

Revisión del conflicto entre los seres humanos y las serpientes en México: origen, mitigación y perspectivas

L. Fernández–Badillo, I. Zuria, J. Sigala–Rodríguez, G. Sánchez–Rojas, G. Castañeda–Gaytán

Fernández–Badillo, L., Zuria, I., Sigala–Rodríguez, J., Sánchez–Rojas, G., Castañeda–Gaytán, G., 2021. Revisión del conflicto entre los humanos y las serpientes en México: origen, mitigación y perspectivas. *Animal Biodiversity and Conservation*, 44.2: 153–174, Doi: <https://doi.org/10.32800/abc.2021.44.0153>

Abstract

Review of the human–snake conflict in Mexico: origin, mitigation and perspectives. The conflict between humans and snakes has existed since unmemorable times. Fear of and aversion towards these animals may have an evolutionary explanation and may be justified because venomous and deadly snakes cause thousands of deaths around the world each year. Furthermore, social perception, the media, myths, and even religion, increase and feed this fear, resulting in the intentional slaughter of snakes being a common practice in many places. As Mexico is a mega–diverse country with more species of snakes than any other country, it faces a particularly difficult situation with regard to snake bites. Here we revise this human–snake conflict from different perspectives in order to better understand it, to propose possible solutions to reduce it, and to contribute towards snake conservation.

Key words: Fear, Mexico, Megadiverse, Vipers, Strategies, Mitigation, Conservation

Resumen

Revisión del conflicto entre los seres humanos y las serpientes en México: origen, mitigación y perspectivas. El conflicto entre los humanos y las serpientes ha existido desde el principio de la humanidad y, aunque el temor y la aversión hacia estos animales podrían tener una explicación evolutiva y pueden estar justificados por la presencia de especies venenosas y mortales para el hombre, que causan miles de muertes al año, la percepción social, los medios de comunicación, los mitos e incluso la religión acrecientan y alimentan el temor hacia estos animales, por lo que en muchos lugares el sacrificio intencionado de serpientes es una práctica común. Esta situación también ocurre en México, un país megadiverso que acoge a la mayor diversidad de serpientes de todo el mundo y en el que también existe una problemática seria a causa de las mordeduras de serpientes. Aquí presentamos una revisión de este conflicto desde distintas perspectivas, para tratar de entenderlo, proponer posibles soluciones para mitigarlo y contribuir a la conservación de las serpientes.

Palabras clave: Temor, México, Megadiverso, Vipéridos, Estrategias, Mitigación, Conservación

Received: 28 IX 20; Conditional acceptance: 10 III 21; Final acceptance: 24 III 21

Leonardo Fernández–Badillo, Iriana Zuria, Gerardo Sánchez–Rojas, Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, km. 4.5 carretera Pachuca–Tulancingo, Mineral de la Reforma, Hidalgo, México.– Leonardo Fernández Badillo, Predio Intensivo de Manejo de Vida Silvestre X–Flora Reptilia. Carretera México–Tampico s/n., Pilas y Granadas, 43350 Metztlán, Hidalgo, México.– Jesús Sigala–Rodríguez, Colección Zoológica de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, C. P. 20131, Aguascalientes, Aguascalientes, México.– Gamaliel Castañeda Gaytán, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez del Estado de Durango, Av. Universidad s/n., Fracc. Filadelfia, C. P. 35020, Gómez Palacio, Durango, México.

Corresponding author: Iriana Zuria. E–mail: izuria@uaeh.edu.mx



Introducción

El conflicto entre los seres humanos y los animales silvestres se define como cualquier acción de una de las partes que tiene un efecto adverso en la otra (Conover, 2001). Los efectos de este conflicto pueden ser lesiones o incluso la muerte de las personas a causa de ataques (Karanth et al. 2018), accidentes con vehículos (Saint-Andrieux et al., 2020) y transmisión de enfermedades zoonóticas (Nyhus, 2016). Sin embargo, los mayores efectos negativos que han podido cuantificarse económicamente son los daños materiales ocasionados a los cultivos, la ganadería y las infraestructuras (Conover et al., 2018). A consecuencia de este conflicto, se extermina a una gran cantidad de animales en todo el mundo, lo cual, en ocasiones, conlleva la extinción local de las especies que forman parte del conflicto, incluso de animales bien reconocidos y simbólicos, como los grandes depredadores (Hammerschlag y Gallagher, 2017). A las especies que se encuentran en zonas donde los seres humanos las consideran potencialmente peligrosas o destructivas y, por tanto, no las quieren, se las denomina especies nocivas (Nowak et al., 2002).

Las personas suelen tener conflictos con las serpientes debido a que algunas de ellas representan un riesgo para la salud humana, lo que conlleva que frecuentemente se mate a estos reptiles (Pandey et al., 2016), incluso de especies inofensivas que se confunden con especies venenosas (Ávila-Villegas, 2017). En algunos estudios empíricos se sugiere que la evolución dotó a nuestros antepasados con una disposición para asociar fácilmente el miedo con amenazas recurrentes, de manera que nuestro sistema visual está predispuesto para detectar rápidamente animales peligrosos (Kawai y Koda, 2016). Esto puede explicar por qué en general los humanos temen a las serpientes; sin embargo, existen otros factores que pueden ser causantes del miedo a estos animales y que se analizan más adelante. Por otro lado, en culturas antiguas, las serpientes eran veneradas (Fernández-Rubio, 2017) e incluso siguen siendo deidades importantes para muchas culturas que las han asociado más con símbolos positivos (agua, conocimiento, fertilidad, eternidad, salud, etc.) que con símbolos negativos (Ballouard et al., 2013). Incluso actualmente, en ciertas partes del mundo como la India, el culto al Dios serpiente aún se practica, y estos animales son respetados en los templos, hasta el punto de que, en algunas regiones, se considera un pecado matar o herir a una serpiente (Yuan et al., 2020).

A pesar de lo anterior, considerar a las serpientes como animales nocivos y tratar de erradicarlas parece ser un fenómeno mundial que contribuye a la disminución de sus poblaciones (Pandey et al., 2016). Por ello, resulta importante analizar las causas, las consecuencias y las posibles soluciones de este conflicto a escala local o regional, para promover acciones que permitan la conservación de estos vertebrados.

En el presente trabajo se analiza el conflicto entre los seres humanos y las serpientes en México desde distintas perspectivas, partiendo desde el origen del temor hacia las serpientes, así como de los factores

que lo acrecientan. Considerando la información y las estrategias disponibles para otros países, se sugieren soluciones aplicables a la realidad mexicana que permiten mitigar el conflicto y promover la conservación de las serpientes.

Panorama de la riqueza de serpientes en México

En México viven aproximadamente 438 especies de serpientes, lo que sitúa este país el primero en cuanto a diversidad de serpientes en el mundo (Midtgaard, 2021). Además, cerca de la mitad de sus especies son endémicas del país (Heimes, 2016). Estas especies se encuentran agrupadas en once familias, según la taxonomía propuesta por Zaher et al. (2019): Boidae, Charinidae, Colubridae, Dip-sadidae, Elapidae, Leptotyphlopidae, Loxocemidae, Natricidae, Sybinophidae, Typhlopidae y Viperidae (Heimes, 2016); solo dos de ellas (Elapidae y Viperidae) poseen venenos potencialmente peligrosos para el hombre (Fernández-Badillo et al., 2011). Estas serpientes venenosas están representadas en México por 90 especies (17 elápidos y 73 vipéridos; Campbell y Lamar, 2004; Meik et al., 2015; Davis et al., 2016; Heimes, 2016; Blair et al., 2018; Carbajal-Márquez et al., 2020; Reyes-Velasco et al., 2020), lo que posiciona a México como el país con mayor diversidad de ofidios venenosos de América (Campbell y Lamar, 2004) y el más diverso del mundo en lo que a especies de vipéridos se refiere.

Considerando esta gran riqueza de serpientes, México debe asumir el reto de lograr la conservación de estas especies a largo plazo, buscando estrategias que permitan disminuir las amenazas que afectan a este grupo en particular (Paredes-García et al., 2011). Además, es importante conservar estos reptiles debido a su importancia ecológica y a los descubrimientos que se han hecho relacionados con la salud humana (Olson et al., 2015). Existen algunas iniciativas para su conservación como el Programa para la Conservación de Especies del género *Crotalus*, en el que se incluyen 43 especies (SEMARNAT, 2018); sin embargo, dada la enorme riqueza de serpientes de México y su problemática de conservación, hacen falta más esfuerzos que garanticen la conservación de este diverso grupo en el país.

Origen del conflicto entre los seres humanos y las serpientes

El conflicto entre los seres humanos y las serpientes siempre ha existido y el miedo a estos animales se explica como un rasgo evolutivo heredado de los ancestros primates, los cuales eran depredados por grandes serpientes constrictoras (Burghardt et al., 2009; Isbell, 2009; Soares et al., 2014; Hoehl et al., 2017). Incluso se ha formulado la hipótesis de que las serpientes fueron en última instancia las responsables de la evolución del sistema visual y de la expansión del cerebro de los primeros primates, y se plantea

que el sistema visual y el cerebro de los antropoides se modificaron aún más con la aparición de las serpientes venenosas (Isbell, 2005); sin embargo, Tierney y Connolly (2013) sugieren que no existe información suficiente para concluir lo anterior. Otros autores indican que el miedo puede ser adquirido por aspectos culturales (como los mitos y leyendas) y religiosos, por la transmisión intergeneracional de conocimientos erróneos acerca de las serpientes (Davey, 1995; Aguilar-López, 2016) o por el peligro real que representan las serpientes venenosas (Ballouard *et al.*, 2013). Este miedo a las serpientes podría ser la fobia animal más generalizada entre los seres humanos (Anderson *et al.*, 2013).

La consecuencia más evidente de este miedo es que las serpientes son percibidas por el ser humano como animales peligrosos a los que hay que evitar o erradicar (Pandey *et al.*, 2016; Pitts *et al.*, 2017), por lo que es común que se las sacrifique indiscriminadamente (Whitaker y Shine, 2000; Ávila-Villegas, 2017). Por esta razón, es importante analizar con detalle los factores que influyen en el miedo hacia las serpientes y, a partir de ello, formular estrategias que permitan cambiar la percepción de las personas, a fin de minimizar el perjuicio a las poblaciones de estos animales y, consecuentemente, evitar un mayor impacto ecológico en el ecosistema.

Factores que influyen en el temor hacia las serpientes

Dejando de lado el posible miedo innato o instintivo hacia las serpientes, hay tres factores que propician o incrementan el miedo hacia estos animales: 1, los mitos y la religión; 2, la percepción moderna y la mala publicidad en los medios de comunicación, y 3, las mordeduras de serpientes venenosas. Todos ellos se analizan a continuación:

Los mitos y la religión

Las serpientes son probablemente los animales de los que más mitos y leyendas existen y resulta muy difícil desarraigar prejuicios que tienen antecedentes muy antiguos (Casas-Andreu, 2000; Ermacora, 2017; Paulino, 2018). Muchos de estos mitos y leyendas surgen de la exageración, otros a partir de observaciones o interpretaciones equivocadas (Klauber, 1982) y otros son producto de ciertos prejuicios y falta de información, ya que por lo general no se conocen aspectos básicos de la biología, la conducta y el papel que desempeñan las serpientes en los ecosistemas, principalmente debido a sus hábitos nocturnos y por ser poco detectables en algunos hábitats (Aguilar-López, 2016). Otro aspecto cultural que afecta negativamente a la percepción que se tiene de las serpientes es la interpretación literal del Génesis, donde se identifica a las serpientes como la representación del mal y se las presenta como la personificación del Diablo (Aguilar-López, 2016).

En México, las serpientes tuvieron un papel muy importante en la mitología y la cosmovisión de los

pueblos prehispánicos, y son de los animales más recurrentes en los códices (Martín del Campo, 1936). Casi todos los monumentos mayas, toltecas y mexicas tienen representaciones de serpientes (Cuesta Terron, 1931) y algunas de las deidades más importantes de estas culturas, como Quetzalcoatl o Kukulkan, fueron representadas por serpientes (Cuesta Terron, 1931; Martín del Campo, 1936). Además, desde la época prehispánica ya existían historias y mitos respecto a las serpientes, algunos de los cuales se encuentran descritos en códices (Martín del Campo, 1936, 1938) y permanecen hasta nuestros días. Por ejemplo, el mito de que las serpientes andan en pareja y que, si se mata a una de ellas, el ejemplar que queda persigue a la persona hasta vengarse, es un relato que ya existía entre los pueblos prehispánicos (Martín del Campo, 1936) y persiste aún en la actualidad en algunas localidades del estado de Hidalgo, México (obs. pers). Independientemente de si los mitos presentes en México tienen un origen muy antiguo o reciente, generalmente están arraigados en el pensamiento y la cultura de los pobladores.

La percepción moderna y la mala publicidad en los medios de comunicación

En la actualidad, los medios de comunicación de la sociedad occidental están más centrados en el entretenimiento que en la educación y han generado y reforzado diversas creencias negativas e irracionales sobre las serpientes (Ballouard *et al.*, 2013). Por ejemplo, existe un subgénero cinematográfico de terror llamado "ecoterror", en el que los personajes humanos son atacados por las fuerzas de la naturaleza, principalmente animales o plantas (Rust y Soles, 2014). Se han filmado diversas películas de este género sobre serpientes asesinas, en las que se da una visión pésimas de las serpientes (Aguilar-López, 2016). Algunos títulos famosos son "Anaconda I y II", "Serpientes asesinas", "Serpientes abordo", "Serpientes en el tren", "Veneno", "Ssssss", "Pirañaconda", "Python" y "Boa", entre muchas otras. No hay duda de que estos trabajos cinematográficos de amplia distribución pueden fomentar el odio y la aversión hacia las serpientes en algunos sectores de la sociedad.

