</i>	Hocico de puerco	Se piensa que es una cría de una serpiente de cascabel, pero sin el cascabel. Por lo tanto, se le considera peligrosa.	Es una serpiente inofensiva, que se alimenta de pequeños insectos, y de hábitos fosoriales. Se le observa en hormigueros y bajo rocas.
<i>Drymarchon melanurus</i>	Limpia campos	Se tiene la creencia de que rompe troncos cuando se enoja y bufa, por lo se le conoce como una serpiente peligrosa.	Es una especie, esquivada, pero de carácter fuerte, y de hábitos semi acuáticos. Se le considera excelente controladora de roedores. Se le trae de los cerros y se le libera en las parcelas. No representa ningún peligro para el ser humano, es inofensiva y no venenosa.
<i>Lampropeltis polyzona</i>	Falsa coralillo	Se le considera muy venenosa y peligrosa.	Es una serpiente inofensiva de hábitos diurnos, muy abundante en los cultivos y tiene presencia casi todo el año. Se le mata por que se confunde o se piensa que es un coralillo verdadero.
<i>Masticophis mentovarius</i>	Chirriónera o latiguera	Se cree que da latigazos con la cola y que cuando las heridas sanan, si la persona la ve de nuevo, las heridas vuelven a abrirse. Es muy temida y se considera peligrosa.	Es una especie muy nerviosa y esquivada, de hábitos diurnos. Al desplazarse, como es muy rápida, levanta la parte delantera del cuerpo y la cola para equilibrarse, por lo que da la impresión de que va latigueando. Es una excelente depredadora de roedores, por lo que mantiene sanos los cultivos y granos. Es inofensiva y no representa ningún peligro al ser humano.
<i>Pituophis deppei</i>	Cencuate o alicante	La idea generalizada es que se alimenta de leche materna (mama el seno de la mujer) y le da al niño la cola para que no lllore y sea descubierta. Se suele confundir con la serpiente de cascabel por su patrón de coloración del dorso.	No se alimenta de leche, no es un mamífero, además su boca no está adaptada para succionar. Es una culebra inofensiva y no es peligrosa para el ser humano. Es de hábitos diurnos y un excelente depredador de roedores. Resulta ser un aliado ideal en los cultivos de grano para los agricultores.
<i>Micrurus tener</i>	Coralillo	Se piensa que se alimenta de hormigas, pues se le ve en los hormigueros. Se dice que mata con la mirada. Se considera muy peligrosa y venenosa.	No se alimenta de hormigas, sino de otras serpientes como el hocico de puerco. Es de hábitos crepusculares y nocturnos, es una especie esquivada y tímida. Si bien es venenosa y potencialmente peligrosa a la salud humana, raramente ocurren accidentes, además existen antídotos para contrarrestar su veneno.
<i>Crotalus molossus</i>	Cascabel serrana	Se piensa que espera a las personas para morderlas y corretearlas, y que se quita los colmillos para tomar agua. Se considera muy peligrosa y venenosa.	No espera a las personas ni tampoco las persigue. Es de hábitos crepusculares, pero se le encuentra también antes del mediodía tomando el Sol. Es excelente una depredadora de roedores, por lo que resulta ser aliada para los agricultores. Existen sueros para contrarrestar el veneno en caso de accidente.

un fuerte impacto por la presencia de bacterias y patógenos que ponen en riesgo la salud de las tortugas (Leyte-Manrique, 2021). Finalmente, se tiene una alta mortandad por atropellamiento de individuos, al cruzar las carrerías para desplazarse de un canal de riego a otro, siendo todos estos factores una constatación que afecta el tamaño de las poblaciones de *Kinosternon integrum* (tortuga casquito) en el municipio.

Para las lagartijas, el impacto más fuerte es el cambio de uso de suelo (destrucción del hábitat), ya que, en algunos sitios con vegetación primaria de selva baja caducifolia y hábitats rocosos, las especies de género *Sceloporus* son afectadas. Por el momento, su adaptación a ambientes antropizados, en este caso zonas de cultivos, les ha permitido sobrevivir, lo que se debería reconocer como un servicio ambiental, ya que se convierten en especies aliadas porque ayudan a combatir insectos

fitófagos (que se alimentan de plantas) localmente llamadas plagas, como los de la familia Hemiptera (chinchas), y que forman parte de su dieta (Leyte-Manrique & Ramírez-Bautista, 2010).

PERSPECTIVA Y CONSERVACIÓN

En México, como en otros países, el auge de la divulgación de la ciencia y la participación ciudadana han quitado poco a poco el velo negativo con el que se mira a los reptiles. Esto se puede apreciar en talleres, exposiciones, museos temáticos, herpetarios y cada vez una mayor publicación de obras herpetológicas para niños. Esto también incluye la publicación de guías de campo y folletos, favoreciendo una nueva perspectiva positiva que crea conciencia y que da sentido de pertenencia de la naturaleza, de la cual por cierto, formamos parte y deberíamos de verla bajo un modelo de respeto y admiración. La tarea, no es fácil pero tampoco imposible de lograr, los científicos y los herpetólogos deben ser conscientes de su propia realidad, y con un ojo menos técnico de exposición de ideas. Deben sensibilizarse con la realidad social y pública de aquellos que no están familiarizados con el tema de los reptiles.

Es la mejor manera de poder lograr una empatía hacia éstos y sentar las bases para las estrategias de conservación que deben implementarse, y así lograr la permanencia de las entidades biológicas que llamamos reptiles. Todo esto desde un enfoque humanista e integrador, sin posturas ni protagonismos y/o egos, que, si bien generan conocimiento básico, se quedan en un grupo selecto en los que el impacto principal es circular en la comunidad científica, y sin trascender a la sociedad, al ciudadano común.

A modo de conclusión, se puede decir que, en Salvatierra, se ha hecho un esfuerzo por transmitir el conocimiento sobre los reptiles y otras especies a partir de exposiciones al público en general (Figura 4), así como a grupos de estudiantes de nivel primaria hasta universidades. Ello sin duda ha causado un impacto positivo en las nuevas generaciones de personas, lo cual permite romper paradigmas y creencias erradas, lo que contribuye significativamente a la conservación de la herpetofauna en este municipio con alta actividad agrícola, y que en su conjunto, es necesaria para nuestro propio bienestar.



Figura 4. Divulgación de la ciencia con exposiciones sobre temas de fauna de insectos, anfibios y reptiles presentes en cultivos agrícolas. A y B = Exposición profesigráfica “Expobichos 2018” Tecnológico Nacional de México, Campus Salvatierra (ITESS); C y D = Exposición “Expo Agropecuaria Salvatierra 2018”. **Fotos:** Adrian Leyte.

LITERATURA CITADA

- Argueta-Villamar, A., E. Corona-M., G. Alcántara-Salinas, D. Santos-Fita, E. M. Aldasoro-Maya, R. Serrano-Velázquez, C. Teutli-Solano & M. Astorga-Domínguez. Historia, situación actual y perspectivas de la etnozoología en México. *Etnobiología*, 10(1): 18-40.
- Ávila-Villegas, H. 2017. Serpientes de cascabel: Entre el peligro y la conservación. Comisión Nacional para el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad (CONABIO). Primera impresión, Ciudad de México, México. 165 pp.
- Balderas-Valdivia C. J., A. J. X. González-Hernández & A. Alvarado-Zink. 2017. Catálogo fotográfico de anfibios y reptiles de la Reserva de la Biósfera de Chamela-Cuixmala, Jalisco. Dirección General de Divulgación de la Ciencia. Universidad Nacional Autónoma de México. 130 pp.
- Fernández-Badillo, L., N. Morales-Capellán. C. R. Olvera-Olvera, G. Montiel-Canales & I. Goyenechea. 2017. Guía de las serpientes del estado de Hidalgo. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Pachuca de Soto, México. 272 pp.
- 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.
- González-Zymla, H. 2004. La simbología de la serpiente en las religiones antiguas: en torno a las posibles causas biológicas que explican su sacralidad e importancia. *Akros: Revista de Patrimonio*, 3: 67-82.
- Leyte-Manrique, A. 2021. Diagnóstico ecológico y ambiental de recursos biológicos e hídricos asociados a sistemas agrícolas del municipio de Salvatierra, Guanajuato México. Informe Técnico Final 7689-20-PD, Tecnológico Nacional de México, Campus Salvatierra. 15 pp.
- Leyte-Manrique, A & A. Ramírez-Bautista. 2010. Diet of Two Populations of *Sceloporus grammicus* (Squamata: Phrynosomatidae) from Hidalgo, Mexico. *The Southwestern Naturalist*, 55(1): 98-103.
- 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.
- Macip-Ríos, R & G. Casas-Andreu. 2008. Los cafetales en México y su importancia para la conservación de los anfibios y reptiles. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)*, 24(2): 143-159.
- Penguilly-Macías, M., Moreno-Fuentes, A., Mayer Goyenechea, I., Espinoza-Pineda, G. 2010. Percepción acerca de las lagartijas consideradas nocivas por algunos otomíes, nahuas, tepehuas y mestizos en el estado de Hidalgo, México. Pp.99-105. In: Moreno, A., R. Valadéz, M. T. Pulido, R. Mariaca, P. Mejía & T. V. Gutiérrez Santillán (eds.). *Etnobiología y sistemas biocognitivos tradicionales: paradigmas en la conservación biológica y el fortalecimiento cultural*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Asociación Etnobiológica Mexicana y Sociedad Latinoamericana de Etnobiología. México.
- Sánchez-Núñez, E. 2005. Conocimiento tradicional mazahua de la herpetofauna: Un estudio etnozoológico en la Reserva de la Biósfera Mariposa Monarca, México. Centro de investigación en alimentación y desarrollo A.C. *Estudios Sociales*, 15(28): 44-66.
- Agradecimientos.** A los productores agrícolas del municipio de Salvatierra por dejarnos trabajar en sus parcelas.