En este sentido, Morris (2017) menciona que el mayor obstáculo para enseñar los comportamientos precisos de las serpientes, por ejemplo, los de las serpientes de cascabel, es luchar contra el flujo continuo de conceptos equivocados que transmiten los medios de comunicación. Incluso en algunos documentales sobre fauna silvestre se presenta a las serpientes como animales peligrosos y agresivos (Ballouard *et al.*, 2013). En consecuencia, el miedo hacia los ofidios no siempre está relacionado con una percepción de peligro (Ballouard *et al.*, 2013), ya que puede surgir independientemente del riesgo, y ese temor fuerte y persistente puede ser irracional o estar influenciado por los medios de comunicación y creencias religiosas arraigadas (Öhman y Mineka, 2003).

Otro aspecto que ha infundido mucho temor hacia las serpientes es la existencia de especies de tallas muy grandes como las pitones y las anacondas, lo

cual se ha reforzado con las películas en las que estas serpientes devoran personas y las noticias sensacionalistas de la prensa. Si bien hace 65 millones de años las serpientes constrictoras fueron de los primeros depredadores de los antiguos primates (Isbell, 2005), en la actualidad, la mayoría de las especies de serpientes de tallas muy grandes no percibe a los humanos como presas potenciales, y existen muy pocos casos documentados de serpientes que hayan devorado personas (Branch y Hacke, 1980). Se sabe que las anacondas en medios antropomorfizados se alimentan principalmente de animales domésticos (perros, vacas, gallinas y gatos; Miranda *et al.*, 2016) y que, aunque los ataques a personas son sumamente infrecuentes, la idea de que estas serpientes representan un riesgo para los humanos se encuentra muy arraigada en los habitantes de las comunidades rurales y con poco acceso a información.

En la mayoría de los estados de México, los pobladores aseguran que existen serpientes de 10 metros o más de longitud e indican que estas serpientes de gran tamaño no mueren al ser atropelladas y que incluso pueden volcar vehículos (Fernández-Badillo, datos no publicados). Estas afirmaciones son irreales y exageradas, debido a que en México las serpientes de mayor longitud son las boas (género *Boa*), que no superan los 3,20 metros (Heimes, 2016). Asimismo, en México, es común que en la prensa y en la televisión se presente una imagen negativa de las serpientes y se las identifique como criaturas peligrosas.

Mordeduras de serpientes venenosas

En el mundo existen 3.956 especies de serpientes y, aunque solo el 19,3% (767 especies; Midtgaard, 2021) tienen un veneno potencialmente peligroso para el hombre, el temor a las serpientes resulta justificable si se consideran los efectos de la mordedura de una serpiente venenosa. Las mordeduras son una amenaza real para la salud humana y están catalogadas como una emergencia médica (Gil-Alarcón *et al.*, 2011); además se las considera una enfermedad tropical desatendida (ETD; Chippaux, 2017; Gutiérrez *et al.*, 2017; OMS, 2019), que resulta de la inyección de un veneno altamente especializado, usualmente en circunstancias accidentales (Gutiérrez *et al.*, 2017). En este sentido, se estima que ocurren entre 1,8 y 2,7 millones de casos de envenenamiento y entre 81.000 y 130.000 muertes al año en todo el mundo (Gutiérrez *et al.*, 2017; OMS, 2019).

La mordedura de serpiente es un problema de salud pública importante en muchos países y una causa importante de morbilidad y mortalidad en las zonas empobrecidas tropicales y subtropicales del África subsahariana, el este y sureste de Asia, Papúa Nueva Guinea y Latinoamérica (Gutiérrez *et al.*, 2017). A escala global, hay una fuerte asociación entre un estatus socioeconómico bajo y una alta tasa de mordeduras (OMS, 2019), además, es más común encontrar serpientes en las zonas rurales y las áreas de cultivo que en las grandes ciudades. Sin embargo, algunas serpientes suelen habitar cerca de zonas residenciales urbanas o suburbanas, como

ocurre con especies del género *Crotalus* (Pitts *et al.*, 2017), varias especies de elápidos australianos (Shine y Koenig, 2001) y algunas especies del género *Bothrops* (Cândido de França *et al.*, 2017).

En México, la información disponible acerca de las mordeduras de serpiente en la década de los noventa incluía únicamente datos del Instituto Mexicano del Seguro Social, así como del Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Entre 1994 y 1998 se registraron 2.620 mordeduras (Tay-Zavala *et al.*, 2002; Luna-Bauza *et al.*, 2004; González-Rivera *et al.*, 2009), lo que seguramente es un número inferior al real, ya que muchas mordeduras quedan sin registrar o atender. A partir de 2003, se comenzaron a notificar y reportar a escala nacional todos los datos referentes a las mordeduras de serpientes en México (González-Rivera *et al.*, 2009; Siria-Hernández y Arellano-Bravo, 2009; Zúñiga-Carrasco y Caro-Lozano, 2013; Neri-Castro *et al.*, 2020a) y, aunque estos trabajos muestran que el promedio anual de mordeduras cambia en función del periodo de estudio, este se encuentra en un intervalo de entre 3.500 y 4.111 casos anuales.

Los estados en los que se ha producido un mayor número de mordeduras son Oaxaca, Veracruz, San Luis Potosí, Puebla e Hidalgo (González-Rivera *et al.*, 2009; Siria-Hernández y Arellano-Bravo, 2009; Zúñiga-Carrasco y Caro-Lozano, 2013; Chippaux, 2017; Neri-Castro *et al.*, 2020a) y, en algunos periodos, Chiapas y Tabasco (Zúñiga-Carrasco y Caro-Lozano, 2013).

La mayoría de los accidentes (66,3%), así como de los fallecimientos (66,7%), ocurre en personas del sexo masculino (Tay-Zavala *et al.*, 2002; Zúñiga-Carrasco y Caro-Lozano, 2013; Chippaux, 2017; Neri-Castro *et al.*, 2020a); en el periodo de 2003 a 2010, la mayor mortalidad ocurrió en personas de entre 24 y 44 años de edad y, en segundo lugar, en los mayores de 65 años, siendo más marcada en este último por la presencia de enfermedades de base y complicaciones con el ofidismo (Zúñiga-Carrasco y Caro-Lozano, 2013). Asimismo, la mayoría de las mordeduras se produce en los pies (Tay-Zavala *et al.*, 2002; Zúñiga-Carrasco y Castro-Bravo, 2013), al menos en los accidentes que ocurren en el campo; mientras que en las ciudades, las mordeduras generalmente se producen en las manos (Gil-Alarcón, obs. pers.). Por otro lado, la mortalidad y la incidencia son menores en el norte de México y va aumentando hacia el sur del territorio, con un promedio de incidencia de dos personas por cada 100.000 en el norte, de siete por cada 100.000 en el centro y de nueve por cada 100.000 en el sur del país (Chippaux, 2017).

La mortalidad por mordedura de serpiente en México ha ido disminuyendo considerablemente con el paso de los años. Frayre-Torres *et al.* (2006) registraron 2.728 muertes entre 1979 y 2003 y una disminución del 76% en la tasa de mortalidad por cada 100.000 habitantes, que fue de 0,25 en la década de 1970 a 0,05 durante los años 2000; a partir del 2010, la tasa de mortalidad en México fue inferior al 0,04 (Chippaux, 2017). Por otro lado, Neri-Castro *et al.* (2020a) indican que en la década de 1990, el promedio de defunciones por año fue de $110,8 \pm 20$, mientras que en el periodo de 2010–2017, fue de $34 \pm 6,6$. Esto implica

una disminución en el promedio de defunciones del 69%, lo cual, de acuerdo con *et al.* (2020a), puede deberse a mejoras en la calidad y disponibilidad de los tratamientos, así como a la generalización del uso de los antídotos faboterápicos a partir de 1997.

A escala estatal se han publicado pocos estudios para conocer la problemática que representan las mordeduras de serpiente y solo se cuenta con información relativa a los estados de Chiapas (Suárez–Velázquez y Luna–Reyes, 2009) y Veracruz (Yañez–Arenas, 2014; Yañez–Arenas *et al.*, 2014; 2016). Estos estudios permiten conocer la situación general de los accidentes ofídicos en esos estados y ayudan a identificar las áreas de mayor incidencia y riesgo de mordeduras provocadas por las especies de serpientes venenosas que albergan. Este es el conocimiento que ha fundamentado la implementación de estrategias que permitan mejorar la distribución de los antídotos y reforzar la capacitación del personal médico, así como para conocer en qué zonas es más urgente realizar campañas de prevención y primeros auxilios en caso de accidente ofídico destinadas a los pobladores.

No hay datos a escala nacional sobre las especies que protagonizan accidentes ofídicos y, generalmente, se desconoce la especie de serpiente que ocasiona el accidente (Neri–Castro *et al.*, 2020a). Sin embargo, según la experiencia de estos autores, las especies que posiblemente causen más mordeduras en México son: *Bothrops asper*, *Crotalus atrox*, *C. basiliscus*, *C. culminatus*, *C. tzabcan*, *C. mictlantecutli*, *C. molossus* y sus subespecies, *C. simus* y *Agkistrodon bilineatus*. No obstante, es posible que otras especies de serpientes de cascabel estén implicadas en los accidentes, por ejemplo *C. scutulatus*, que presenta una amplia distribución en México (Heimes, 2016), o especies con distribuciones más restringidas en el centro del país, pero que son muy abundantes, incluso en zonas urbanas y zonas de cultivo, como *C. aquilus*, *C. polystictus*, *C. ravus* o *C. triseriatus* (obs. pers.).

Acciones o conductas de los humanos que afectan a las serpientes

Las serpientes se ven amenazadas principalmente por cinco factores antrópicos, cuyo orden de importancia es el siguiente: 1) la mortalidad asociada a la pérdida de hábitat, 2) la mortalidad causada por trabajadores del campo, 3) la mortalidad asociada al tráfico en las carreteras, 4) el tráfico ilegal de especies silvestres y 5) la captura con fines científicos (Lynch, 2012; Lynch y Angarita–Sierra, 2016).

A partir de la propuesta de Lynch (2012), en la que se considera una tasa de pérdida de serpientes de 375 individuos/ha debido a la tala de coberturas boscosas, Lynch y Angarita–Sierra (2016) calculan que, en Colombia, mueren entre 500.000 y 50.000.000 ejemplares de serpiente a causa de la pérdida del hábitat. Lamentablemente, no existen datos sobre la mortalidad de serpientes asociada a la pérdida de hábitat en México.

En cuanto a la mortalidad causada por trabajadores del campo, Lynch (2012) estimó que, en Colombia, los pobladores llegan a sacrificar hasta 8.000.000 ser-

pientes cada año por aversión y miedo. Este tipo de conducta se denomina miedo activo y conlleva una acción directa en contra de estos animales con el fin de exterminarlos (Aguilar–López, 2016). El miedo activo representa entonces una amenaza sumamente importante y no tiene que ver con el peligro real que representan las serpientes (como en el caso de las especies venenosas), sino con la percepción que las personas tienen de las serpientes. En este sentido, en México existe muy poca información al respecto y se desconoce el número de serpientes que se pudieran estar sacrificando anualmente a causa del temor o la aversión, pero el sacrificio intencional de serpientes es una práctica común en cualquier comunidad rural o indígena de México. En las encuestas realizadas en los estados del norte del país (Baja California, Baja California sur, Chihuahua, Sonora y Sinaloa) se observó que el 76 % de los pobladores encuestados elimina a las serpientes por el temor que les tienen (Ávila–Villegas, 2017).

Las serpientes son uno de los grupos más vulnerables a los efectos directos e indirectos de las carreteras (Andrews *et al.*, 2008) y existen muchos estudios que evalúan la mortalidad de serpientes por atropello vehicular. Las serpientes son vulnerables a los atropellos porque en muchas ocasiones utilizan las carreteras para regular su temperatura corporal (Rincón–Aranguri *et al.*, 2019) y también suelen utilizar microhábitats ubicados en los márgenes de las carreteras (Caletrio *et al.*, 1996). La alta densidad y frecuencia del tráfico puede coincidir con movimientos estacionales específicos (hibernación, forrajeo, migración, búsqueda de sitios de reproducción, etc.), lo cual incrementa la susceptibilidad de mortalidad directa (Andrews y Jochimsen, 2006). Además, son animales de movimientos relativamente lentos, (Rosen y Lowe, 1994), y se ha documentado que son objeto de atropellos intencionales (Andrews y Gibbons, 2005).

Existen tan solo seis estudios publicados sobre la mortalidad de serpientes en carreteras de México, los cuales se realizaron en Nuevo León (Lazcano–Villareal *et al.*, 2009, 2017), el istmo de Tehuantepec en Oaxaca (Grosselet *et al.*, 2009), parte de la costa de Michoacán (Martínez–Hernández, 2011), el sur de Quintana Roo (Köhler *et al.*, 2016a, 2026b) y un tramo de carretera en el centro de Veracruz (Cervantes–Huerta *et al.*, 2017). La tasa de mortalidad más alta (0,57 individuos por kilómetro por día) se presentó en el estudio realizado en el istmo de Tehuantepec (Grosselet *et al.*, 2009). Es evidente la necesidad de afrontar el rezago existente en México en referencia al conocimiento de la magnitud y las características de los efectos que la construcción de carreteras tienen en la biodiversidad en general y en la fauna silvestre en particular (Puc–Sánchez *et al.*, 2013).

El tráfico ilegal de especies es una industria potente a escala mundial, comparable únicamente con el tráfico de drogas y armas y cuyas transacciones se estima se sitúan entre 7.000 millones y 23.000 millones de dólares estadounidenses anuales (Sosa–Escalante, 2011; Masés–García *et al.*, 2021). Asimismo, existen estudios para analizar las consecuencias de estas prácticas en las poblaciones de anfibios y reptiles

(Schlaepfer *et al.*, 2005). Algunos de ellos mencionan específicamente el tráfico de serpientes y pieles de reptiles (Dodd, 1986; Jenkins y Broad, 1994; Fitzgerald y Painter, 2000; Zhou y Jiang, 2004).

Aunque se ha avanzado en la aplicación de la Ley General de Vida Silvestre de México, no es posible afirmar que se haya terminado el tráfico ilegal (Sosa-Escalante, 2011), y existen pocos estudios que evalúen esta práctica. Se sabe que el tráfico ilegal se debe a diversos factores y que está relacionado con el uso tradicional de las serpientes como alimento, producto medicinal o incluso con fines mágicos y religiosos, razón por la cual anteriormente era común observar la venta de grandes cantidades de serpientes en mercados populares de todo el país, así como de su carne seca o de píldoras a base de serpiente de cascabel y pomadas o cinturones hechos con piel de serpientes (Ávila-Villegas, 2017). Otro factor importante que propicia el tráfico ilegal de especies en México es su captura para la venta como mascotas (Ávila-Villegas, 2017). En este sentido, Oaxaca es uno de los principales estados de México donde se captura fauna silvestre para abastecer el mercado ilegal internacional (Masés-García *et al.*, 2021). Estos autores indican que, en total, se capturan ilegalmente 226 especies en este estado, de las cuales, 32 son serpientes.

Por otra parte, algunos autores consideran que la captura con fines científicos es una actividad que puede poner en riesgo a ciertas especies (Lynch y Angarita-Sierra, 2016; Ávila-Villegas, 2017) y aumentar el riesgo de extinción de las poblaciones pequeñas y aisladas (Mintneer *et al.*, 2014). Aunque existen muchos descubrimientos significativos y usos establecidos para las colecciones científicas, desafortunadamente hay casos en que los investigadores no capturan los animales de forma responsable (Henen, 2016). En México, no se cuenta con un análisis del efecto de la captura con fines científicos en la biodiversidad, por lo que se desconocen sus repercusiones.

Beneficios de las serpientes para los seres humanos

Todas las serpientes son carnívoras (Greene, 1997) y juegan un papel fundamental como depredadores en el ecosistema al influir en el flujo de nutrientes (Pradhan *et al.*, 2014). Además, dado que muchas de ellas se alimentan de roedores, cumplen una función importante como controladoras de plagas (Fitch, 1949; Gayen *et al.*, 2017), sobre todo en zonas de cultivos (Ávila-Villegas, 2017), y algunas de ellas actúan también como dispersoras secundarias de semillas (Reiserer *et al.*, 2018). Además, las serpientes son presas de otros animales (Greene, 1997), por lo que contribuyen a la estabilidad de los ecosistemas (Ávila-Villegas, 2017) y pueden ser utilizadas como indicadores de la calidad del hábitat (Beaupre y Douglas, 2009).

Otro beneficio importante de las serpientes es el uso de su veneno para la salud humana. Las propiedades toxicológicas del veneno se han venido estudiando desde hace más de 400 años, y se han obtenido al menos 20 productos terapéuticos o de

diagnóstico a partir de componentes del veneno (Waheed *et al.*, 2017). Algunos de estos productos son el Captopril® (Enalapril, Lisinopril, Ramipril o Fosinopril, dependiendo de las modificaciones estructurales del Captopril), obtenido del veneno de *Bothrops jararaca* y utilizado para problemas de hipertensión, y el Agrastat® (tirofibán), obtenido de *Echis carinatus*, así como el Integilin® (eptifibatida), obtenido de *Sistrurus miliarius barbouri*, utilizados para el tratamiento de la enfermedad coronaria (Chan *et al.*, 2016; Waheed *et al.*, 2017; El-Aziz *et al.*, 2019). Otros componentes, como la contorstrina, obtenida del veneno de *Agkistrodon contortrix*, pueden inhibir el crecimiento y la metástasis del cáncer de mama y el melanoma (Waheed *et al.*, 2017). Asimismo, se ha observado que el veneno de varias especies de serpientes (p. ej., *Agkistrodon contortrix*, *A. rhodostoma* o *Naja naja*, entre otras) puede actuar sobre las células tumorales, por lo que es necesario realizar estudios para garantizar la seguridad y eficacia del uso de veneno de serpiente en la elaboración de medicamentos contra el cáncer (Calderon *et al.*, 2014).

Asimismo, a partir del veneno de las serpientes se ha aislado una gran cantidad de péptidos bioactivos que representan una fuente desconocida de nuevas aplicaciones médicas, aunque pocos de ellos han logrado llegar al mercado (Chan *et al.*, 2016). Algunas de estas toxinas son usadas como anti-hemorrágicos, antibióticos, inhibidores de la agregación plaquetaria, tratamientos para la esclerosis múltiple y la distrofia muscular, anticoagulantes, antitrombóticos o trombolíticos (Waheed *et al.*, 2017). Por lo tanto, es probable que con las mejoras tecnológicas en el campo del descubrimiento de fármacos, se logre identificar nuevos compuestos terapéuticos a partir del veneno de las serpientes (El-Aziz *et al.*, 2019).

Mitigación del conflicto entre los seres humanos y las serpientes

Debido a la problemática que presenta la relación entre las personas y las serpientes en distintas partes del mundo, se han realizado propuestas para minimizar los conflictos mediante su control o mitigación; algunas de ellas son: 1, educación ambiental; 2, prevención y gestión de accidentes ofídicos; 3, estrategias de manejo, conservación y aprovechamiento sostenible en México; 4, exclusión; 5, ahuyentamiento; 6, eliminación de fuentes de alimento y refugios potenciales; 7, translocación; 8, captura con trampas; y 9, control letal. Estas propuestas se detallan a continuación.

Educación ambiental

La difusión del conocimiento acerca de las serpientes es quizás la forma más efectiva de evitar su sacrificio, por lo tanto, la implementación de programas de educación ambiental es una alternativa a la resolución del conflicto entre los seres humanos y las serpientes (Sullivan *et al.*, 2014). Mediante estas actividades, se

puede capacitar a los pobladores con la finalidad de que aprendan a coexistir con las serpientes y que no sea necesario sacrificarlas ni reubicarlas. Sin embargo, cuando se trata de serpientes venenosas, esto resulta complicado.

En este sentido, los programas de educación ambiental relacionados con serpientes deben tener los siguientes objetivos: 1) que las personas aprendan a diferenciar las serpientes venenosas de las inofensivas; 2) mejorar el conocimiento que las personas tienen de estos organismos y difundir información acerca su biología, hábitos, función e importancia en el ecosistema, protocolos de accidentes ofídicos, incidencia de mordeduras de serpientes y manejo seguro de serpientes; 3) inculcar amor, respeto y admiración por estos animales.

La educación ambiental debería formar parte de los programas educativos de las escuelas, a fin de que todos los niños y jóvenes mexicanos puedan tener acceso a este tipo de información. Los esfuerzos adicionales deben centrarse en las comunidades donde existe mayor riesgo de contacto con serpientes o una mayor incidencia de mordeduras de serpientes venenosas.

Algunas actividades de educación ambiental pueden incluir la publicación y distribución de información, lo cual es una de las herramientas más poderosas para la conservación de la diversidad biológica, además de que, en el caso de las serpientes venenosas, contribuye a la prevención de accidentes (Lynch y Angarita-Sierra, 2016; Ávila-Villegas, 2017). Asimismo, se pueden impartir cursos, charlas y talleres para tratar de cambiar la percepción que tienen las personas de las serpientes. Este tipo de actividades interactivas en las que las personas pueden tener un contacto directo con animales son una herramienta importante en el aprendizaje y la actitud de formación (Kellert, 1985) y, gracias a ellas, se puede disipar el miedo y cultivar actitudes positivas (Ballouard *et al.*, 2012, 2013) y convertir el miedo y la ignorancia en conocimiento y admiración (Greene y Campbell, 1982; Morris, 2017).

Los herpetarios contribuyen de forma importante a estas actividades de educación ambiental, pues, además de que las personas pueden observar a los organismos vivos, obtienen información sobre distintos aspectos de su biología y ecología y acerca de su importancia, lo que ayuda a erradicar mitos y fomentar su protección. Existen asociaciones independientes en México dedicadas al estudio, la protección y la conservación de los anfibios y reptiles en las que se llevan a cabo diversas actividades de educación ambiental, difusión, investigación e incluso rescate y reubicación de serpientes, así como las relacionadas con los accidentes ofídicos; algunas de ellas se exponen en el Anexo 2.

Asimismo, México cuenta con dos asociaciones nacionales dedicadas al estudio y la conservación de los anfibios y reptiles: la Sociedad Herpetológica Mexicana y la Asociación para la Investigación y Conservación de los Anfibios y Reptiles de México. Además, desde hace cuatro años, se lleva a cabo en México un congreso específico sobre vipéridos mexicanos y ofidismo. Sin embargo, estas iniciativas

están dirigidas principalmente al público especializado (investigadores y académicos), por lo que es necesario que se organice un mayor número de actividades de educación ambiental para el público en general y que estén concebidas específicamente para las comunidades donde los accidentes ofídicos son recurrentes.

Otras iniciativas que se han llevado a cabo en México consisten en la formación de brigadas comunitarias de rescate y conservación de serpientes. Estas brigadas se han establecido dentro de tres áreas naturales protegidas del estado de Hidalgo y existe otra en la comunidad indígena Comcaac de Punta Chueca, en Hermosillo, Sonora. Las brigadas están conformadas por pobladores locales, capacitados tanto en aspectos biológicos de las especies como en el manejo seguro de los organismos y la atención prehospitalaria del accidente ofídico. De este modo, estos grupos organizados trabajan activamente en la conservación de las serpientes y minimizan los efectos del conflicto con estos organismos (CONANP, 2019; Savethesnakes, 2020a, obs. pers). Asimismo, en otras iniciativas han combinado el arte y la ciencia para conservar a las serpientes y reducir el conflicto entre estas y los seres humanos en la localidad de Catemaco, Veracruz (Savethesnakes, 2020b).

Medidas de prevención y gestión de accidentes ofídicos

Otra estrategia para mitigar el conflicto entre los seres humanos y las serpientes es la prevención de las mordeduras de serpiente y la mejora en la gestión de los accidentes ofídicos. En México, existen diversos trabajos en los que se formulan recomendaciones y medidas para evitar sufrir una mordedura de serpiente venenosa (Vázquez-Díaz y Quintero-Díaz, 2005; Fernández-Badillo *et al.*, 2011; Ávila-Villegas, 2017). Una de las principales recomendaciones es conocer las especies de serpientes venenosas del lugar en el que se habita o el que se pretende visitar (Ávila-Villegas, 2017). Sin embargo, resulta lamentable que siendo México el país con mayor cantidad de especies de serpientes venenosas de América (Campbell y Lamar, 2004), existen pocas publicaciones a escala nacional o regional que se centren en divulgar información veraz y completa al respecto y, en ocasiones, son de difícil acceso para los pobladores rurales. En este sentido, existe un único trabajo sobre todas las serpientes de México (Heimes, 2016), hay varios trabajos de divulgación acerca de las serpientes de cascabel (Ávila-Villegas, 2017; García-Padilla *et al.*, 2018) y un programa de acción para la conservación de las especies de cascabel del género *Crotalus* (SEMARNAT, 2018). Además de ello, unos cuantos estados de la República Mexicana cuentan con guías específicas de las especies de serpientes venenosas, la mayoría de los cuales contienen información referente a las mordeduras de serpiente (tabla 1).

La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha publicado un plan de acción para reducir en un 50 % las muertes por mordedura de serpiente para el 2030. Para lograrlo, la OMS plantea cuatro objetivos

o líneas de acción: 1) dar acceso a tratamientos seguros y eficaces, 2) empoderar e involucrar a las comunidades, 3) fortalecer los sistemas de salud y 4) promover la colaboración y coordinación mundial y la obtención de recursos (OMS, 2018; Williams *et al.*, 2019).

México cuenta con la producción de antídotos que se obtienen a partir del veneno de unas cuantas especies de dos de los 10 géneros de vipéridos mexicanos. El antídoto antiviperino de BIRMEX se fabrica a partir del veneno de *Bothrops asper* y *Crotalus basiliscus* (Segura *et al.*, 2015; Sánchez *et al.*, 2020; Neri–Castro *et al.*, 2020a), mientras que Antivipmyn®, producido por el Instituto Bioclon de los Laboratorios Silanes, utiliza veneno de *B. asper* y *C. simus* (Neri–Castro *et al.*, 2020a). En el caso de los coralillos, el único antídoto disponible en México (Coralmyn®), fabricado también por Bioclon, utiliza veneno de *Micrurus nigrocinctus* (Neri–Castro *et al.*, 2020a). Estos antídotos son capaces de neutralizar adecuadamente los componentes tóxicos del veneno de otras especies (Sánchez *et al.*, 2019). Por otro lado, se ha demostrado que la composición del veneno de las serpientes varía entre especies y que incluso puede variar entre los individuos de una misma especie, dependiendo de la edad, la distribución geográfica, la dieta, las condiciones ambientales, el estrés o la variabilidad genética entre de los individuos (Chippaux *et al.*, 1991; Borja *et al.*, 2018a, 2018b; Healy *et al.*, 2018; Neri–Castro *et al.*, 2020a). Lo anterior hace necesario continuar con las investigaciones de los venenos de otras especies, no solo para entender mejor sus componentes y mecanismos de acción, sino también para identificar posibles puntos débiles de los antídotos actuales y subsanarlos (Chippaux *et al.*, 1991). Hasta la fecha, en México se han publicado diversos estudios con veneno de ejemplares de 35 de las 90 especies de serpientes venenosas distribuidas en el país (Neri–Castro *et al.*, 2020a). De todas las especies estudiadas (35), 29 corresponden a vipéridos y siete a elápidos (anexo 1).