La tortuga de orejas rojas *Trachemys scripta*: especie invasora y su impacto en los ecosistemas

Eduardo Alfredo Hickman-Carranza

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

Palabras clave: especies exóticas invasoras, tortugas, competencia, *Trachemys scripta*

Cita: Hickman-Carranza, E. A. 2021. La tortuga de orejas rojas *Trachemys scripta*: especie invasora y su impacto en los ecosistemas. Herpetología Mexicana, 1: 9-12. https://www.herpetologiamexicana.org/wp-content/uploads/2021/12/HM_2021_1_9-12.pdf

INTRODUCCIÓN

México es considerado un país megadiverso, ya que forma parte del selecto grupo de naciones poseedoras de la mayor diversidad (CONABIO, 2020). Sin embargo, esta vasta diversidad se encuentra cada vez más amenazada, principalmente por el cambio de uso del suelo y la destrucción de ecosistemas naturales (CONABIO, 2021); aunque, por otro lado, la introducción de especies exóticas es considerada la segunda causa de pérdida de biodiversidad (CONABIO, 2021).

De acuerdo con la Ley General de Vida Silvestre (SEMARNAT, 2018), una especie exótica invasora es aquella especie o población que no es nativa, que se encuentra fuera de su ámbito de distribución natural, que es capaz de sobrevivir, reproducirse y establecerse en hábitat y ecosistemas naturales y que amenaza la diversidad biológica nativa, la economía o la salud pública.

LA TORTUGA DE OREJAS ROJAS

Una de las especies exóticas invasoras causante de daños importantes a ecosistemas naturales en México, y cuyo éxito comercial tuvo gran auge como mascota en la década de los 90's y principios del 2000 fue la tortuga de orejas rojas o tortuga japonesa *Trachemys scripta elegans*, con aproximadamente 52 millones de individuos exportados desde Estados Unidos a los mercados

extranjeros (CONABIO, 2010; MERI, 2016). Probablemente muchos estamos familiarizados con esta tortuga en su etapa de cría, pues hasta hace pocos años era bastante común encontrar peceras repletas de esta especie en tiendas especializadas en la venta de animales exóticos o en los conocidos mercados de peces, como el mercado de Mixiuhca o el mercado de Morelos en la Ciudad de México.

Los individuos de esta especie presentan una amplia variedad de tonalidades verdes muy llamativas cuando son crías, y generalmente tienen una distintiva franja rojiza-naranja que presenta atrás de los ojos (Camacho-Rozo, 2013). Son de tamaño mediano, pues en la edad adulta llegan a alcanzar en promedio los 25 cm de caparazón, es de hábitos acuáticos, y en los días soleados se le puede ver tomando baños de sol sobre piedras o troncos (Balderas-Valdivia et al. 2014).

La tortuga de orejas rojas habitualmente tiene una dieta omnívora, no obstante, las crías y juveniles tienen preferencia por dietas carnívoras, mientras que los adultos optan por una dieta herbívora (Balderas-Valdivia et al., 2014; Yáñez-Arenas, 2017). Habitan una gran variedad de cuerpos de agua dulce, aunque tiene preferencia por aguas con poco flujo de corriente de 1 a 2 m de profundidad con mucha vegetación (Yáñez-Arenas, 2017).

Esta amplia plasticidad y adaptación, le ha permitido establecerse exitosamente en prácticamente todos los países donde ha sido comercializada (Camacho-Rozo, 2013), de manera que compite con otras especies de tortugas por alimento, sitios de anidación y para asolearse, así como la posibilidad de transmitir enfermedades a humanos y otras especies (MERI, 2016).

No se conoce con mucha exactitud, pero se sabe que se distribuye de forma nativa en el Valle del Mississippi desde Illinois a través de algunas zonas del este de Nuevo México en el oeste del Golfo de México, así como en el norte de Nuevo León y Tamaulipas (MERI, 2016). Sin embargo, su distribución actual abarca desde el sur de Michigan, hasta el norte de Argentina pasando por México y Venezuela, en Europa, Medio Oriente, el Archipiélago de Indonesia y el este asiático (Uetz et al., 2021).

Adicional a México, en países como Israel, Japón, República de Corea, Tailandia, Sudáfrica, Bermuda, Canadá, Estados Unidos, Bahamas, Puerto Rico, Santa Lucía, Austria, Dinamarca, Francia, Alemania, Letonia, Países Bajos, Reino Unido y Australia, se encuentra catalogada como especie invasora (MERI, 2016).

ORIGEN DEL PROBLEMA

Lamentablemente muchas personas al adquirir estos organismos a precios muy accesibles que rondan desde los \$20 a los \$200 pesos (García & Ureña, s. f.), desconocen, en la mayoría de los casos, sobre sus hábitos alimenticios, cuidados, longevidad y las tallas que llegan a alcanzar, por lo que suelen liberarlas en los cuerpos de agua más cercanos y sin darse cuenta los daños severos que pueden causar al hábitat natural.

Por otro lado, existe una tendencia pseudo ambientalista con una idea errónea de lo que es el bienestar animal, apelando muchas veces

a “sentimentalismos” y a la idea de que todo animal criado en cautiverio debe vivir en libertad, ignorando las graves consecuencias que tiene la liberación de especies exóticas al ecosistema.

DAÑO AL AMBIENTE

García & Ureña (s. f.), mencionan que en México se han reportado poblaciones o individuos de la tortuga de orejas rojas establecidos en las selvas altas y medianas perennifolias, selvas bajas perennifolias inundables, bosques mesófilos de montaña, bosques de pinos y bosques de encinares tropicales, manglares, sabanas, dunas costeras, acahuales y pastizales de las áreas naturales protegidas de Los Tuxtlas, Veracruz, Alto Golfo de California, El Pinacate, Baja California Norte y Cuatrociénegas, Coahuila. Sin embargo, es muy común en los cuerpos de agua de Xalapa como en el Paseo de los Lagos, el Parque Tecajetes y en el Parque Natura, así como en el Lago de Chapultepec, el Lago de Xochimilco y en el Canal Nacional en la Ciudad de México.

De acuerdo a Millenium Ecosystem Assessment (2005), los altos niveles de fósforo y nitrógeno son necesarios para los sistemas biológicos, no obstante los principales detonadores directos que influyen en la modificación de los regímenes hídricos son las especies invasoras y la contaminación, específicamente los altos niveles de carga de nutrientes, de tal forma que provocan una eutrofización (exceso de nutrientes) significativa en los cuerpos de agua y contribuyen a los altos niveles de nitrato en el agua potable en algunos lugares. Lindsay et al. (2013) sugiere que el efecto de las tortugas de orejas rojas en los procesos de un ecosistema acuático afecta las condiciones ambientales en estanques, y por lo tanto, potencialmente los procesos de un ecosistema, de tal forma que la reducción de la abundancia o la pérdida de tortugas nativas en los sistemas acuáticos podría tener consecuencias importantes en el funcionamiento de los ecosistemas.



Tortuga de orejas rojas *Trachemys scripta*. Individuos cerca del río Cuale, Jalisco (arriba izquierda), el Parque Tecajetes, Xalapa, Veracruz (arriba derecha; dos individuos de la derecha junto a *T. venusta*) y Canal Nacional CDMX (abajo).

LITERATURA CITADA

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.

Camacho-Rozo, C. P. 2013. Consecuencias de la comercialización de *Trachemys scripta elegans* (Wied 1838) (Quelonia: Emydidae) en Venezuela. *Revista Ciencia en Desarrollo*, 4(2): 33-38. <http://www.scielo.org.co/pdf/cide/v4n2/v4n2a05.pdf>

CONABIO. 2010. Estrategia Nacional sobre Especies Invasoras en México. 110 pp.

CONABIO. 2020. México megadiverso. Biodiversidad Mexicana. <https://www.biodiversidad.gob.mx/pais/quees>

CONABIO. 2021. ¿Por qué se pierde la biodiversidad? Biodiversidad Mexicana. <https://www.biodiversidad.gob.mx/biodiversidad/porque>

García, L. & C. Ureña. s. f. Aliens invasores a la venta: comercio de mascotas exóticas. INECOL. <http://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/bienesmuebles-inmuebles/17-ciencia-hoy/470-aliens-invasores-a-la-venta-comercio-de->

mascotas-exoticas

Lindsay, M. K., Y. Zhang, M. R. J. Forstner & H. Dittmar. 2013. Effects of the freshwater turtle *Trachemys scripta elegans* on ecosystem functioning: an approach in experimental ponds. *Amphibia-Reptilia*. 34: 75-84. DOI:10.1163/15685381-00002871.