Por otro lado, en México se cuenta con dos redes importantes de prevención y gestión de los accidentes ofídicos: la Red de Ayuda para el Accidente Ofídico de la Universidad Nacional Autónoma de México (Red AO–UNAM) y la Red Internacional de Centros de Referencia para el Control y Tratamiento de las Intoxicaciones por Animales Ponzofosos (Redtox). Esta última cuenta con una aplicación para celular que permite obtener información biológica de las especies y los datos de contacto de especialistas, encontrar centros de atención y acceder a información general acerca del accidente ofídico.

Sin embargo, la distribución y la disponibilidad de los antídotos son un problema importante, ya que en zonas rurales o comunidades muy alejadas no se tiene acceso a ellos. En muchos lugares de México, los pobladores siguen recurriendo a remedios tradicionales, culebreros (personas que se dedican a atender las mordeduras de serpiente a partir del uso de plantas medicinales y remedios tradicionales) y prácticas poco eficaces para contrarrestar los efectos de un envenenamiento grave.

Los antídotos cuentan con una fecha de caducidad y, de acuerdo con las leyes mexicanas (Ley General de Salud, DOF, 2020), una vez vencida dicha fecha, queda prohibida su venta y suministro y deben destruirse (Hernández–Barrios *et al.*, 1995; DOF, 2012, 2018a). Sin embargo, la efectividad de los antídotos no disminuye aún después de 20 años de la fecha de caducidad (Sánchez *et al.*, 2019), por lo que es necesario realizar más estudios para evaluar la efectividad neutralizante de los antídotos mexicanos caducos, con la finalidad de poder modificar los criterios actuales y seguir utilizándolos. Ante la alarmante escasez mundial de antídotos, los productos caducos pueden brindar una alternativa para el tratamiento de mordeduras de serpiente (Sánchez *et al.*, 2019).

Estrategias de manejo, conservación y aprovechamiento sostenible en México

En México existen normas y leyes que permiten y regulan el manejo de la fauna silvestre y que consideran además medidas para asegurar el trato digno y respetuoso de los animales, para poder llevar a cabo acciones de conservación, reproducción, aprovechamiento sostenible o control (Hernández–Silva *et al.*, 2018). Estas actividades se encuentran reguladas principalmente por la Ley General de Vida Silvestre y su Reglamento (DOF, 2014, 2018b) y se apoyan también en la Norma Oficial Mexicana Ecol–059–2010 (DOF, 2019).

Por otro lado, en México existen las Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMA), que permiten lograr la conservación de especies y su aprovechamiento sustentable, primordialmente de especies nativas. De esta forma y sobre la base de un plan de manejo autorizado por la SEMARNAT, las UMA tienen como objetivo general la conservación del hábitat natural, las poblaciones y los ejemplares de especies de vida silvestre nativos, y pueden tener objetivos específicos como la restauración, la protección, el mantenimiento, la reproducción, la reintroducción, la investigación, la educación ambiental y el aprovechamiento sustentable, entre otros (DOF, 2014, 2018b). Existen también los Predios Intensivos de Manejo de Vida Silvestre (PIMVS), cuyo objetivo principal es la reproducción controlada para el aprovechamiento comercial de las especies (DOF, 2014, 2018b), ya sean nativas o exóticas. En el país existen distintas UMA y PIMVS, en los que se mantienen serpientes en cautiverio (herpetarios o serpentarios). Para que un herpetario contribuya a la conservación de las especies, debe llevar a cabo actividades de educación ambiental, de formación de profesionistas en la materia, de investigación y de aprovechamiento sustentable (Ávila–Villegas, 2017). En México existen algunos herpetarios que cumplen con todos o con la mayoría de estos criterios y están ubicados en 18 estados del país (anexo 3), aunque seguramente existen algunos más que cumplen con estas características, pero que lamentablemente no conocemos y que no logramos incluir en este apartado.

En cuanto a otras estrategias de conservación específicas para serpientes, la única existente en México

Tabla 1. Relación de los estados o regiones de la República Mexicana que cuentan con guías específicas sobre serpientes venenosas.

Table 1. States or regions in the Mexican Republic that have specific guidebooks on poisonous snakes.

Estado o región	Autor
Aguascalientes	Sigala-Rodríguez y Vázquez-Díaz (1996)
Chiapas	Luna-Reyes y Suárez-Valásquez (2008); Suárez-Valásquez y Luna-Reyes (2009)
Hidalgo	Fernández-Badillo <i>et al.</i> (2011); Fernández-Badillo (2017)
Querétaro	Cruz-Pérez <i>et al.</i> (2018)
Michoacán	Alvarado-Díaz y Suazo-Ortuño (2006)
Nuevo León	Lazcano-Villareal <i>et al.</i> (2010)
Tabasco	Ojeda-Morales (2004)
Yucatán	Escalante-Chan <i>et al.</i> (2017)
Península de Yucatán	Llamosa-Neumann (2005)
Noroeste de México	Gatica-Colima (2013)

es el Programa de Acción para la Conservación de las especies del género *Crotalus* (SEMARNAT, 2019) que, sin duda, es una herramienta de suma importancia para lograr la conservación de las serpientes de cascabel, ya que México es el país con la mayor diversidad de cascabeles (Campbell y Lamar, 2004).

Medidas de exclusión

Otra propuesta de control ha sido el uso de cercos para impedir que las serpientes entren a algunos sitios. Para ello se propone el uso de una malla de por lo menos 1,8 metros de altura, en la que los primeros 60 cm sean de malla de $\frac{1}{4}$ de pulgada, el exterior debe ser lo más liso posible y la cerca debe tener una inclinación de 30° para evitar que las serpientes puedan trepar. Alrededor de la cerca debe haber un área de por lo menos 60 cm sin arbustos ni árboles, y tampoco deben haber arbustos ni árboles sobresaliendo de la cerca. La cerca debe estar enterrada entre 30 y 60 cm bajo el suelo, para evitar que los mamíferos puedan cavar túneles que permitan el acceso de las serpientes y, además, se debe hacer un mantenimiento continuo a la cerca para detectar posibles huecos o túneles y sellarlos (Klauber, 1982; Parkhurst, 2019). Este método es costoso y solo es útil si el área a proteger es pequeña, como un patio de recreo infantil (Klauber, 1982), por lo que puede no resultar una medida viable, sobre todo en zonas rurales de México.

Medidas de ahuyentamiento

La creencia de que existen sustancias que repelen a las serpientes o evitan su mordedura es muy antigua (Klauber, 1982) y, con ese fin, se han utilizado diversos productos, plantas y remedios: ácido cianhídrico, arsénico, creosota, DDT, gas de cloro, gas de carbón,

dióxido de carbono, bolas de naftalina, sulfato de nicotina y espray de pimienta, entre muchos otros (Klauber, 1982; Julian y Woodward, 1985). También se han usado algunos productos comerciales, como Snake Away®, Snake B Gon®, Snake Defense®, Snake Out®, Snake Shield®, Snake Stopper®, Sure-guard Snake Repellens®, entre otros. Otros productos naturales que se han empleado como repelentes son el ajo y cebolla (Klauber, 1982) o aceites de diversas especies de plantas (Kraus *et al.*, 2015), incluso se ha sugerido el uso de olor artificial de zorrillo o el almizcle de serpientes como *Lampropeltis getula* (San Julian y Woodward, 1985). Sin embargo, no existe realmente ninguna sustancia química, gas, aceite o producto que permita ahuyentar a las serpientes (San Julian y Woodward, 1985; Mengak, 2004; Parkhurst, 2019).

Otra alternativa ha sido el uso de competidores por el alimento o enemigos naturales de las serpientes venenosas. Klauber (1982) menciona, específicamente para el control de serpientes de cascabel, el uso de ciervos, tejones, halcones cola roja o serpientes inofensivas de los géneros *Lampropeltis* y *Pituophis*, así como algunos animales domésticos como los cerdos. Estas prácticas pueden resultar desastrosas y, actualmente, se sabe que las especies exóticas invasoras están causando cambios drásticos en los sistemas ecológicos, alteran profundamente las comunidades y los ecosistemas, contribuyen al descenso de la diversidad biológica (Falaschi *et al.*, 2020) y dañan los servicios ecosistémicos (Gallardo *et al.*, 2019). Además, junto con otras amenazas, estas prácticas están catalogadas como impulsoras de la extinción de especies (Dueñas *et al.*, 2021).

Es más recomendable evitar el sacrificio de las serpientes no venenosas de una zona determinada, ya que son las competidoras naturales de serpientes

venenosas como las víboras de cascabel, de tal forma que, cuantos más roedores consuman las serpientes inofensivas, menos alimento habrá para las serpientes de cascabel (Klauber, 1982). En el caso de México, existen varios géneros de serpientes no venenosas que, debido a su tamaño (superior al metro de longitud), pueden resultar excelentes aliadas en el control de especies venenosas, por lo que se recomienda no sacrificarlas. Tal es el caso de las especies de los géneros *Clelia* y *Drymarchon* y de algunas especies del género *Lampropeltis* (*L. californiae*, *L. polyzona*, *L. splendida*) y del género *Masticophis* (ejem: *M. flagellum*).

Medidas para eliminar alimento y refugios potenciales

Uno de los métodos más eficaces que se han propuesto para minimizar la presencia de serpientes en viviendas o zonas habitadas por personas consiste en eliminar las fuentes de alimento y los posibles refugios para las serpientes y sus presas (Brock y Howard, 1962; Klauber, 1982; Parkhurst, 2019). Para ello es necesario almacenar en recipientes herméticos todo el alimento que pudiera atraer a ratas, ratones, ardillas y otros roedores que son el alimento principal de las serpientes (Klauber, 1982). También es necesario limpiar los alrededores de las viviendas; evitar la acumulación de madera, escombros, cercos de roca, basura, arbustos o cualquier cosa que pudiera funcionar como un refugio para serpientes o ratones (Klauber, 1982; Mengak, 2004), y tapar las madrigueras de roedores que se encuentren (Klauber, 1982).

Aunque estas prácticas pueden resultar útiles y se han empleado en otros países, en las zonas rurales y periurbanas de México resulta imposible, porque se utilizan cercos de piedra, cercos vivos u otro tipo de elementos naturales para la delimitación de las propiedades. Además, es común que los animales de compañía, las aves de corral e incluso el ganado estén sueltos o en corrales fabricados con troncos o roca, y que se alimenten directamente en el suelo o en comederos rústicos que permiten el acceso a los roedores, de tal forma que las serpientes son visitantes o residentes comunes en estos sitios. Además, esto no disminuye inmediatamente el número de serpientes, debido a su capacidad de pasar periodos largos sin alimento (Brock y Howard, 1962).

Translocación

La translocación, que se refiere al traslado de animales silvestres para liberarlos en otra localidad (Nielsen y Brown, 1988), se ha utilizado extensamente con diversos fines (Craven *et al.*, 1998), incluso como medida de mitigación del conflicto entre los seres humanos y la fauna silvestre, para lo cual se transloca la fauna nociva a zonas donde no entre en conflicto con los humanos (Sullivan *et al.*, 2014). En este sentido, se reconocen dos tipos de translocaciones (Hardy *et al.*, 2001): las de larga distancia (TLD) o fuera del ámbito hogareño de la especie y las de corta distancia (TCD) o dentro del ámbito hogareño.

La efectividad de la translocación en la mitigación del conflicto entre los seres humanos y las serpientes se ha evaluado principalmente en zonas urbanas (Sealy, 1997; Reinert y Rupert 1999; Nowak *et al.*, 2002; Kinsbury y Attum, 2009; Massei *et al.*, 2010; Devan–Song *et al.*, 2016; Holding *et al.*, 2014; Sullivan *et al.*, 2014; MacGowan *et al.*, 2017; Pitts *et al.*, 2017), y se ha observado que en las TLD las serpientes translocadas presentan mayor movilidad y poca fidelidad a los sitios de liberación (debido a que no reconocen el nuevo territorio), así como un incremento de la tasa de mortalidad (Reinert y Ruppert, 1999; Nowak *et al.*, 2002; Devan–Song *et al.*, 2016; Sullivan *et al.*, 2014). Por ejemplo, en el caso de las serpientes de cascabel de Norteamérica se ha detectado que la mortalidad se encuentra principalmente asociada al periodo invernal (King *et al.*, 2004; Harvey *et al.*, 2014), debido a que las serpientes translocadas no logran encontrar hibernáculos adecuados y son menos capaces de sobrevivir al invierno (Nowak y Ripper, 1999). En otros casos, la mortalidad de los ejemplares translocados ha estado asociada a los depredadores naturales (Devan–Song *et al.*, 2016).

Sin embargo, también se ha observado que en zonas con climas más cálidos no existen diferencias en la supervivencia de ejemplares translocados a larga distancia y ejemplares residentes, por lo que se recomienda este tipo de translocación como una opción viable (con ciertas especies de serpientes) para mitigar el conflicto entre los seres humanos y las serpientes (Corbit, 2015).

Además, para los ejemplares residentes, la liberación de ejemplares nuevos representa un riesgo por la posible introducción de enfermedades como el paramixovirus (Nowak *et al.*, 2002) y por las posibles alteraciones en la genética poblacional (Massei *et al.*, 2010). Por otro lado, con las TCD, no se ha observado que las serpientes translocadas modifiquen su conducta ni sus patrones normales de actividad, ni que se haya modificado la dimensión de su zona de actividad ni incrementado la tasa de mortalidad (Brown *et al.*, 2009). Incluso se ha observado que las serpientes tampoco se ven afectadas por el estrés a causa de la captura y el manejo repetido durante las translocaciones (Holding *et al.*, 2014). Sin embargo, la TCD a medio y largo plazo no resuelve el conflicto entre los seres humanos y las serpientes, ya que los ejemplares translocados tienden a regresar a las zonas de captura (Brown *et al.*, 2009; Corbit, 2015) y, aunque al parecer tratan de evitar los sitios específicos de la captura (Sealy, 1997), permanecen en zonas donde generan conflicto.