Método de Evaluación Rápida de Invasividad (MERI) para especies exóticas en México: *Trachemys scripta elegans*. 2016. Gobierno de México. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/222304/Trachemys_scripta_elegans_A.pdf

Millennium Ecosystem Assessment (MEA). 2005. Ecosystems and human well-being. A framework for assessment. Island Press, Washington, D. C., USA. 137 pp.

SEMARNAT. 2018. PROYECTO de Modificación del Anexo Normativo III, Lista de especies en riesgo de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT- 2010, Diario Oficial de la Federación 13 de agosto de 2018.

Yáñez-Arenas, C., L. Díaz-Gamboa, A. Rodríguez-Pérez, A. Salmerón-Flores, C. Patrón-Rivero, K. López-Reyes, E. Rodríguez-Silva & A. Buenfil-Ávila. 2017. Servicios de consultoría para la elaboración de análisis de riesgo detallado para tortugas con potencial invasor en México. Unidad Académica de Yucatán, Universidad Nacional Autónoma de México; Red para la Conservación de los Anfibios y Reptiles de Yucatán. https://www.biodiversidad.gob.mx/media/1/especies/Invasoras/files/comp1/1.1.4.3_Informe_y_analisis_de_riesgo_tortugas.pdf

Uetz, P., P. Freed & J. Hošek. 2021. The Reptile Database. <<http://www.reptile-database.org>> (Acceso: octubre, 2021).



Reciclaje de orina: una ayuda más para la conservación de los anfibios

Roberto Carlos Téllez-Gutiérrez

*Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Cto. Interior Cd., Universitaria,
CP 04510, Alcaldía Coyoacán, CDMX. tellezrc_pumas10@ciencias.unam.mx*

Palabras clave: separación de orina, anfibios, contaminación por nitrógeno

Cita: Téllez-Gutiérrez, R. C. 2021. Reciclaje de orina: una ayuda más para la conservación de los anfibios. *Herpetología Mexicana*, 1: 13-18. https://www.herpetologiamexicana.org/wp-content/uploads/2021/12/HM_2021_1_13-18.pdf

INTRODUCCIÓN

Los anfibios son un grupo de vertebrados cosmopolita y diverso, sin embargo, hoy en día, atraviesan por un periodo de disminución poblacional y riesgo de extinción sin precedente (Parra et al., 2014), por lo que es importante utilizar herramientas que ayuden en su conservación, y una de ellas puede ser la utilización de los servicios ecosistémicos para priorizar estrategias de protección y promover un desarrollo sustentable (Díaz, 2019).

Los servicios ecosistémicos son definidos en la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (MEA, 2005; por sus siglas en inglés) como todos los beneficios que las poblaciones humanas obtienen de los ecosistemas. En el caso de los anfibios, Díaz et al. (2019) realizaron una recopilación de los servicios ecosistémicos reportados para este grupo en México. Respecto a los servicios de provisión, se incluye el abastecimiento de alimentos, principalmente como fuente de proteínas y medicinas tradicionales para el tratamiento de enfermedades. En los servicios culturales, los anfibios contribuyen en el enriquecimiento del vocabulario y los sistemas de clasificación de diversos grupos indígenas, también tienen un papel recreativo como fuente de inspiración para la creación de mitos, canciones y artesanías. Respecto a los servicios de regulación, se reportó principalmente el control biológico de insectos

nocivos para cultivos agrícolas, lo cual tiene una gran importancia socioeconómica debido a que las plagas de insectos causan pérdidas agrícolas e incremento de los costos de producción. Además menciona, que los anfibios al ser especies generalistas, podrían ejercer control de insectos nocivos para la salud humana.

INTERRUPCIÓN DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS PARA LA SUSTENTABILIDAD

La capacidad de proveer servicios ambientales puede verse amenazada por diversas causas como la conversión de bosques a sistemas agropecuarios, cambio climático o falta de regulación en el manejo de recursos naturales (Balvanera & Cotler, 2009). En el caso de los anfibios, Marco (2002) reporta que diversas sustancias relacionadas con la agricultura convencional y la industria contaminan hábitats acuáticos y podrían afectar los servicios que los anfibios prestan.

La adición artificial de nitrógeno en la naturaleza actualmente es considerado un cambio ambiental global con consecuencias imprevisibles, donde los anfibios son de los grupos de vertebrados que podrían verse más afectados por su incapacidad de recolonización debido a restricciones fisiológicas, relativa baja movilidad y la filopatía (quedarse en el lugar

donde nacen o regresar a donde nacieron), lo que los hace susceptibles a extinciones locales (Marco, 2002).

EL CASO DE LA ORINA

Las principales fuentes de nitrógeno son fertilizantes químicos (nitrato, amoníaco y urea), residuos agrícolas y ganaderos (amoníaco y nitrito) y aguas residuales (amoníaco y nitrito). Enfocándonos solo en el amoníaco de aguas residuales, este es proveniente principalmente de la orina, en la cual la urea en contacto con el agua pasa por hidrólisis a transformarse en amoníaco (Lahr, 2016). Se ha reportado que el amoníaco puede ser más tóxico que el nitrato en embriones y larvas de rana (Marco, 2002). A pesar de que en los embriones la gelatina de las puestas podría proteger de contaminantes externos, estas podrían ser permeables al amoníaco. Oldham et al. (1997) comprobaron que, tras la fertilización de campos agrícolas con nitrato de amonio, la rana Rana temporaria que pasa por los campos puede sufrir intoxicaciones. Estos fertilizantes podrían provocar un estrés osmótico o bien tener un efecto tóxico directo provocado por el amoníaco.

La Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA, 1986) señala que el amoníaco (NH₃) y no el amonio (NH₄⁺) es la forma más tóxica. Señala que concentraciones relativamente bajas pueden causar intoxicaciones agudas en algunos organismos. En el caso de anfibios el amoníaco puede entrar a través de la piel y los pulmones causando convulsiones, coma y muerte (Marco et al., 2001).

Incluso si la urea no se transforma en amoníaco, por sí sola puede tener repercusiones en anfibios. En Estados Unidos y otras regiones en el mundo es común la práctica de fertilizar bosques forestales con urea granular, este es un fertilizante de liberación más lenta, por lo que permanece mayor tiempo en el sustrato. Marco

et al. (2001) mostró los efectos tóxicos que tiene la urea en salamandras terrestres de bosques de Estados Unidos. En este sentido, es importante considerar las afectaciones que pueden tener estos compuestos en países megadiversos como México, donde los anfibios ocupan el 5to. lugar mundial (CONABIO, Díaz, 2019) con 417 especies (Herpetología Mexicana, 2021).

SOLUCIONES

Una plausible solución a esta contaminación por nutrientes tanto en los campos agrícolas como en los cuerpos de agua se da a partir de un enfoque de economía circular, en el cual los recursos sean reciclados y reusados (El-Nakhel, 2021). En este sentido entra en consideración la recuperación de nutrientes de los residuos humanos como las heces y la orina. La orina es un líquido de desecho del cuerpo que contiene 95% de agua y el resto es urea, creatinina, cationes (Na⁺, K⁺, NH₄⁺, Ca²⁺), aniones (Cl⁻, SO₄²⁻, PO₄²⁻ y HCO₃⁻) y otros compuestos orgánicos. En un año, un adulto excreta 4.0 Kg de nitrógeno, 0.4 Kg de fósforo y 0.9 Kg de potasio, solo a través de la orina (Dutta & Vinneras, 2016). Al reciclar estos nutrientes se reduce la extracción de recursos mineros para la elaboración de fertilizantes sintéticos que utilizan fósforo y potasio, además la recuperación del nitrógeno se puede realizar con menores costos energéticos que los actuales procesos de elaboración de fertilizantes nitrogenados. También se evita la recarga de nutrientes en aguas residuales, disminuyendo el trabajo de las plantas de tratamiento de aguas (El-Nakhel, 2021).

La separación de la orina de otras aguas residuales puede llevarse a cabo con la utilización de baños secos (Figura 1). Existen diversos tipos de baños secos disponibles comercialmente, entre los que se encuentran los baños secos con desviación de orina conocidos como Urine-Diversion Dry Toilet o UDDT (Larsen et al., 2021). El UDDT tiene dos compartimentos, uno para la orina y otro

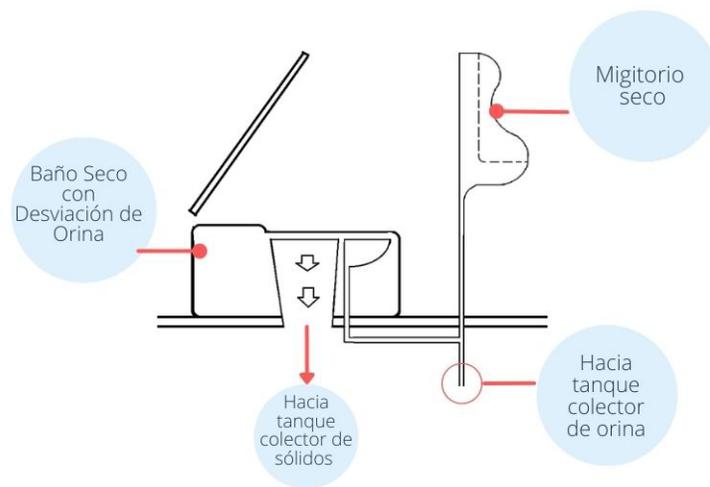


Figura 1. Diagrama de un baño seco con desviación de orina basado en García et al. (2021).

para las heces. La orina fluye a través de una tubería separada hasta un tanque de almacenamiento, estos tanques son periódicamente vaciados. Esta orina almacenada puede aplicarse directamente o diluida en los cultivos de manera similar a los fertilizantes convencionales (El-Nakhel, 2021). Un ejemplo es el llevado a cabo en Durban, Sudáfrica, donde se instalaron cerca de 80 000 baños secos con desviación de orina para su colecta y utilización como fertilizante (Bischel et al., 2015). Simha et al. (2021) también mencionan la eficacia de la orina como fertilizante.

Los patógenos que puedan encontrarse en la orina mueren si esta es almacenada varios meses (Nagy et al., 2019). En orina fresca, el nitrógeno se encuentra principalmente como urea (85%). Cuando la orina es almacenada, la urea se hidroliza en amoníaco con la ayuda de la enzima ureasa proveniente de bacterias, esta transformación causa un incremento de pH de 6 (cuando sale del cuerpo) a mayor a 9 después de un día o pocas semanas a temperatura ambiente. En este punto, el amoníaco se concentra. La forma no protonada del amoníaco (NH₃), es biocida (que mata organismos). Este ambiente químico funciona como saneamiento

de la orina almacenada separada de origen (Lahr et al., 2016), por lo que puede ser utilizada como remplazo o para disminuir la cantidad de fertilizantes sintéticos utilizados en los campos agrícolas, los cuales por escorrentía terminan en zonas susceptibles para la reproducción de anfibios (Marco, 2002).

El reciclaje de la orina podría ayudar a disminuir los niveles de nitrógeno en las aguas residuales. Dutta & Vinneras (2016) mencionan que a pesar de que la orina corresponde solo al 1% de las aguas domésticas residuales, es su principal fuente de nutrientes como el nitrógeno, el fósforo y el potasio, mismos que son utilizados en la agricultura. Por lo tanto, podemos pensar que el reciclaje de orina también podría ayudar a disminuir la urea y el amoníaco en las aguas residuales, que muchas veces entran en contacto con los hábitats de los anfibios (Figura 2).

Sin embargo, en este escenario surge la necesidad de realizar estudios de las posibles afectaciones que la aplicación de la orina tratada a campos agrícolas, pueda tener en diferentes especies de anfibios, debido a que finalmente

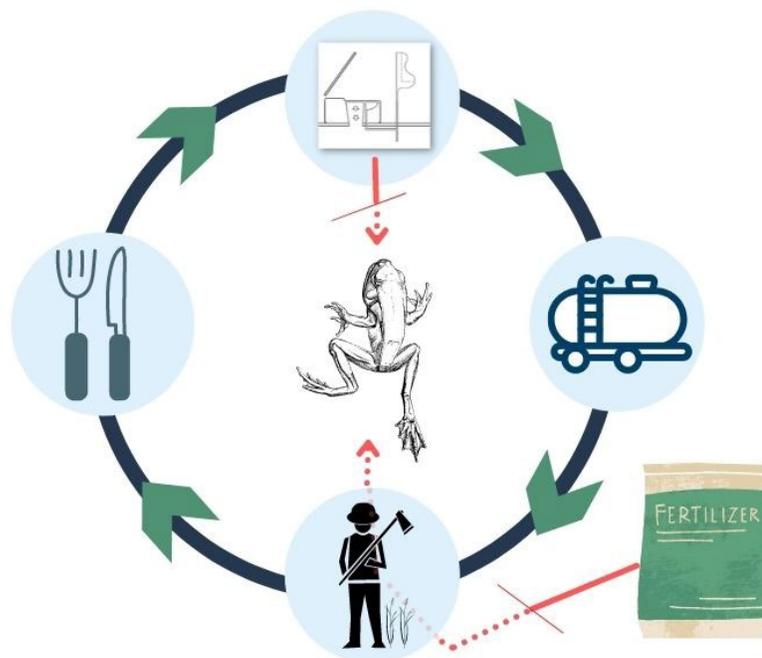


Figura 2. Diagrama mostrando el cierre del ciclo de nutrientes, iniciando por la captación de orina, seguida de su tratamiento y almacenaje, su utilización para la producción de cultivos y finalizando con el consumo de estos cultivos, reduciendo así los daños que la orina junto con los fertilizantes sintéticos ocasionan a los anfibios.

podrían entrar en contacto con compuestos como la urea y el amoníaco.

Tidaker et al. (2007) hacen una evaluación de cómo la utilización de orina puede tener múltiples beneficios ambientales como el uso de energía, el cambio climático, la acidificación y eutrofización con un sistema de captación y deposición de orina bien diseñado, incluyendo estrategias de fertilización, tiempos de aplicación óptimos y una correcta sustitución de fertilizantes minerales. Por lo que quizá, siguiendo los correctos lineamientos de aplicación, podría reducirse el contacto de los anfibios con estos compuestos y darse la oportunidad de realizar trabajos que valoren este tipo de posibilidades.

La conservación de un grupo de seres vivos tan importante para nuestro bienestar como

los anfibios, está respaldada por los servicios ecosistémicos que brindan a los seres humanos, además del valor intrínseco que poseen por el solo hecho de habitar este planeta. Por lo que es necesario implementar cualquier tipo de acción que contrarreste su actual disminución poblacional y desde diferentes perspectivas.

LITERATURA CITADA

Balvanera, P. & H. Cotler. 2009. Estado y tendencias de los servicios ecosistémicos. In: Capital Natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. Pp. 185-245, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.

Bischel, H., B. Ozel-Duygan, L. Strande, C.

- McArdell, K. Udert & T. Kohn. 2015. Pathogens and pharmaceuticals in source-separated urine in eThekweni, South Africa. *Water Research*, 85: 57-65.
- CONABIO. 2020. México megadiverso. Biodiversidad Mexicana. <https://www.biodiversidad.gob.mx/pais/quees>
- Díaz, J., M. Oropeza & J. Aguilar. 2019. Servicios ecosistémicos de los anfibios en México: un análisis de diversidad, distribución y conservación. *Revista Etnobiología*, 17(1): 49-60.
- Dutta, S. & B. Vinneras. 2016. Fertilizer from dried human urine added to ash and lime – a potential product from eco-sanitation system. *Water Science & Technology*, 74(6): 1436-1445.
- El-Nakhel, C., D. Geelen, J. De Paepe, P. Clauwaert, S. De Pascale & Y. Roupael. 2021. An Appraisal of Urine Derivatives Integrated in the Nitrogen and Phosphorus Inputs of a Lettuce Soilless Cultivation System. *Sustainability*, 13: 4218. <https://doi.org/10.3390/su13084218>
- Environmental Protection Agency (EPA). 1986. Quality criteria for water. US Environmental Protection Agency, EPA 440/5-86-001, Washington, DC.
- García, F., M. Cohen & J. Pérez. 2021. The Socio-technical Adoption of Dry Toilets at a Public University in Mexico City (prototype). *Sociedad y Ambiente*, 24: 1-29.
- Herpetología Mexicana. 2021. Inventario de la Herpetofauna de México. <https://herpetologiamexicana.org/> Acceso [noviembre, 2021]
- Lahr, R., H. Goetsch, S. Haig, A. Noe-Hays, N. Love, D. Aga, C. Bott, B. Foxman, J. Jimenez, T. Luo, K. Nace, K. Ramadugu & K. Wigginton. 2016. Urine Bacterial Community Convergence through Fertilizer Production: Storage, Pasteurization, and Struvite Precipitation. *Environmental Science & Technology*, 50: 11619-11626.
- Larsen, T., H. Gruendl & C. Binz. 2021. The potential contribution of urine source separation to the SDG agenda – a review of the progress so far and future development options. *Environmental Science: Water Research & Technology*, 7(7): 1161-1176.
- Millennium Ecosystem Assessment, 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press, Washington, DC. 137 pp.
- Marco, A., D. Cash, L. Belden & A. Blaustein. 2001. Sensitivity to urea fertilization in three amphibian species. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 40: 406-409.
- Marco, A. 2002. Contaminación global por nitrógeno y declive de anfibios. *Revista Española de Herpetología*, 16: 5-17.
- Nagy, J., A. Mikola, S. Pradhan & A. Zseni. 2019. The Utilization of Struvite Produced from Human Urine in Agriculture as a Natural Fertilizer: A Review. *Periodica Polytechnica Chemical Engineering*, 63(3): 478-484. <https://doi.org/10.3311/PPch.12689>
- Oldham, R., D. Lathan, D. Hilt-Brown, M. Towns, A. Cooke & A. Burn. 1997. The effect of ammonium nitrate fertilizer on frog (*Rana temporaria*) survival. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 61: 69-74.
- Parra, G., O. Flores & C. Mendoza. 2014. Biodiversidad de Anfibios en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85: 460-466.
- Simha, P., M. Barton, L. Perez-Mercado, J. McConville, C. Lalander, M. Magri, S. Dutta, H.