De acuerdo con Sullivan *et al.* (2014), las translocaciones como medida de mitigación deben tener en cuenta aspectos como la ecología, el comportamiento, la sociabilidad y los requerimientos de hábitat para asegurar la supervivencia y persistencia de los ejemplares translocados. En este sentido, contar con información acerca del uso y selección del hábitat de las serpientes permite a los investigadores conocer cuáles son los componentes del hábitat más utilizados (Reinert, 1993), así como aquellos que contribuyen al éxito reproductivo y la supervivencia (Block y Brennan, 1993). Además,

esto permite conocer aspectos sobre la hibernación (Olson *et al.*, 2015) y los patrones de movimiento y actividad diarios y estacionales (Nowak *et al.*, 2002).

No existe ningún estudio publicado en el que se evalúe el efecto de la translocación de serpientes en México ni su uso como medida para la mitigación del conflicto entre los seres humanos y las serpientes. Sin embargo, es común que los biólogos, las asociaciones civiles e incluso las instituciones gubernamentales (p. ej. la CONANP, la Procuraduría Federal de Protección del Ambiente [PROFEPA]), lleven a cabo translocaciones y liberaciones de ejemplares, y difundan estas acciones a través de la prensa o las redes sociales. Sin embargo, en la mayoría de los casos, estas actividades se realizan sin conocer el ámbito hogareño de la especie ni su uso del hábitat, sin un previo análisis de los impactos posibles, en ocasiones sin saber cómo, cuándo y dónde es más adecuado realizar la liberación en función de la especie de que se trate y sin un seguimiento y monitoreo de los ejemplares translocados. Por todo ello, es necesario que estas actividades las lleven a cabo expertos o que estén basadas en estudios científicos bien detallados. Lamentablemente, como existen muy pocos estudios sobre el uso del hábitat y la ecología de las especies venenosas de México, es imprescindible generar este tipo de información para poder tomar decisiones más adecuadas al respecto.

Captura con trampas

Se pueden utilizar distintos tipos de trampas para capturar vivas a las serpientes, como las trampas de caída, solas o acompañadas de cercos de desvío, y las trampas de embudo (Foster, 2012). Asimismo, aunque se ha recomendado el uso de trampas de pegamento (Mengak, 2004), es muy común que las serpientes mueran adheridas a las trampas, además, estas trampas no son selectivas y muchos otros animales podrían adherirse y morir, por lo que no se recomienda su uso.

Debido a que los intervalos de alimentación de las serpientes son muy espaciados e irregulares, el uso de trampas con cebos no funciona tan bien como con los mamíferos y las aves (Klauber, 1982). Además, las trampas de caída deben ser lo suficientemente grandes para evitar que las serpientes que hayan caído en la trampa escapen y deben colocarse en grandes cantidades (Foster, 2012), por lo tanto, su uso puede resultar caro y laborioso y no asegura el control total de las serpientes alrededor de una casa; por consiguiente, es una práctica poco viable para la mayoría de las comunidades rurales o periurbanas de México.

Cabe considerar, además, que las trampas las debe utilizar personal experimentado y que se requieren los permisos y autorizaciones correspondientes para la captura y manipulación de los ejemplares; asimismo, los ejemplares capturados deben ser translocados y se debe evitar su sacrificio.

Medidas de control letal

Algunos autores sugieren que la solución más práctica y menos costosa al conflicto entre los seres humanos

y las serpientes es el sacrificio de ejemplares (Massei *et al.*, 2010). En este sentido, se han mencionado métodos como el uso de fuego, el sacrificio de los ejemplares en su refugio, (Klauber, 1982), la detonación con dinamita de los hibernáculos de invierno (Brock y Howard, 1962), la búsqueda constante y el sacrificio de ejemplares (Brock y Howard, 1962). Por otro lado, se ha sugerido el uso de animales domésticos como gallinas, patos o gansos, que matan serpientes venenosas e inofensivas de tamaño generalmente reducido, y hasta el entrenamiento de perros y gatos para matar serpientes (Brock y Howard, 1962). Uno de los métodos más comunes es simplemente sacrificar a las serpientes en cuanto se les encuentra (Ávila-Villegas, 2017).

En México existen 193 especies de serpientes que se encuentran protegidas por la Norma Oficial Mexicana NOM-ECOL-059-2010. Para llevar a cabo medidas de control letal de forma legal se debe contar con una autorización para el manejo, el control y la resolución de problemas asociados a ejemplares o poblaciones que se tornen perjudiciales (DOF, 2018b). Además, para que se puedan autorizar medidas de control, debe existir un estudio previo, se deben mostrar pruebas del daño causado y se deben proponer las medidas de manejo recomendadas y el destino o uso que se dará a los ejemplares. Sin embargo, en las comunidades rurales, los pobladores no realizan ningún trámite y simplemente sacrifican a los ejemplares.

Las serpientes son depredadores clave en los ecosistemas, principalmente en los agrícolas y de pastizales, ya que realizan un control eficaz de roedores, por lo que el sacrificio intencional de serpientes puede afectar las redes tróficas, alterar la dinámica poblacional depredador-presa y contribuir a la reducción de las poblaciones de serpientes. En último término, todas estas alteraciones en el ecosistema pueden afectar negativamente la salud humana (Pandey *et al.*, 2016). Por todo ello, el sacrificio intencional de serpientes va en contra de los esfuerzos de conservación y de la normativa que protege a las especies (Nowak y Ripper, 1999) y no debería considerarse como una opción viable para la resolución del conflicto entre los seres humanos y las serpientes, ya que las poblaciones de serpientes están decreciendo de forma alarmante debido principalmente a la pérdida de hábitat (Reading *et al.*, 2010), aunque también como consecuencia de la reducción de las poblaciones de anfibios (Zipkin *et al.*, 2020) o de la sobreexplotación humana (Chuanwu *et al.*, 2019).

Además de todo ello, el sacrificio intencional de serpientes incrementa enormemente el riesgo de sufrir una mordedura mortal (Whitaker y Shine, 2000), ya que muchas mordeduras ocurren cuando las personas tratan de matar, manipular o interactuar deliberadamente con una serpiente venenosa (Wasko y Bullard, 2016). Por lo tanto, resulta necesario buscar alternativas para evitar el sacrificio de serpientes, no solo dentro de Áreas Naturales Protegidas y con especies bajo alguna categoría de protección, sino con todas las especies y en todo el territorio donde se distribuyen naturalmente.

Consideraciones finales y recomendaciones

Aunque el miedo a las serpientes que son venenosas puede estar justificado, la percepción negativa de estos animales está influenciada en parte por mitos, falsas creencias y propaganda negativa, que confieren a las serpientes una imagen exageradamente dañina.

Sin embargo, pese al temor popular de morir a causa de una mordedura de serpiente venenosa, la mortalidad por este motivo en México se ha reducido considerablemente y la adecuada recuperación de un accidente de este tipo depende más de la calidad y eficacia del tratamiento que del veneno de la serpiente.

Para poder mitigar el conflicto entre los seres humanos y las serpientes, es necesario llevar a cabo medidas para proteger y conservar a las serpientes, mediante la investigación científica; la participación, capacitación y vinculación ciudadana; la difusión y la educación ambiental. Además, se debe trabajar activamente en el tema del accidente ofídico para promover una cultura de prevención y a su vez, fortalecer todos los aspectos relacionados con su tratamiento, tanto a nivel prehospitalario y hospitalario, así como entre los pobladores de zonas urbanas y rurales, para contar con una población más informada y con actitudes encaminadas a la protección y conservación de las serpientes.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca de doctorado otorgada al primer autor (número de becario 371195), a Guillermo Gil Alarcón, Edgar Neri Castro, Melisa Benard Valle, Miguel Borja Jiménez y Sergio Bárcenas Arriaga por la información proporcionada sobre el accidente ofídico y los estudios de venenos de serpientes mexicanas. A todos los que me proporcionaron contactos o información acerca de las actividades que se realizan en los distintos herpetarios, PIMVS, UMA, redes y asociaciones que trabajan en pro de la conservación de especies de serpientes mexicanas: Raúl Hernández Arciga, Laura Briseño, Eric Centenero, Ricardo Czaplewski, Felipe Agustín Lara Hernández, Víctor Velazquez, Miguel de la Torre Loranca, Gabriel del Valle, Fernando Frego, Guillermo Gil, Jacobo García Grajales, Alejandra Ham, Manuel Kim, Víctor Jiménez Arcos, Marco Antonio Lasserre Laborde, Ezequiel Loveira Rojas, Víctor Moreno Avendaño, Luis Pedro Ocampo Hernández, Ezequiel Julio Moreno Pérez, Javier Olivos Rivera, Javier Ortiz, Edgar Reina, Mario Reyna, Mauricio Rüed, Ariel Fernando Saldivar Flores, David Santollo, Fernando Toledo, Jonathan Torres, Alejandra Versategui Mendoza y Joaquín Villegas. Agradecemos también a los dos revisores anónimos por sus comentarios y sugerencias al manuscrito.

Referencias

Aguilar-López, J. L., 2016. Las serpientes no son como las pintan. *Ciencia*, 67: 6–13.

- Alvarado-Díaz, J., Suazo-Ortuño, I., 2006. Reptiles venenosos de Michoacán. *Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo*. Michoacán, México.
- Anderson, G., Waara, J., Jonsson, U., Malmaeus, F., Carlbring, P., Öst, L. G., 2013. Internet-based exposure treatment versus one-session exposure treatment of snake phobia: a randomized controlled trial. *Cognitive Behaviour Therapy*, 42: 284–291.
- Andrews, K. M., Gibbons, J. W., 2005. How do highways influence snake movement? Behavioral responses to roads and vehicles. *Copeia*, 2005: 772–782.
- Andrews, K. M., Gibbons, J. W., Jochimsen, D. M., Mitchell, J., 2008. Ecological effects of roads on amphibians and reptiles: A literature review. *Herpetological Conservation*, 3: 121–143.
- Andrews, K. M., Jochimsen, D., 2006. *Literature synthesis of the effects of roads and vehicles on amphibians and reptiles*. Federal Highway Administration (FHWA), U.S. Department of Transportation, Report No. FHWA-HEP-08-005. Washington, D.C.
- Arnaud-Franco, G., Cordero-Tapia, A., Ortíz-Ávila, V., Moctezuma-González, C. L., Tejocote-Pérez, M., Carbajal-Saucedo, A., 2018. Comparison of biological and biochemical characteristics of venom from rattlesnakes in the southern Baja California Peninsula. *Toxicon*, 148: 197–201.
- Archundia, I. G., de la Rosa, G., Olvera, F., Calderón, A., Benard-Valle, M., Alagón, A., Corzo, G., 2021. Assessment of neutralization of *Micrurus* venoms with a blend of anti-*Micrurus tener* and anti-ScNtx antibodies. *Vaccine*, 39: 1000–1006.
- Ávila-Villegas, H., 2017. *Serpiente de cascabel. Entre el peligro y la conservación*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- Ballouard, J. M., Provost, G., Barré, D., Bonnet, X., 2012. Influence of a field trip on the attitude of schoolchildren toward unpopular organism: an experience with snakes. *Journal of Herpetology*, 46: 423–428.
- Ballouard, J. M., Ajtic, R., Balint, H., Brito, J. C., Crnobrnja-Isailovic, J., Desmots, D., ElMouden, E. H., Erdogan, M., Feriche, M., Pleguezuelos, J. M., Prokop, P., Sánchez, A., Santos, X., Slimani, T., Tomovic, L., Usak, M., Zuffi, M., Bonnet, X., 2013. Schoolchildren and one of the most unpopular animals: are they ready to protect snakes? *Anthrozoös*, 26: 93–109.
- Beaupre, S. J., Douglas, L. E., 2009. Snakes as indicators and monitors of ecosystem properties. In: *Snakes: Ecology and Conservation*: 224–226 (S. J. Mullin, R. A. Seigel, Eds.). Cornell University Press, USA.
- Benard-Valle, M., Carbajal-Saucedo, A., de Roodt, A., López-Vera, E., Alagón, A., 2014. Biochemical characterization of the venom of the coral snake *Micrurus tener* and comparative biological activities in the mouse and a reptile model. *Toxicon*, 77: 6–15.
- Benard-Valle, M., Neri-Castro, E., Yañez-Mendoza,