Kabir, A. Selvakumar, X. Zhou, T. Martin, T. Kizos, R. Kataki, Y. Gerchman, R. Herscu-Kluska, D. Alrousan, E. Goh, D. Elenciuc, A. Glowacka, L. Korculanin, R. Tzeng, S. Ray, C. Niwagaba, C. Prouty, J. Mihelcic & B. Vinneras. 2021. Willingness among food consumers to recycle human urine as crop fertiliser: Evidence from a multinational survey. *Science of the Total Environment*, 765(144438). <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144438>

Tidaker, P., B. Mattson & H. Jonsson. 2007. Environmental impact of wheat production using human urine and mineral fertilisers – a scenario study. *Journal of Cleaner Production*, 15: 57-62.



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-ciempies	R: controladora de pequeños insectos, arañas y ciempiés. 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

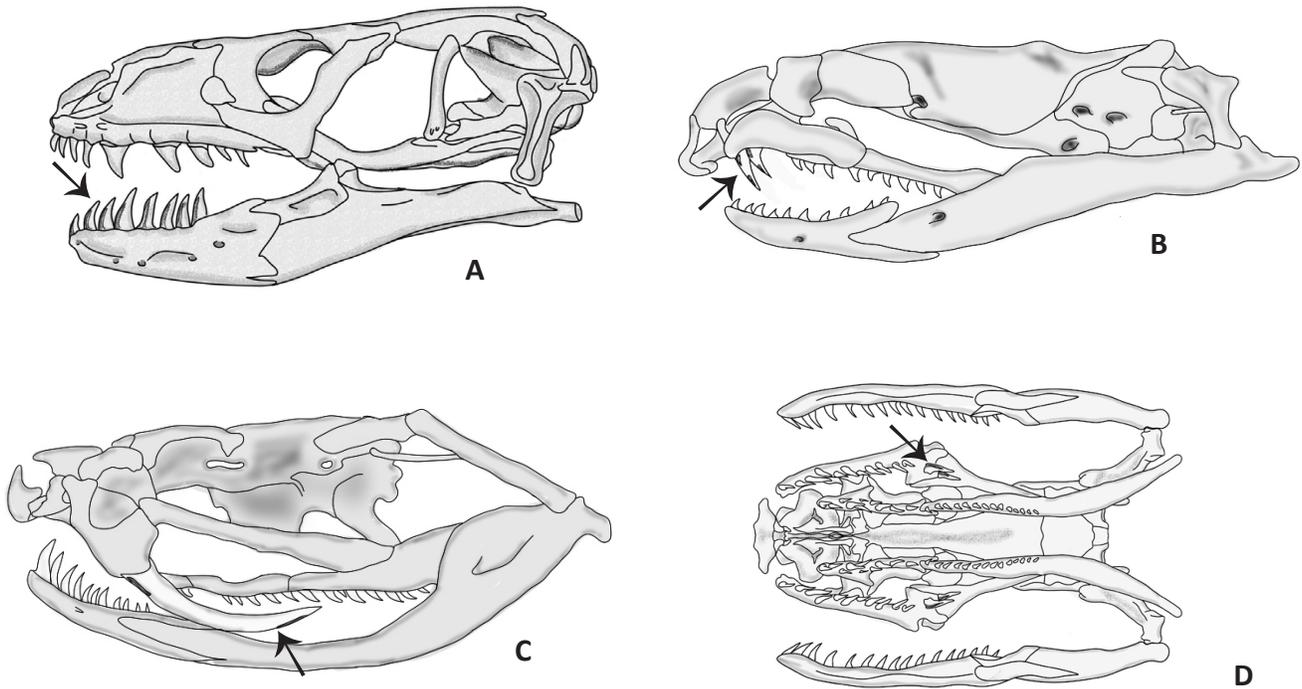


Figura 2. Representación esquemática de los tipos de dentición en reptiles que desarrollan venenos: dientes mandibulares acanalados en cráneo con vista lateral de *Heloderma horridum* (A); Proteroglifa (B) y Solenoglifa (C) cráneos con vista lateral en serpientes venenosas (coralillos y serpientes marinas [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 toxica (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 quimiorrepción 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. *Herpetófilos*, 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 Helotermina (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.



Plataforma para el Inventario de la Herpetofauna de México

Adriana González-Hernández¹, Leonardo Fernández-Badillo²,
Carlos Jesús Balderas-Valdivia³ & Adrian Leyte-Manrique⁴

¹Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Circuito interior Cd. Universitaria, CP 04510, Coyoacán, CDMX, México. abronia@ciencias.unam.mx

²Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, km. 4,5 carretera Pachuca-Tulancingo, Mineral de la Reforma, Hidalgo, México. fernandezbadillo80@gmail.com

³Biodiversidad y Conservación de la Naturaleza, Dirección General de Divulgación de la Ciencia, Universidad Nacional Autónoma de México, Zona Cultural, Cd. Universitaria, CP 04510, Coyoacán, CDMX, México. cjbv@unam.mx

⁴Tecnológico Nacional de México, Campus Salvatierra (ITESS). Manuel Gómez Morín No. 300, Janicho, Salvatierra, Guanajuato, México. C.P. 38900. aleyteman@gmail.com

Palabras clave: biodiversidad, anfibios, reptiles, inventarios

RESUMEN. En esta reseña se presenta una nueva plataforma de acceso libre que contiene el Inventario de la Herpetofauna de México, el primer espacio virtual en México y en el que Herpetología Mexicana publica una lista completa de especies para contribuir al conocimiento, estudio, conservación y divulgación de los comúnmente conocidos “anfibios y reptiles”. Su formato es accesible y descargable, tanto para usuarios especializados y no especializados, y se actualiza inmediatamente después de la aparición de estudios que modifican la biodiversidad herpetofaunística del país. La cuantificación de especies en el inventario, permite entre otros aspectos, destacar, reafirmar y comparar con cifras de otras referencias que, México no sólo es uno de los países más biodiversos en Herpetofauna, sino que, además, es la nación más rica en especies de salamandras mesoamericanas y en serpientes del planeta.

Cita: González-Hernández, A. J. X., L. Fernández-Badillo, C. J. Balderas-Valdivia & A. Leyte-Manrique. 2021. Plataforma para el inventario de la herpetofauna de México. *Herpetología Mexicana*, 1: 39-47. https://www.herpetologiamexicana.org/wp-content/uploads/2022/01/HM_2021_1_39-47.pdf

INTRODUCCIÓN

Los inventarios biológicos son la base del conocimiento de la riqueza biológica de una región o país (Dirzo & Raven, 1994), a partir de ellos se realizan diversos análisis y comparaciones para la toma de decisiones, el desarrollo de investigaciones futuras y la conservación, por lo que resulta imprescindible que dicha información esté fácilmente disponible y al alcance de quien lo requiera. En este sentido, el Inventario de la Herpetofauna de México de Herpetología Mexicana (HM, 2021) surgió como una publicación de Acceso Libre que no solamente esté pensada en usuarios especializados, sino también en un público amplio, de ahí que la

plataforma incorpore algunas definiciones al público general y entusiasta. En el inventario se utilizan los nombres científicos de taxones (grupos biológicos) como Amphibia (anfibios), Lissamphibia (anfibios modernos), Anura (ranas) Caudata (salamandras), Gymnophiona (cecidias), Reptilia (reptiles), Testudines (tortugas), Squamata (lagartijas y serpientes), Crocodylia (cocodrilos), entre los principales, pero sin asignarles categoría o rango (clase, subclase, orden, suborden, etc.). Al respecto, entendemos que el uso de categorías taxonómicas del sistema linneano (de Carlos Linneo siglo XVIII) está en discusión, por lo que para muchos taxónomos modernos (que estudian la clasificación de los seres vivos) son prescindibles por encima del género, sin embargo, el rango

familia, aquí si se usa debido a que todavía aparece en muchos trabajos por razones prácticas y para mantener una agrupación más comprensible de la biodiversidad.

LA FORMACIÓN DEL INVENTARIO

El número de especies y los criterios taxonómicos del Inventario de la Herpetofauna de México no se ha construido con base en una sola fuente, se ha elaborado con la revisión de varios estudios previos que han propuesto listas parciales o completas de la herpetofauna de México, por ejemplo, Liner (2007), Liner & Casas-Andreu (2008), Wilson et al. (2010; 2013a y b), Heimes (2016), Crother (2017), Reséndiz-López et al. (2021); al final se han revisado las bases de datos del SNIB (Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad) de la CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad) y del Fondo Global de Información sobre Biodiversidad (GBIF, por sus siglas en inglés); y por último, se han rastreado las nuevas publicaciones de especies descritas (p. e. Cuadro 1) en buscadores, bases de datos y librerías electrónicas.

Anticipadamente se han tomado en cuenta las constantes modificaciones a la clasificación y nombres de las especies de anfibios y reptiles, por ejemplo, como en el caso de los géneros de serpientes *Chilomeniscus* y *Chionactis* reasignados al género *Sonora* por Cox et al. (2018), o bien las respectivas adecuaciones sobre la sintaxis y enmiendas recomendadas de los nombres, tal como sucede con *Aspidoscelis*, en el que Tucker et al. (2016) sugiere que el género sea usado como masculino sobre los epítetos (nombres específicos) cuando corresponda. Con la finalidad de aportar mayor certeza de las especies incluidas en el listado, se ha considerado solo a aquellas especies que cuentan con toda la evidencia de su presencia en México, como son ejemplares o fotografías adecuadamente depositados en

colecciones científicas asociadas a la información de localidades de recolecta, o bien de registros corroborados de bases de datos en línea, tal como recomiendan Reyes-Velasco & Ramírez-Chaparro (2020). Por lo anterior, se omiten registros como el de la serpiente marina *Laticauda colubrina* referida por Wilson et al. (2013b), de la cual no existe evidencia por el momento que permita considerar como válida su presencia en México, así como avistamientos personales o especies de probable presencia. También son excluidas las especies introducidas que se reportan para México.

CAMBIOS Y ACTUALIZACIÓN

Los cambios en el conocimiento de la herpetofauna de México se siguen dando constantemente y de manera importante, por ejemplo, en el año 2020 (Cuadro 1) vemos el cambio taxonómico de la ranita de cristal *Hyalinobatrachium fleischmanni* a *H. viridissimum* (Mendoza-Henao et al., 2020), la reducción de especies del complejo de serpientes falso coralillo *Lampropeltis triangulum* (Chambers & Hillis, 2020) y de serpientes de coral *Micrurus* (Reyes-Velasco et al., 2020), 16 nuevas especies descritas (ver el Inventario de la Herpetofauna de México en HM), especies revalidadas como en las culebras del género *Oxybelis* (Jadin et al., 2020), subespecies elevadas a especie, así como la delimitación y descripción de nuevas especies de lagartijas *Marisora* (McCranie et al., 2020), entre otros.

De la misma manera, en el año 2021, se registraron cambios importantes, en los que se describieron otras 12 especies de anfibios y reptiles, a la biodiversidad del país y otras más que se elevaron a especie, mientras que a nivel de género, se propuso sinonimizar las lagartijas *Mesaspis* (Gutiérrez-Rodríguez et al., 2021). Más ejemplos consisten en que se revalidó la culebrita *Geophis fuscus* (Grünwald et al., 2021) y se nombró el nuevo género de lagartijas *Desertum* (Blair et al., 2021), entre otros cambios (Cuadro 1). Así, el inventario,

Cuadro 1. Algunas modificaciones recientes a la biodiversidad herpetofaunística de México.

AÑO	Nuevas especies descritas	Otros cambios taxonómicos
2020	<p><i>Abronia morenica</i> (Clause et al., 2020). <i>Bolitoglossa coaxtlahuacana</i> (Palacios-Aguilar, et al., 2020). <i>Chiropterotriton casasi</i>, <i>C. ceronorum</i>, <i>C. melipona</i>, <i>C. perotensis</i> y <i>C. totonacus</i> (Parra-Olea et al., 2020). <i>Crotalus ehecatl</i> y <i>C. miclantecuhli</i> (Carbajal-Márquez et al., 2020). <i>Eleutherodactylus erythrochomus</i> (Palacios-Aguilar & Santos-Bibiano, 2020). <i>Kinosternon cora</i> (Loc-Barragán et al., 2020). <i>Marisora aquilonaria</i>, <i>M. lineola</i> y <i>M. syntoma</i> (McCranie et al., 2020). <i>Sarcohylla floresi</i> (Kaplan et al., 2020). <i>Pseudoeurycea granitum</i> (García-Bañuelos et al., 2020).</p>	<p><i>Coniophanes</i> (Palacios-Aguilar & Flores-Villela, 2020). <i>Hyalinobatrachium</i> (Mendoza-Henao et al., 2020). <i>Lampropeltis</i> (Chambers & Hillis, 2020). <i>Micrurus</i> (Reyes-Velasco et al., 2020). <i>Oxybelis</i> (Jadin et al., (2020). <i>Rhadinaea</i> (Palacios-Aguilar & García-Vázquez, 2020). <i>Sonora</i> (Navarro-Tiznado et al., 2020). <i>Xantusia</i> (Bezy et al., 2020).</p>
2021	<p><i>Eleutherodactylus sentinelus</i> y <i>E. maculabialis</i> (Grünwald et al., 2021b). <i>Geophis cansecoi</i> (Grünwald et al., 2021a). <i>Lepidophyma lusca</i> (Arenas-Moreno et al., 2021). <i>Lepidophyma ramirezi</i> (Lara-Tufiño & Nieto-Montes de Oca et al., 2021). <i>Metlapilcoatlus borealis</i> (Tepos-Ramírez et al., 2021). <i>Phyllodactylus cleofasensis</i> (Ramírez-Reyes et al., 2021a). <i>Plestiodon longiartus</i> (García-Vázquez et al., 2021). <i>Sceloporus dixonii</i> y <i>S. hesperus</i> (Bryson et al., 2021). <i>Tropidodipsas papavericola</i> y <i>T. tricolor</i> (Grünwald et al., 2021c).</p>	<p><i>Desertum</i> (Blair et al., 2021). <i>Eleutherodactylus</i> (Grünwald et al., 2021b). <i>Geophis</i> (Grünwald et al., 2021a, c). <i>Mesaspis</i> (Gutiérrez-Rodríguez et al., 2021). <i>Phyllodactylus</i> (Ramírez-Reyes et al., 2021b). <i>Salvadora</i> (Hernández-Jiménez et al., 2021). <i>Siderolamprus</i> (Schools & Hedges, 2021). <i>Sceloporus</i> (Campillo-García et al., 2021). <i>Tropidodipsas</i> (Grünwald et al., 2021c).</p>

debe mantenerse en actualización constante, lo que requiere de la participación de muchos especialistas, logrando presentarse a través de una plataforma electrónica que permite la edición y actualización permanente, y en la que los usuarios pueden remitir sugerencias y correcciones con la finalidad de mejorar el trabajo para mantener un listado confiable y actualizado de la herpetofauna mexicana.

BIODIVERSIDAD

El número de especies herpetofaunísticas registradas para México cambia constantemente

por los nuevos descubrimientos de la ciencia, mientras tanto, se registran por el momento aproximadamente 1,389 especies (871 endémicas), de las cuales 420 son anfibios (291 endémicas) y 969 son reptiles (579 endémicas). Para el caso de los anfibios, las familias más diversas son las salamandras sin pulmones (Plethodontidae) con 139 especies, seguida de las ranas arborícolas Hylidae con 100, y los géneros más diversos son las ranitas de hojarasca *Craugastor* con 40 especies y las salamandritas *Pseudoeurycea* con 39. En lo que respecta a los reptiles, las familias más diversas son serpientes de la familia Colubridae con 148 especies y lagartijas espinosas Phrynosomatidae

con 147, y los géneros con mayor número de especies son lagartijas de *Sceloporus* y *Anolis*, con 100 y 54, respectivamente.

DATOS MUNDIALES IMPORTANTES

Con cifras numéricas actualizadas, el inventario facilita destacar aspectos muy importantes, entre ellos, que México es el país que tiene la mayor cantidad de especies de salamandras en mesoamérica (García-Padilla et al., 2020), con 160 especies registradas hasta el momento, y donde los géneros *Plethodontidae* y *Ambystomatidae* contienen a la mayoría de las especies (139 y 18 especies, respectivamente).

Resalta que México también es el país con la mayor diversidad de serpientes en el mundo (Midtgaard, 2021), con un total de 438 especies, y en las que se incluyen también la mayor diversidad mundial de vipéridos (74 especies); es decir, la mayor cantidad de especies venenosas de América (Campbell & Lamar, 2004) y la mayor diversidad de especies de serpientes de cascabel del género *Crotalus* (Ávila-Villegas, 2017; SEMARNAT, 2018).

Finalmente, esta gran riqueza biológica, no solo es una cuestión de records mundiales, sino que tiene un impacto positivo en el bienestar de la sociedad humana a nivel ambiental, económico, social y cultural. Por ejemplo, las serpientes venenosas y otros reptiles, dan servicios ecosistémicos únicos e incomparables, como la regulación de poblaciones o plagas de roedores y otros animales, sus venenos son una fuente de compuestos químicos para la elaboración de medicamentos, son especies bioindicadoras que nos advierten del estado de salud de los bosques, dan soporte a los ecosistemas al formar parte de las redes alimenticias incorporando y reciclando la biomasa, algunas especies pueden además participar en la dispersión de semillas al alimentarse de presas granívoras, sus especies proveen de belleza escénica a sus hábitats, tanto

que algunas especies son emblemáticas de varias regiones, y en la cultura son quizá los elementos más destacados en toda Mesoamérica y desde tiempos prehispánicos, tanto, que en casi todos los vestigios arqueológicos las podemos ver, incluso han trascendido como parte de nuestra identidad al formar parte de los símbolos patrios como el escudo nacional mexicano (Rubio-Godoy, 2003; Neri-Castro et al., 2020; Balderas-Valdivia et al., 2021; Fernández-Badillo et al., 2020).