- M. F., Lomonte, B., Olvera, A., Zamudio, F., Restano-Cassulini, R., Possani, L. D., Jiménez-Ferrer, E., Alagón, A., 2020. Functional, proteomic and transcriptomic characterization of the venom from *Micrurus browni browni*: Identification of the first lethal multimeric neurotoxin in coral snake venom. *Journal of Proteomics*, 225: 103863.
- Blair, C., Bryson, R. W., Linkem, C. W., Lazcano, D., Kicka, J., McCormack, J. E., 2018. Cryptic diversity in the Mexican highlands: Thousands of UCE loci help illuminate phylogenetic relationships, species limits and divergence times of montane rattlesnakes (Viperidae: *Crotalus*). *Molecular Ecology Resources*, Doi: [10.1111/1755-0998.12970](https://doi.org/10.1111/1755-0998.12970)
- Block, W. M., Brenan, L. A., 1993. The habitat concept in ornithology. Theory and applications. In: *Current Ornithology*, Volume II: 35–91 (D. M. Power, Ed.). Plenum Press, New York, USA.
- Borja, M., Neri-Castro, E., Castañeda-Gaytán, G., Strickland, J. L., Parkinson, C. L., Castañeda-Gaytán, J., Ponce-López, R., Lomonte, B., Olvera-Rodríguez, A., Alagón, A., Pérez-Morales, R., 2018b. Biological and proteolytic variation in the venom of *Crotalus scutulatus scutulatus* from Mexico. *Toxins*, 10: 35.
- Borja, M., Neri-Castro, E., Pérez-Morales, R., Strickland, J. L., Ponce-López, R., Parkinson, C. L., Espinosa-Fernández, J., Saenz-Mata, J., Flores-Martínez, E., Alagón, A., Castañeda-Gaytán, G., 2018a. Ontogenetic change in the venom of the Mexican Black-Tailed Rattlesnake (*Crotalus molossus nigrescens*). *Toxins*, 10: 501.
- Braga, J. R. M., Jorge, A. R. C., Marinho, A. D., Silveira, J. A., Nogueira-Junior, F. A., Bénard-Valle, M., Alagón, A., de Menezes, R. R. P. B., Martins, A. M. C., Feijão, L. X., Monteiro, H. S. A., Jorge, R. J. B., 2020. Renal effects of venoms of Mexican coral snakes *Micrurus browni* and *Micrurus laticollaris*. *Toxicon*, 181: 45–52.
- Branch, W. R., Hacke, W. D., 1980. A fatal attack on a young boy by an African Rock Python *Python sebae*. *Journal of Herpetology*, 14: 305–307.
- Brock, E. M., Howard, W. E., 1962. Control methods for snakes. *Proceedings of the 1st vertebrate pest conference*, 4: 18–31.
- Brown, J. R., Bishop, C. A., Brooks, R. J., 2009. Effectiveness of short-distance translocations and its effects on western Rattlesnakes. *Journal of Wildlife Management*, 73: 419–425.
- Burghardt, G. M., Murphy, J. M., Chizar, D., Hutchins, M., 2009. Combating ophidiophobia: Origins, treatment, education and conservation tools. In: *Snakes: Ecology and Conservation*: 262–280 (S. J. Mullin, R. A. Seigel, Eds.). Cornell University Press, USA.
- Calderon, L. A., Sobrinho, J. C., Zaqueo, K. D., de Moura, A. A., Grabner, A. N., Mazzi, M. V., Marcussi, S., Nomizo, A., Fernandes, C. F. C., Zulani, J. P., Carvalho, B. M. A., da Silva, S. L., Stábeli, R. G., Soares, A. M., 2014. Antitumoral activity of snake venom proteins: New trends in cancer therapy. *BioMed Research International*, Doi: [10.1155/2014/203639](https://doi.org/10.1155/2014/203639)
- Caletrio, J., Fernández, J. M., López, J., Roviralta, F., 1996. Spanish national inventory on road mortality of vertebrates. *Global Biodiversity*, 5: 15–18.
- Campbell, J. A., Lamar, W. W., 2004. *The venomous reptiles of the Western Hemisphere*, vols. 1–2. Comstock, Ithaca, New York.
- Cândido de França, R., Souza-Germano, C. E., Rodrigues-França, F. G., 2017. Composition of a snake assemblage inhabiting an urbanized area in the Atlantic forest of Paraíba State, Northeast Brazil. *Biota Neotropica*, 12: 183–195.
- Carbajal-Márquez, R. A., Cedeno-Vázquez, J. R., Martínez, A., Neri-Castro, E., Machkour-M'Rabet, S. C., 2020. Accessing cryptic diversity in Neotropical rattlesnakes (Serpentes: Viperidae: *Crotalus*) with the description of two new species. *Zootaxa*, 4729: 451–481.
- Carbajal-Saucedo, A., López-Vera, E., Bénard-Valle, M., Smith, E. N., Zamudio, F., de Roodt, A. R., Olvera-Rodríguez, A., 2013. Isolation, characterization, cloning and expression of an alpha-neurotoxin from the venom of the Mexican coral snake *Micrurus laticollaris* (Squamata: Elapidae). *Toxicon*, 66: 64–74.
- Casas-Andreu, G., 2000. Mitos y realidades de los reptiles en México. *Ciencia Ergo Sum*, 7:286–291.
- Cervantes-Huerta, R., Escobar, F., García-Chávez, J. H., González-Romero, A., 2017. Atropellamiento de vertebrados en tres tipos de carretera de la región montañosa central de Veracruz, México. *Acta Zoológica Mexicana*, 33: 472–481.
- Chan, Y. S., Cheung, R. C. F., Xia, L., Wong, J. H., Ng, T. B., Chan, W. Y., 2016. Snake venom toxins: toxicity and medical applications. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 100: 6165–6181.
- Chippaux, J. P., Williams, V., White, J., 1991. Snake venom variability: Methods for study, results and interpretation. *Toxicon*, 29: 1279–1303.
- Chippaux, J. P., 2017. Snakebite envenomation turns again into a neglected tropical disease. *Journal of venomous animals and toxins including tropical diseases*, 23: 38, Doi: [10.1186/s40409-017-0127-6](https://doi.org/10.1186/s40409-017-0127-6)
- Chuanwu, C., Yanfu, Q., Xianfeng, Z., Yanping, W., 2019. Human overexploitation and extinction risk correlates of Chinese snakes. *Ecography*, 42: 1777–1788.
- CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas), 2019. *Brigada de rescate y conservación de serpientes en Barranca de Metztitlán*, <https://www.gob.mx/conanp/articulos/brigada-de-rescate-y-conservacion-de-serpientes-en-barranca-de-metzitlanu> [Consultado el 10 marzo 2021].
- Conover, M. R., 2001. *Resolving Human-Wildlife Conflicts: The Science of Wildlife Damage Management*. CRC Press, Florida, USA.
- Conover, M. R., Butikofer, E., Decker, D. J., 2018. Wildlife damage to crops: Perceptions of agricultural and wildlife leaders in 1957, 1987, and 2017. *Wildlife Society Bulletin*, 42: 551–558.
- Corbit, A. G., 2015. The dynamics of human and rattlesnake conflict in Southern California. Tesis doctoral, Loma Linda University.
- Craven, S., Barnes, T., Kania, G., 1998. Toward a professional position on the translocation of prob-

- lem wildlife. *Wildlife Society Bulletin*, 26: 171–177.
- Cruz-Pérez, M. S., López-Orozco, G., Centenero-Alcalá, E., 2018. *Guía Serpientes de importancia médica en el estado de Querétaro*. Consejo de Ciencia y Tecnología del estado de Querétaro/Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, México.
- Cuesta Terron, C., 1931. Las representaciones ofídicas y simbólicas entre los Mayas, Toltecas y Mexicanos. *Anales del Instituto de Biología de la Universidad Nacional de México*, 2: 73–76.
- Dashevsky, D., Bénard-Valle, M., Neri-Castro, E., Youngman, N. J., Zdenek, C. N., Alagón, A., Portes-Junior, J. A., Frank, N., Fry, B. G., 2020. Anticoagulant *Micrurus* venoms: Targets and neutralization. *Toxicology Letters*, 337, Doi: [10.1016/j.toxlet.2020.11.010](https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2020.11.010).
- Davey, G. C., 1995. Preparedness and phobias: specific evolved associations or a generalized expectancy bias? *Behavioral and Brain Sciences*, 18: 239–274.
- Davis, M. A., Douglas, M. R., Collyer, M. L., Douglas, M. E., 2016. Deconstructing a species-complex: Geometric morphometric and molecular analyses define species in the western rattlesnake (*Crotalus viridis*). *Plos One*, 11: e0146166, Doi: [10.1371/journal.pone.0146166](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0146166)
- De Roodt, A. R., Estévez-Ramírez, J., Paniagua-Solís, J. F., Litwin, S., Carbajal-Saucedo, A., Dolab, J. A., Robles-Ortiz, L. E., Alagón, A., 2004. Toxicidad de venenos de serpientes de importancia médica en México. *Gaceta Médica de México*, 141: 13–21.
- Devan-Song, E. A., Martelli, P., Dudgeon, D., Crow, P., Ades, G., Karraker, N. E., 2016. Is long-distance translocation an effective mitigation tool for White-lipped Pit Vipers (*Trimeresurus albolabris*) in south China? *Biological Conservation*, 204B: 212–220, Doi: [10.1016/j.biocon.2016.10.013](https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.10.013)
- Dodd, C. K. Jr., 1986. Importation of live snakes and snake products into the United States, 1977–1983. *Herpetological Review*, 17: 76–79.
- DOF (Diario Oficial de la Federación), 2012. *Norma Oficial Mexicana NOM-036-SSA2-2012, prevención y control de enfermedades. Aplicación de vacunas, toxoides, faboterápicos (sueros) e inmunoglobulinas en el humano*. Diario Oficial de la Federación, Texto vigente, México.
- 2014. *Reglamento de la Ley General de Vida Silvestre*. Diario Oficial de la Federación, Texto vigente, México.
 - 2018a. *Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos*. Diario Oficial de la Federación, Texto vigente, México.
 - 2018b. *Ley General de Vida Silvestre*. Diario Oficial de la Federación, Texto vigente, México.
 - 2019. *Modificación de anexo normativo III, Lista de especies en riesgo de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT.2010, protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo, publicada el 30 de diciembre de 2010*. Diario Oficial de la Federación, Texto vigente, México.
 - 2020. *Ley General de Salud*. Diario Oficial de la Federación, Texto vigente, México.
- Dueñas, M. A., Hemming, D. J., Roberts, A., Diaz-Soltero, H., 2021. The threat of invasive species to IUCN-listed critically endangered species: A systematic review. *Global Ecology and Conservation*, 26: e01276.
- Durban, J., Sanz, L., Trevisan-Silva, D., Neri-Castro, E., Alagón, A., Calvete, J. J., 2017. Integrated venomomics and venom gland transcriptome analysis of juvenile and adult Mexican rattlesnakes *Crotalus simus*, *C. tzabcan* and *C. culminatus* revealed miRNA-modulated ontogenetic shifts. *Journal of Proteome Research*, 16: 3370–3390.
- El-Aziz, T. M. A., Garcia-Soares, A., Stockand, J. D., 2019. Snake venoms in drug discovery: Valuable therapeutic tools for life saving. *Toxins*, 11, Doi: [10.3390/toxins11100564](https://doi.org/10.3390/toxins11100564)
- Ermacorora, D., 2017. The comparative milk-suckling reptile. *Anthropozoologica*, 52: 59–81.
- Escalante-Chan, J., Franco-Zubieta, P., Sosa-Escalante, M., 2017. *Serpientes venenosas de Yucatán. Guía para la prevención y tratamiento de intoxicación por mordeduras*. Grupo para el conocimiento y la protección de los anfibios y reptiles, Yuumil Kaan, México.
- Falaschi, M., Melotto, A., Maneti, R., Ficetola, G. F., 2020. Invasive species and amphibian conservation. *Herpetologica*, 76: 216–227.
- Fernández-Badillo, L., Morales-Capellán, N., Goyenechea, I., 2011. *Serpientes venenosas del estado de Hidalgo*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Pachuca, Hidalgo, México.
- Fernández-Badillo, L., Morales-Capellán, N., Olvera-Olvera, C. R., Montiel-Canales, G., Goyenechea, I., 2017. *Guía de las serpientes del Estado de Hidalgo*. Pachuca de Soto, Hidalgo, México.
- Fernández-Rubio, F., 2017. El impacto de las serpientes sobre la mente humana. *Argutorio*, 37: 75–88.
- Fitch, H., 1949. Study of Snake Populations in Central California. *American Midland Naturalist*, 41: 513–579.
- Fitzgerald, L. A., Painter, C. W., 2000. Rattlesnake commercialization: long-term trends, issues, and implications for conservation. *Wildlife Society Bulletin*, 28: 235–253.
- Foster, M. S., 2012. Standard techniques for inventory and monitoring. In: *Reptile Biodiversity: Standard methods for inventory and monitoring*: 205–272 (R. W. McDiarmid., M. S. Foster, C. Guyer, J. W. Gibbons, N. Chernoff, Eds.). University of California Press Ltd, Berkeley and Los Angeles, USA.
- Frayre-Torres, M. J., Sevilla-Godínez, E., Orozco-Valerio, M. J., Armas, J., Celis, A., 2006. Mortalidad por contacto traumático con serpiente y lagarto venenosos. México, 1979–2003. *Gaceta Médica de México*, 142: 209–213.
- Gallardo, B., Bacher, S., Bradley, B., Comín, F. A., Gallien, L., Jeschke, J. M., Sorte, C. J. B., Vilà, M., 2019. InvasiBES: Understanding and managing the impacts of invasive alien species on biodiversity and ecosystem services. *NeoBiota*, 50: 109–122.
- García-Osorio, B., Lomonte, B., Benard-Valle, M., López de León, J., Román-Domínguez, L., Mejía-Domínguez, N. R., Lara-Hernández, F., Alagón, A.,

- Neri-Castro, E., 2020. Ontogenetic changes in the venom of *Metlapilcoatlus nummifer*, the mexican jumping viper. *Toxicon*, 184: 204–2014.
- García-Padilla, E., Valdez-Villavicencio, J. H., Peralta-García A., 2018. Las serpientes de cascabel más allá del continente. *Especies*, 28: 6–15.
- Gatica-Colima, A. B., 2013. *Inventario de crotálicos en las zonas áridas del noreste de México*. Universidad de Ciudad Juárez. Instituto de Ciencias Biomédicas. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. GT032, Ciudad de México, México.
- Gayen, D., Dey, S., Roy, U. S., 2017. Diversity of snakes in and around Durgapur city, West Bengal, India. *Zoo's Print*, 32: 17–22.
- Gil-Alarcón, G., Sánchez-Villegas, M. C., Reynoso, V. H., 2011. Tratamiento prehospitalario del accidente ofídico: revisión, actualización y problemática actual. *Gaceta Médica de México*, 147: 195–208.
- González-Rivera, A., Chico-Aldama, P., Domínguez-Viveros, W., Iracheta-Gerez, M. L., López-Alquicira, M., Cuellar-Ramírez, A., Zamora, V., 2009. Epidemiología de las mordeduras por serpiente. Su simbolismo. *Acta Pediátrica Mexicana*, 30: 182–191.
- Grabowsky, E. R., Mackessy, S. P., 2019. Predator-prey interactions and venom composition in a high elevation lizard specialist, *Crotalus pricei* (Twin-spotted Rattlesnake). *Toxicon*, 170: 29–40.
- Greene, H. W., 1997. *Snakes: The evolution of mystery in nature*. University California Press, Berkley y Los Angeles, California, USA.
- Greene, H. W., Campbell, J., 1992. The future of pitvipers. In: *Biology of the Pitvipers*: 421–427 (J. Campbell, E. Brodie, Eds.). Selva, Taylor, Texas.
- Grosselet, M., Villa-Bonilla, B., Ruiz-Michael, G., 2009. Afectaciones a vertebrados por vehículos automotores en 1.2 km de carretera en el Istmo de Tehuantepec. *Actas del Cuarto Congreso Internacional Partners in Flight*, 1: 227–231.
- Guerrero-Garzón, J. F., Benard-Valle, M., Restano-Cassulini, R., Zamudio, F., Corzo, G., Alagón, A., Olvera-Rodríguez, A., 2018. Cloning and sequencing of three-finger toxins from the venom glands of four *Micrurus* species from Mexico and heterologous expression of an alpha-neurotoxin from *Micrurus diastema*. *Biochimie*, 147: 114–121.
- Gutiérrez, J. M., Calvette, J. J., Habib, A. G., Harrison, R. A., Williams, D. J., Warrell, D. A., 2017. Snakebite envenoming. *Nature Reviews Disease Primers*, 3: 17063, Doi: [10.1038/nrdp.2017.63](https://doi.org/10.1038/nrdp.2017.63)
- Hammerschlag, N., Gallagher, Z. J., 2017. Extinction risk and conservation of the earth's national animal symbols. *BioScience*, 67: 744–749.
- Hardy, D. L., Greene, H. W., Tomberlin, B., Webster, M., 2001. Relocation of nuisance Rattlesnakes: problems using short-distance translocation in a small rural community. *Sonoran Herpetologist*, 14: 1–3.
- Harvey, D. S., Lentini, A. M., Cedar, K., Weatherhead, P. J., 2014. Moving Massasaugas: Insight into Rattlesnake relocation using *Sistrurus c. catenatus*. *Herpetological Conservation Biology*, 9: 67–75.
- Healy, K., Carbone, C., Jackson, A. L., 2018. Snake venom potency and yield are associated with prey-evolution, predator metabolism and habitat structure. *Ecology Letters*, Doi: [10.1111/ele.13216](https://doi.org/10.1111/ele.13216)
- Heimes, P., 2016. *Herpetofauna Mexicana, Vol. 1. Snakes of Mexico*. Edition Chimaira, Frankfurt Am Main, Germany.
- Henen, B. T., 2016. Do scientific collecting and conservation conflict? *Herpetological Conservation Biology*, 11: 13–18.
- Hernández-Barrios, C., Fernández-Villagómez, G., Sánchez-Gómez, J., 1995. *Manual para el tratamiento y disposición final de medicamentos y fármacos caducos*. Centro Nacional de Prevención de Desastres/Instituto Nacional de Ecología, México.
- Hernández-Silva, D. A., Pulido-Silva, M. T., Zuria, I., Gallina-Tesaro, S. A., Sánchez-Rojas, G., 2018. El manejo como herramienta para la conservación y aprovechamiento de la fauna silvestre: acceso a la sustentabilidad en México. *Acta Universitaria*, 28: 31–41.
- Hoehl, S., Hellmer, K., Johansson, M., Gredebäck, G., 2017. Itsy bitsy spider...: Infants react with increased arousal to spiders and snakes. *Frontiers in Psychology*, 8: 1710, Doi: [10.3389/fpsyg.2017.01710](https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.01710)
- Holding, M. L., Frazier, J. A., Dorr, S. W., Henningsen, S. N., Moore, I. T., Taylor, E. N., 2014. Physiological and behavioural effects of repeated handling and short-distance translocations on free-ranging northern pacific rattlesnakes (*Crotalus oreganus oreganus*). *Journal of Herpetology*, 48: 233–239.
- Isbell, L. A., 2005. Snakes as agents of evolutionary change in primate brains. *Journal of Human Evolution*, 51: 1–35.
- 2009. *The fruit, the tree and the serpent*. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, USA.
- Jenkins, M., Broad, S., 1994. *International trade in reptile skins: a review and analysis of the main consumer markets, 1983–91*. Traffic International/IUCN/WWF, Cambridge, USA.
- Julian, S. G. J., Woodward, D. K., 1985. What you wanted to know about all you ever heard concerning snake repellents. *Proceedings Eastern Wildlife Damage Control Conference*, 2: 243–248.
- Karanth, K. K., Gupta, S., Vanamamalai, A., 2018. Compensation payments, procedures and policies towards human-wildlife conflict management: Insights from India. *Biological Conservation*, 227: 383–389.
- Kawai, N., Koda, H., 2016. Japanese monkeys (*Macaca fuscata*) quickly detect snakes but not spiders: Evolutionary origins of fear-relevant animals. *Journal of Comparative Psychology*, 130: 299.
- Klauber, L. M., 1982. *Rattlesnakes. Their habits, life histories, and influence on mankind*. University of California Press. Berkeley, Los Angeles and London.
- Köhler, G., Cedeño-Vázquez, J. R., Beutelspacher-García, P. M., 2016a. The Chetumal snake census: generating biological data from road-killed snakes. Part 1. Introduction and identification key to the snakes of southern Quintana Roo, Mexico. *Mesoamerican Herpetology*, 3: 670–687.
- 2016b. The Chetumal snake census: generating biological data from road-killed snakes. Part 2. *Dipsas brevifacies*, *Sibon sanniulus* and *Tropidodipsas*

- sartorii*. *Mesoamerican Herpetology*, 3: 689–705.
- Kraus, F., Stahl, R., Pitt, W., 2015. Chemical repellents appear non-useful for eliciting exit of brown tree snakes from cargo. *International Journal of Pest Management*, 61: 144–152.
- King, R., Berg, C., Hay, B., 2004. A repatriation study of the eastern Massasauga (*Sistrurus catenatus catenatus*) in Wisconsin. *Herpetologica*, 60: 420–429.
- Kinsbury, B. A., Attum, O., 2009. Conservation strategies: Captive rearing, translocation and repatriation. In: *Snakes: Ecology and conservation*: 201–220 (S. J. Mullin, R. A. Seigel, Eds.). Cornell University Press, USA.
- Lazcano-Villarreal, D., Banda-Leal, J., Jacobo-Galván, R. D., 2010. *Serpientes del Estado de Nuevo León*. Universidad Autónoma de Nuevo León, Nuevo León, México.
- Lazcano-Villarreal, D., Esquivel-Arevalo, D. B., Heredia-Villarreal, A. I., García-Salas, J. A., Navarro-Velázquez, B., Nevárez-de los Reyes, M., 2017. Notes on Mexican Herpetofauna 31. Are roads in Nuevo León, Mexico, taking their toll on snake populations? (Part II). *Bulletin of Chicago Herpetological Society*, 52: 185–194.
- Lazcano-Villarreal, D., Salinas-Camarena, M. A., Contreras-Lozano, J. A., 2009. Notes on Mexican Herpetofauna 12. Are roads in Nuevo León, Mexico, taking their toll on snake populations. *Bulletin of Chicago Herpetological Society*, 44: 69–75.
- Llamosa-Neumann, E., 2005. *Serpientes venenosas de la Península de Yucatán*. BIOCLON, México.
- Lomonte, B., Rey-Suarez, P., Fernández, J., Sasa, M., Davinia, P., Vargas, N., Benard-Valle, M., Sanz, L., Corrêa-Netto, C., Núñez, V., Alape-Girón, A., Alagón, A., Gutiérrez, J. M., Calvete, J. J., 2016. Venoms of *Micrurus* coral snakes: Evolutionary trends in compositional patterns emerging from proteomic analyses. *Toxicon*, 122: 7–25.
- Luna-Bauza, E. M., Martínez-Ponce, G., Salazar-Hernández, A. C., 2004. Mordeduras por serpiente venenosa. Panorama epidemiológico de la zona de Córdoba, Veracruz. *Revista de la Facultad de Medicina UNAM*, 47: 149–153.
- Luna-Reyes, R., Suárez-Velázquez, A., 2008. *Reptiles venenosos de Chiapas: reconocimiento, primeros auxilios y tratamiento médico en caso de mordedura*. Instituto de Historia Natural, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.
- Lynch, J. D., 2012. El contexto de las serpientes de Colombia con un análisis de las amenazas en contra de su conservación. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 36: 435–449.
- Lynch, J. D., Angarita-Sierra, T., 2016. *Programa nacional para la conservación de las serpientes presentes en Colombia*. Instituto de Ciencias Naturales; Francisco J. Ruíz-Instituto Nacional de Salud-Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Colombia.
- MacGowan, B. J., Currylow, A. F. T., MacNeil, J. E., 2017. Short-term responses of Timber Rattlesnakes (*Crotalus horridus*) to even-aged timber harvest in Indiana. *Forest Ecology and Management*, 387: 30–36, Doi: [10.1016/j.foreco.2016.05.026](https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.05.026)
- Macías-Rodríguez, E. F., Díaz-Cárdenas, C. O., Gatica-Colima, A. B., Plengue-Tellechea, L. F., 2014b. Variación estacional del contenido proteico y actividad de la PLA₂ del veneno de *Crotalus molossus molossus* entre especímenes de origen silvestre y en cautiverio. *Acta Universitaria*, 24: 38–47.
- Macías-Rodríguez, E. F., Martínez-Martínez, A., Gatica-Colima, A., Bojórquez-Rangel, G., Plengue-Tellechea, L., 2014a. Análisis comparativo de la actividad hemolítica entre las subespecies *Crotalus molossus* y *Crotalus molossus nigrescens*. *Revista Bio Ciencias*, 2: 302–312
- Mackessy, S. P., Leroy, J., Mociño-Deloya, E., Setser, K., Bryson, R. W., Saviola, A. J., 2018. Venom ontogeny in the Mexican Lance-Headed Rattlesnake (*Crotalus polystictus*). *Toxins*, 10, Doi: [10.3390/toxins10070271](https://doi.org/10.3390/toxins10070271)
- Martín del Campo, R., 1936. Los batracios y reptiles según los códigos y relatos de los antiguos mexicanos. *Anales del Instituto de Biología de la Universidad Nacional de México*, 7: 489–512.
- 1938. Ensayo de interpretación del libro undécimo de la historia de Sahagun. *Anales del Instituto de Biología de la Universidad Nacional de México*, 9: 379–391.
- Martínez Hernández, N., 2011. Evaluación cuantitativa y cualitativa de la mortalidad de anfibios y reptiles por atropellamiento en la carretera costera Lázaro Cárdenas-Coahuayana en Michoacán. Tesis de licenciatura, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Michoacán, México.
- Martínez-Romero, G., Rucavado, A., Lazcano, D., Gutiérrez, J. M., Borja-Jiménez, M., Lomonte, B., Garza-García, Y., Zagasti-Cruz, A., 2013. Comparison of venom composition and biological activities of the subspecies *Crotalus lepidus lepidus*, *Crotalus lepidus klauberi* and *Crotalus morulus* from Mexico. *Toxicon*, 71: 84–95.
- Masés-García, C. A., Briones-Salas, M., Sosa-Escalante, J. E., 2021. Assessment of wildlife crime in a high biodiversity region of Mexico. *Journal of Nature Conservation*, 59: 125932.
- Massei, G., Quy, R. J., Gurney, J., Cowan, D. P., 2010. Can translocations be used to mitigate human-wildlife conflicts? *Wildlife Research*, 37: 428–439.
- Meik, J. M., Streicher, J. W., Lawing, A. M., Flores-Villela, O., Fujita, M. K., 2015. Limitations of climatic data for inferring species boundaries: Insights from Speckled Rattlesnakes. *Plos One*, 10:e0131435, Doi: [10.1371/journal.pone.0131435](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0131435)
- Mengak, T. M., 2004. Nuisance wildlife issues. In: *Georgia Master Gardener Handbook*: 1–28 [M. T. Fonseca, K. L. Slagle]. The University of Georgia. College of Agricultural and Environmental Sciences, Georgia, USA.
- Midtgaard, R., 2021. RepFocus – A survey of the reptiles of the world. E-book published by the author. Middelfart, Denmark, <http://repfocus.dk/Serpentes.html> [Consultado el 10 de marzo de 2021].
- Minteer, B. A., Collins, J. P., Love, K. E., Pushendorf, R., 2014. Avoiding (Re)extinction. *Science*, 344: 260–261.