LITERATURA CITADA

- Arenas-Moreno, D. M., F. J. Muñoz-Nolasco, A. Bautista-Del Moral, L. A. Rodríguez-Miranda, S. F. Domínguez-Guerrero & F. R. Méndez-De La Cruz. 2021. A new species of *Lepidophyma* (Squamata: Xantusiidae) from San Luis Potosí, México, with notes on its physiological ecology. *Zootaxa*, 4949 (1): 115-130. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4949.1.6>
- 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., 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/2022/01/HM_2021_1_39-47.pdf
- Bezy, R. L., D. H. Leavitt, M. D. Robinson & K. Bolles. 2020. Biogeography of night lizards (*Xantusia*) in Arizona. *Sonoran Herpetologist*, 33 (2): 28-40.
- Blair, C., R. W. Bryson Jr, U. O. García-Vázquez, A. Nieto-Montes De Oca, D. Lazcano, J. E. McCormack & J. Klicka. 2021. Phylogenomics of alligator lizards elucidate diversification patterns

- across the Mexican Transition Zone and support the recognition of a new genus. *Biological Journal of the Linnean Society*, 135 (1): 25–39. <https://doi.org/10.1093/biolinnean/blab139>
- Bryson, R. W Jr., J. A. Grummer, E. M. Connors, J. Tirpak, J. E. McCormack & J. Klicka. 2021. Cryptic diversity across the Trans-Mexican Volcanic Belt of Mexico in the montane bunchgrass lizard *Sceloporus subniger* (Squamata: Phrynosomatidae). *Zootaxa*, 4963 (2): 335-353. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4963.2.5>
- Campillo-García, G., O. Flores-Villela, B. O. Butler, J. A. Velasco-Vinasco & F. Ramírez-Corona. 2021. Hidden diversity within a polytypic species: The enigmatic *Sceloporus torquatus* Wiegmann, 1828 (Reptilia, Squamata, Phrynosomatidae). *Vertebrate Zoology*, 71: 781-798. <https://doi.org/10.3897/vz.71.e71995>
- Campbell, J. A. & W. W. Lamar. 2004. The venomous reptiles of the Western Hemisphere. Vols. 1-2. Comstock, Ithaca, New York.
- Carbajal-Márquez, R. A., J. R. Cedeño-Vázquez, A. Martínez-Arce, E. Neri-Castro & S. C. Machkour-M'Rabet. 2020. Accessing cryptic diversity in neotropical rattlesnakes (Serpentes: Viperidae: *Crotalus*) with the description of two new species. *Zootaxa*, 4729 (4): 451–481. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4729.4.1>
- Chambers, E. A & D. M. Hillis. 2020. The Multispecies Coalescent over-splits species in the case of geographically widespread taxa. *Systematic Biology*, 69(1): 184-193. <https://doi.org/10.1093/sysbio/syz042>
- Clause, A. G., R. Luna-Reyes & A. Nieto-Montes De Oca. 2020. A New Species of *Abronia* (Squamata: Anguillidae) from a protected area in Chiapas, Mexico. *Herpetologica*, 76(3): 330-343. <https://doi.org/10.1655/Herpetologica-D-19-00047>
- Cox, C. L., A. R. Davis Rabosky, I. A. Holmes, J. Reyes-Velasco, C. E. Roelke, E. N. Smith, O. Flores-Villela, J. A. McGuire & J. A. Campbell. 2018. Synopsis and taxonomic revision of three genera in the snake tribe Sonorini. *Journal of Natural History*, 52(13-16): 945-988. <https://doi.org/10.1080/00222933.2018.1449912>
- Crother, B. I. (ed.). 2017. Scientific and standard english names of amphibians and reptiles of North America north of Mexico, with comments regarding confidence in our understanding. Eighth Edition. *Herpetological Circular*, 43: 1-102. <https://ssarherps.org/wp-content/uploads/2017/10/8th-Ed-2017-Scientific-and-Standard-English-Names.pdf>
- Dirzo, R. & P. H. Raven. 1994. Un inventario biológico para México. *Botánica*, 55: 29-34.
- 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.
- García-Bañuelos, P., J. L. Aguilar-López, A. Kelly-Hernandez, V. Vásquez-Cruz, E. Pineda-Arredondo & S. M. Rovito. 2020. A new species of *Pseudoeurycea* (Amphibia: Caudata) from the mountains of central Veracruz, Mexico. *Journal of Herpetology*, 54: 258-267. <https://doi.org/10.1670/19-052>
- García-Padilla E., D. L. DeSantis, A. Rocha, V. Mata-Silva, J. D. Johnson, L. Allison, D. Lazcano & L. D. Wilson. 2020. Mesoamerican salamanders (Amphibia: Caudata) as a conservation focal group. *Biología y Sociedad*, 7: 43-87.
- García-Padilla E., D. L. DeSantis, A. Rocha, V. Mata-Silva, J. D. Johnson & L. D. Wilson. 2020. Conserving the mesoamerican herpetofauna: the

most critical case of the priority level one endemic species. *Amphibian & Reptile Conservation*, 14(2) [General Section]: 73–132 (e240).

García-Vázquez, U. O., C. J. Pavón-Vázquez, M. Feria-Ortiz & A. Nieto-Montes de Oca. 2021. A new species of blue-tailed skink (Scincidae: *Plestiodon*) from the Sierra Madre del Sur, Mexico, *Herpetologica*, 77(1): 85-93. <https://doi.org/10.1655/0018-0831-77.1.85>

GBIF (Global Biodiversity Information Facility). www.gbif.org

Grünwald, C. I., I. T. Ahumada-Carrillo, A. J. Grünwald, C. E. Montaña-Ruvalcaba & U. O. García-Vázquez. 2021a. A new species of *Geophis* (Dipsadidae) from Veracruz, Mexico, with comments on the validity of related taxa. *Amphibian & Reptile Conservation*, 15(2) [Taxonomy Section]: 289–310 (e294).

Grünwald C. I., J. Reyes-Velasco, H. Franz-Chávez, K. L. Morales-Flores, I. T. Ahumada-Carrillo, C. M. Rodríguez & J. M. Jones. 2021b. Two new species of *Eleutherodactylus* (Anura: Eleutherodactylidae) from southern Mexico, with comments on the taxonomy of related species and their advertisement calls. *Amphibian & Reptile Conservation*, 15(1) [Taxonomy Section]: 1-35 (e272).

Grünwald C. I., S. Toribio-Jiménez, C. Montaña-Ruvalcaba, H. Franz-Chávez, M. A. Peñaloza-Montaña, E. Y. Barrera-Nava, J. M. Jones, C. M. Rodríguez, I. M. Hughes, J. L. Strickland & J. Reyes-Velasco. 2021c. Two new species of snail-eating snakes of the genus *Tropidodipsas* (Serpentes, Dipsadidae) from southern Mexico, with notes on related species. *Herpetozoa*, 34: 233-257. <https://doi.org/10.3897/herpetozoa.34.e69176>

Gutiérrez-Rodríguez, J., A. Zaldívar-Riverón, I. Solano-Zavaleta, J. A. Campbell, R. N. Meza-Lázaro,

O. Flores-Villela & A. Nieto-Montes de Oca. 2021. Phylogenomics of the mesoamerican alligator-lizard genera *Abronia* and *Mesaspis* (Anguillidae: Gerrhonotinae) reveals multiple independent clades of arboreal and terrestrial species. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 154: 106963. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2020.106963>

Heimes, P. 2016. *Herpetofauna Mexicana Vol. 1. Snakes of Mexico*. Edition Chimaira. Germany. 558 pp.

Hernández-Jiménez, C. A., O. Flores-Villela, A. Aguilar-Bremauntz & J. A. Campbell. 2021. Phylogenetic relationships based on morphological data and taxonomy of the genus *Salvadora* Baird & Girard, 1853 (Reptilia, Colubridae). *European Journal of Taxonomy*, 764: 85-118. <https://doi.org/10.5852/ejt.2021.764.1473>

Herpetología Mexicana. 2021. Inventario de la Herpetofauna de México. <https://herpetologiamexicana.org/inventario-de-especies/>

Jadin, R. C., C. Blair, S. A. Orlofske, M. J. Jowers, G. A. Rivas, L. J. Vitt & J. M. Ray. 2020. Not withering on the evolutionary vine: systematic revision of the Brown Vine Snake (Reptilia: Squamata: *Oxybelis*) from its northern distribution. *Organisms Diversity & Evolution*, 20: 723-746. <https://doi.org/10.1007/s13127-020-00461-0>

Kaplan, M., P. Heimes & R. Aguilar. 2020. A new species of *Sarcohyala* (Anura: Hylidae: Hylini) from the Sierra Madre del Sur of Guerrero and Estado de México, México. *Zootaxa*, 4743: 382-390. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4743.3.5>

Lara-Tufiño, J. D. & A. Nieto-Montes de Oca. 2021. A new species of night lizard of the genus *Lepidophyma* (Xantusiidae) from southern Mexico. *Herpetologica*, 77(4): 320-334. <https://doi.org/10.1655/Herpetologica-D-21-00019.1>

- Liner, E. A. 2007. A checklist of the amphibians and reptiles of Mexico. Occasional Paper of the Museum of Natural Science, Louisiana State University, 80: 1-60.
- Liner, E. A. & G. Casas-Andreu. 2008. Standard spanish, english and scientific names of the amphibians and reptiles of Mexico. 2nd. Edition. Society for the Study of Amphibians and Reptiles. Herpetological Circular No. 38, 162 pp.
- Loc-Barragán, J. A., J. Reyes-Velasco, G. A. Woolrich-Piña, C. I. Grünwald, M. Venegas De Anaya, J. A. Rangel-Mendoza & M. A. López-Luna. 2020. A new species of mud turtle of genus *Kinosternon* (Testudines: Kinosternidae) from the Pacific Coastal Plain of northwestern Mexico. *Zootaxa*, 4885 (4): 509–529. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4885.4.3>
- McCranie, J. R., A. J. Matthews & S. Blair Hedges. 2020. A morphological and molecular revision of lizards of the genus *Marisora* Hedges & Conn (Squamata: Mabuyidae) from Central America and Mexico, with descriptions of four new species. *Zootaxa*, 4763 (3): 301-353. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4763.3.1>
- Mendoza-Henao, A. M., E. A. J. H. Townsend & G. Parra-Olea. 2020. Phylogeny-based species delimitation and integrative taxonomic revision of the *Hyalinobatrachium fleischmanni* species complex, with resurrection of *H. viridissimum* (Taylor, 1942). *Systematics and Biodiversity*, <https://doi.org/10.1080/14772000.2020.1776781>
- Midtgaard, R. 2021. A survey of the reptiles of the world. <http://repfocus.dk/>
- Navarro-Tiznado, E. A., N. S. González-Gutiérrez, J. H. Valdez-Villavicencio. 2020. *Sonora mosaueri* (Squamata: Colubridae). *Revista Latinoamericana de Herpetología*, 3(1): 127. <https://herpetologia.fciencias.unam.mx/index.php/revista/article/view/87>
- 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.
- Palacios-Aguilar, R. & O. Flores-Villela. 2020. Taxonomic revision and comments on two groups of the genus *Coniophanes* (Squamata: Dipsadidae). *Vertebrate Zoology*, 70(2): 111-124. <https://doi.org/10.26049/VZ70-2-2020-02>
- Palacios-Aguilar, R. & U. O. García-Vázquez. 2020. A partial molecular phylogeny of *Rhadinaea* and related genera (Squamata, Dipsadidae) with comments on the generic assignment of *Rhadinaea eduardoi*. *ZooKeys*, 943: 145-155.
- Palacios-Aguilar, R. & R. Santos-Bibiano. 2020. A new species of direct-developing frog of the genus *Eleutherodactylus* (Anura: Eleutherodactylidae) from the Pacific lowlands of Guerrero, Mexico. *Zootaxa*, 4750 (2): 250-260. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4750.2.8>
- Palacios-Aguilar, R., A. Y. Cisneros-Bernal, J. D. Arias-Montiel & G. Parra-Olea. 2020. A new species of *Bolitoglossa* (Amphibia: Plethodontidae) from the central highlands of Guerrero, Mexico. *Canadian Journal of Zoology*, 98: 359-365. <https://dx.doi.org/10.1139/cjz-2019-0244>
- Parra-Olea, G., M. G. García-Castillo, S. M. Rovito, J. A. Maisano, J. Hanken & D. B. Wake. 2020. Descriptions of five new species of the salamander genus *Chiropterotriton* (Caudata: Plethodontidae) from eastern Mexico and the status of three currently recognized taxa. *PeerJ*, 8:e8800. <https://doi.org/10.7717/peerj.8800>
- Ramírez-Reyes, T., I. K. Barraza-Soltero, J.

- R. Nolasco-Luna, O. Flores-Villela & A. H. Escobedo-Galván. 2021a. A new species of leaf-toed gecko (Phyllodactylidae, *Phyllodactylus*) from María Cleofas Island, Nayarit, Mexico. *ZooKeys*, 1024: 117-136. <https://doi.org/10.3897/zookeys.1024.60473>
- Ramírez-Reyes T, O. Flores-Villela, D. Piñero, A. Lathrop & R. W. Murphy. 2021b. Genomic assessment of the *Phyllodactylus tuberculatus* complex (Reptilia: Phyllodactylidae) in America. *Zoologica Scripta*, 00: 1-14. <https://doi.org/10.1111/zsc.12492>
- Reséndiz-López M. A., O. Flores-Villela, L. Canseco-Márquez, D. Hernández-Robles & J. A. Lemos-Espinal. 2021. Lista de las especies de anfibios y reptiles con distribución en México. Version 1.1. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. Checklist dataset <https://doi.org/10.15468/8cv47x> Acceso vía GBIF.org
- Reyes-Velasco, J. & R. Ramírez-Chaparro. 2019. Algunas sugerencias para el formato de listados herpetofaunísticos de México. *Revista Latinoamericana de Herpetología*, 2: 130-106.
- Reyes-Velasco, J., R. H. Adams, S. Boissinot, C. L. Parkinson J. A. Campbell, T. A. Castoe & E. N. Smith. 2020. Genome-wide SNPs clarify lineage diversity confused by coloration in coral snakes of the *Micrurus diastema* species complex (Serpentes: Elapidae). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 147: 106770. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2020.106770>
- Rubio-Godoy, M. 2003. Cascabel: la serpiente divina. ¿Cómo ves?, 60: 10-14.
- Schools, M. & S. B. Hedges. 2021. Phylogenetics, classification, and biogeography of the Neotropical forest lizards (Squamata, Diploglossidae). *Zootaxa* 4974 (2): 201-257. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4974.2.1>
- SEMARNAT. 2018. Programa de acción para la conservación de las especies: Serpientes de cascabel (*Crotalus* spp.). SEMARNAT/CONANP, México. 144 pp.
- SNIB (Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad). <https://www.snib.mx/>
- Tepos-Ramírez, M. O. Flores-Villela, J. A. Velasco, C. Pedraza Lara, O. R. García Rubio & R. C. Jadin. 2021. Molecular phylogenetics and morphometrics reveal a new endemic jumping pitviper (Serpentes: Viperidae: *Metlapilcoatlus*) from the Sierra Madre Oriental of Mexico. *Journal of Herpetology*, 55(2): 181-191. <https://doi.org/10.1670/20-028>
- Tucker, D. B., G. R. Colli, L. G. Giugliano, S. Blair Hedges, C. R. Hendry, E. M. Lemmon, A. R. Lemmon, J. W. Sites Jr. & R. Alexander Pyron. 2016. Methodological congruence in phylogenomic analyses with morphological support for teiid lizards (Sauria: Teiidae). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 103: 75-84. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ympev.2016.07.002>
- Wilson L. D., J. H. Townsend & J. D. Johnson (Eds.) 2010. Conservation of mesoamerican amphibians and reptiles. Eagle Mountain Publishing, LC. 812 pp.
- Wilson L. D., J. D. Johnson & V. Mata-Silva. 2013a. A conservation reassessment of the amphibians of Mexico based on the EVS measure. *Amphibian & Reptile Conservation*, 7(1): 97-127.
- Wilson L. D., V. Mata-Silva & J. D. Johnson. 2013b. A conservation reassessment of the reptiles of Mexico based on the EVS measure. *Amphibian & Reptile Conservation*, 7(1): 1-47.
- Agradecimientos.** A los colaboradores de la Oficina de Biodiversidad y Conservación de la Naturaleza y de la Dirección de Investigación y Formación-DGDC-UNAM, a Luis Canseco por

sus recomendaciones para mejorar notablemente la plataforma de HM, a los organizadores Alejandra Alvarado, Nallely Morales Capellán, Silke Cram, Guillermo Gil y Elsa Fernández por el aporte de material documental durante los siguientes eventos: 7° Coloquio sobre Riqueza Natural y Sociedad (CSRNyS): Estudios inventarios biológicos de la Reserva de La Biósfera Barranca de Metztitlán, 8° CSRNyS: Inventarios Biológicos y Análisis Socio-Ecológico de una reserva urbana para la sustentabilidad del campus de Ciudad Universitaria, 9° CSRNyS: Promoviendo la herpetofauna estatal de México para su conservación y 10° CSRNyS: Inventarios ilustrados de la herpetofauna de México. Una parte de este trabajo fue soportado por el proyecto UNAM-DGAPA-PAPIME PE205618.