- Miranda, E. B. P., Ribeiro Jr., R. P., Strüssmann, C., 2016. The ecology of human–anaconda conflict: a study using internet videos. *Tropical Conservation Science*, 9: 43–77.
- Morris, M. C., 2017. Rattlesnakes in the Classroom: A Research–based model for educational outreach programs. In: *The Biology of Rattlesnakes II*: 54–64 (M. J. Dreslik, W. K. Hayes, S. J. Baupre, S. P. Mackesy, Eds.). ECO Herpetological Publishing and Distribution, Rodeo, New Mexico, USA.
- Neri–Castro, E., Benard–Valle, M., Gil, G., Borja, M., López de León, J., Alagón, A., 2020a. Serpientes venenosas en México: Una revisión al estudio de los venenos, los antivenenos y la epidemiología. *Revista Latinoamericana de Herpetología*, 3: 5–22.
- Neri–Castro, E., Hernández–Dávila, A., Olvera–Rodríguez, A., Cardoso–Torres, H., Benard–Valle, M., Bastiaans, E., López–Gutiérrez, O., Alagón, A., 2019a. Detection and quantification of a β –neurotoxin (crotoxin homologs) in the venom of the rattlesnakes *Crotalus simus*, *C. culminatus* and *C. tzabcan* from Mexico. *Toxicon*: X, 2: 100007, Doi: [10.1016/j.toxcx.2019.100007](https://doi.org/10.1016/j.toxcx.2019.100007)
- Neri–Castro, E., Lomonte, B., Gutiérrez, M. C., Alagón, A., Gutiérrez, J. M., 2013. Intraspecies variation in the venom of the rattlesnake *Crotalus simus* from Mexico: Different expression of crotoxin results in highly variable toxicity in the venoms of three subspecies. *Journal of Proteomics*. 87: 103–121.
- Neri–Castro, E., Lomonte, B., Valdes, M., Ponce–López, R., Benard–Valle, M., Borja–Jiménez, M., Strickland, J. L., Jones, J. M., Grunwald, C., Zamudio, F., Alagón, A., 2019b. Venom characterization of the three species of *Ophryacus* and proteomic profiling of *O. sphenophrys* unveils Sphenotoxin, a novel Crotoxin–like heterodimeric β –neurotoxin. *Journal of Proteomics*, 192: 196–207.
- Neri–Castro, E., Sanz, L., Olvera–Rodríguez, A., Benard–Valle, M., Alagón, A., Calvete, J. J., 2020b. Venoms and biochemical analysis of the black–tailed horned pitviper, *Mixcoatlus melanurus*, and characterization of Melanurotoxin, a novel crotoxin homolog. *Journal of Proteomics*, 225: 103865.
- Nielsen, L., Brown, R. D., 1988. *Translocation of wild animals*. Wisconsin Humane Society and Cesar Kleberg Wildlife Research Institute, Kingsville, Texas, USA.
- Nowak, E. M., Riper III, V. C., 1999. *Effects and effectiveness of rattlesnake relocation at Montezuma Castle National Monument*. U. S. Geological Survey/FRESC Report Series USGS/FRESC/COPL/1999/17, USA.
- Nowak, E. M., Here, T., McNally, J. T., 2002. Management of "nuisance" effects of translocation on Western Diamond–backed Rattlesnakes (*Crotalus atrox*). In: *Biology of the Vipers*: 533–560 [G. W. Schuet]. Eagle Mountain Publishing, LC., Utah, USA.
- Nyhus, P. J., 2016. Human–Wildlife conflict and coexistence. *Annual Review of Environmental Resources*, 41: 143–171.
- Öhman, A., Mineka, S., 2003. The malicious serpent: Snakes as a prototypical stimulus for an evolved module of fear. *Current Directions in Psychological Science*, 12: 5–9.
- Ojeda–Morales, U. M., 2004. Las serpientes venenosas de Tabasco: Biología, mordeduras, prevención y tratamiento. *Kukulkab' Revista de Divulgación*, 9: 34–42.
- Olson, Z. H., MacGowan, B. J., Hamilton, M. T., Currylow, A. F. T., Williams, R. N., 2015. Survival of Timber Rattlesnakes (*Crotalus horridus*): Investigating individual, environmental and ecological effects. *Herpetologica*, 71: 274–279.
- OMS (Organización Mundial de la Salud), 2019. *Snakebite envenoming: A strategy for prevention and control*. Organización Mundial de la Salud.
- Pandey, D. P., Pandey, G. S., Devkota, K., Goode, M., 2016. Public perceptions of snakes and snakebite management: implications for conservation and human health in southern Nepal. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 12: 1–24.
- Paredes–García, D. M., Ramírez–Bautista, A., Martínez–Morales, M. A., 2011. Distribución y representatividad de las especies del género *Crotalus* en las áreas naturales protegidas de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 82: 689–700.
- Parkhursts, J., 2019. Managing human wildlife interactions: Snakes. *Virginia Cooperative Extension*, 420–421: 1–7.
- Paulino, C. G. H., 2018. La leyenda de la culebra de agua protectora del pueblo de San Bernardo (Oaxaca, México): sustrato mítico zapoteco y dispersión pluricultural. *Boletín de Literatura Oral*, 8: 165–176.
- Pitts, S. L., Hughes, B. D., Mali, I., 2017. Rattlesnake nuisance removals and urban expansion in Phoenix, Arizona. *Western North American Naturalist*, 77: 309–316.
- Ponce–López, R., Neri–Castro, E., Borja, M., Strickland, J. L., Alagón, A., 2020. Neutralizing potency and immunochemical evaluation of an anti–*Crotalus mictlantecutli* experimental serum. *Toxicon*, 187: 171–180.
- Pradhan, S., Mishra, D., Sahu, K. R., 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.
- Puc–Sánchez, J. I., Delgado–Trejo, C., Mendoza–Ramírez, E., Suazo–Ortuño, I., 2013. Las carreteras como una fuente de mortalidad de fauna silvestre de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. *Biodiversitas*, 111: 12–16.
- Reading, C. J., Luiselli, L. M., Akani, G. C., Bonnet, X., Amori, G., Ballouard, J. M., Filippi, E., Naulleau, G., Pearson, D., Rugiero, L., 2010. Are snake populations in widespread decline? *Biology letters*, 2010: 777–780.
- Reinert, H. K., 1993. Habitat selection in snakes. In: *Snakes Ecology and Behavior*, 2nd edition: 201–240 (R. A. Seigel, J. T. Collins, Eds.). The Blackburn Press, New Jersey, USA.
- Reinert, H. K., Rupert, R. R., 1999. Impacts of translocation on behavior and survival of timber rattlesnakes, *Crotalus horridus*. *Journal of Herpetology*, 33: 45–61.

- Reiserer, R. S., Schuett, G. W., Greene, H. W., 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., Adams, R. H., Boissinot, S., Parkinson, C. L., Campbell, J. A., Castoe, T. A., Smith, E. N., 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
- Rincón-Aranguri, M., Urbina-Cardona, N., Galeano, S. P., Bock, B. C., Páez, V. P., 2019. Road kill of snakes on a highway in an Orinoco ecosystem: Landscape factors and species traits related to their mortality. *Tropical Conservation Science*, 12: 1940082919830832.
- Rivas-Mercado, E., Neri-Castro, E., Benard-Valle, M., Hernández-Dávila, A. I., Zamudio-Zuniga, F., Alagón, A., 2017. General characteristics of the venoms from two species of rattlesnakes and an intergrade population (*C. lepidus* x *C. aquilus*) from Aguascalientes and Zacatecas, Mexico. *Toxicon*, 138: 191–195.
- Rivas-Mercado, E., Neri-Castro, E., Benard-Valle, M., Rucavado-Romero, A., Olvera-Rodríguez, A., Zamudio-Zúñiga, F., Alagón, A., Garza-Ocasas, L., 2020. Disintegrins extracted from totonacan rattlesnake (*Crotalus totonacus*) venom and their anti-adhesive and anti-migration effects on MDA-MB-231 dn HMEC-1 cells. *Toxicol in Vitro*, 65: 104809.
- Román-Domínguez, L., Neri-Castro, E., Vázquez-López, H., García-Osorio, B., Archundia, I. G., Ortiz-Medina, J. A., Petricevich, V. L., Alagón, A., Benard-Valle, M., 2019. Biochemical and immunochemical characterization of venoms from snakes of the genus *Agkistrodon*. *Toxicon X*, 4:100013.
- Rosen, P. C., Lowe, C. H., 1994. Highway mortality of snakes in the Sonoran Desert of southern Arizona. *Biological Conservation*, 68: 143–148.
- Rust, S. A., Soles, C., 2014. Ecohorror special cluster: "Living in fear, living in dread, pretty soon we'll all be dead". *Interdisciplinary Studies in Literature and Environment*, 21(3): 509–512, Doi: [10.1093/isle/isu085](https://doi.org/10.1093/isle/isu085)
- Saint-Andrieux, C., Calenge, C., Bonenfant, C., 2020. Comparison of environmental, biological and anthropogenic causes of wildlife-vehicle collisions among three large herbivore species. *Population Ecology*, 62: 64–79.
- San Julian, G. J. S., Woodward, D. K., 1985. What you wanted to know about all you ever heard concerning snake repellents. *Proceedings Eastern Wildlife Damage Control Conferences*, 2: 243–246.
- Sánchez, E. D., Migl, C., Suntravat, M., Rodríguez-Acosta, A., Galan, J. A., Salazar, E., 2019. The neutralization efficacy of expired polyvalent antivenoms: An alternative option. *Toxicon*, 168: 32–39.
- Sánchez, M., Solano, G., Vargas, M., Reta-Mares, F., Neri-Castro, E., Alagón, A., Sánchez, A., Villalta, M., León G., 2020. Toxicological profile of medically relevant *Crotalus* species from Mexico and their neutralization by *Crotalus basiliscus/Bothrops asper* antivenom. *Toxicon*, 179: 92–100.
- Savethesnakes., 2020a. Snake education leads positive results for indigenous community in Mexico, <https://savethesnakes.org/2020/04/18/snake-education-leads-to-positive-results-for-indigenous-community-in-mexico> [Consultado el 10 de marzo de 2021].
- Savethesnakes., 2020b. Art and science education program for the conservation of snake and reduction of the human-snake conflict in Catemaco, Mexico, <https://savethesnakes.org/conservation/catemaco-veracruz-mexico> [Consultado el 10 de marzo de 2021].
- Saviola, A. J., Gandara, A. J., Bryson, R. W., Mackessy, S. P., 2017. Venom phenotypes of the Rock Rattlesnake (*Crotalus Lepidus*) and the Ridge-nosed Rattlesnake (*Crotalus willardi*) from México and the United States. *Toxicon*, 138: 119–129.
- Schlaepfer, M. A., Hoover, C., Dodd, K. Jr., 2005. Challenges in evaluating the impact of the trade in amphibians and reptiles on wild populations. *BioScience*, 55: 256–264.
- Sealy, J. B., 1997. Short-distance translocations of timber rattlesnakes in a North Carolina state park: A successful conservation and management program. *Sonoran Herpetologist*, 10: 94–99.
- Segura, A., Herrera, M., Reta Mares, F., Jaime, C., Sánchez, A., Vargas, M., Villalta, M., Gómez, A., Gutiérrez, J. M., León, G., 2017. Proteomic, toxicological and immunogenic characterization of Mexican west-coast rattlesnake (*Crotalus basiliscus*) venom and its immunological relatedness with the venom of Central American rattlesnake (*Crotalus simus*). *Journal of Proteomics*, 158: 62–72.
- Segura, A., Herrera, M., Vargas, M., Villata, M., Uscanga-Reynell, A., León, G., Gutiérrez, J. M., 2015. Preclinical efficacy against toxic activities of medically relevant *Bothrops* sp. (Serpentes: Viperidae) snake venoms by a polyspecific antivenom produced in Mexico. *Revista de Biología Tropical*, 65: 345–350
- Segura, A., Herrera, M., Villalta, M., Vargas, M., Uscanga-Reynell, A., Ponce de León-Rosales, S., Jiménez-Corona, M. E., Reta-Mares, J. F., Gutiérrez, J. M., León, G., 2012. Venom of *Bothrops asper* from Mexico and Costa Rica: Intraspecific variation and cross-neutralization by antivenoms. *Toxicon*, 59: 158–162.
- SEMARNAT, 2018. *Programa de Acción para la Conservación de Especies: Serpientes de Cascabel (Crotalus spp.)*. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales/ Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, México.
- Shine, R., Koenig, J., 2001. Snakes in the garden: an analysis of reptiles "rescued" by community-based wildlife carers. *Biological Conservation*, 102: 271–283.
- Sigala-Rodríguez, J. J., Vázquez-Díaz, J., 1996. *Serpientes venenosas de Aguascalientes*. Cuadernos de Trabajo 56. Gobierno del Estado de Aguascalientes, Aguascalientes, México.
- Siria-Hernández, C. G., Arellano-Bravo, A., 2009.

- Mordeduras por serpiente venenosa: panorama epidemiológico en México. *Salud Pública de México*, 51: 95–96.
- Soares, S. C., Lindström, B., Esteves, F., Öhman, A., 2014. The hidden snake in the grass: Superior detection of snakes in challenging attentional conditions. *Plos One*, 9(12): e114724, Doi: [10.1371/journal.pone.0114724](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0114724)
- Sosa–Escalante, J. E., 2011. Aplicación de la ley para el combate del tráfico ilegal de vida silvestre en México: el caso de Charco Cercado. *Therya*, 2: 245–262.
- Suárez–Velázquez, A., Luna–Reyes, R., 2009. *Mordeduras por serpientes en Chiapas*. Instituto de Salud Pública del Estado de Chiapas/Régimen Estatal de Protección Social en Salud en Chiapas. Gobierno de Chiapas, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.
- Sullivan, B. K., Nowak, E. M., Kwiatowski, M. A., 2014. Problems with mitigation translocation of herpetofauna. *Conservation Biology*, 29: 12–18.
- Tay–Zavala, J., Díaz–Sánchez, J. G., Sánchez–Vega, J. T., Ruíz–Sánchez, D., Castillo, L., 2002. Serpientes y reptiles de importancia médica en México. *Revista de la Facultad de Medicina UNAM*, 145: 212–219.
- Tierney, K. J., Connolly, M. K., 2013. A review of the evidence for a biological basis for snake fears in humans. *The Psychological Record*, 63: 919–928.
- Vázquez–Díaz, J., Quintero–Díaz, G. E., 2005. *Anfibios y reptiles de Aguascalientes*. Centro de Investigaciones y Estudios en Medio Ambiente, Aguascalientes, México.
- Waheed, H., Moin, S. F., Choudhary, M. I., 2017. Snake venom: From deadly toxins to life–saving therapeutics. *Current Medicinal Chemistry*, 24: 1874–1891.
- Wasko, D. K., Bullard, S. G., 2016. An analysis of media–reported venomous snakebites in the United States, 2011–2013. *Wilderness and Environmental medicine*, 27: 219–226.
- Whitaker, P. B., Shine, R., 2000. Sources of mortality of large elapid snakes in an agricultural landscape. *Journal of Herpetology*, 34: 121–128.
- Williams, D. J., Faiz, M. A., Abela–Ridder, B., Ainsworth, S., Bulfone, T. C., Nickerson, A. D., Habib, A. G., Junghanss, T., Fan, H. W., Turner, M., Harrison, R. A., Warrell, D. A., 2019. Strategy for a globally coordinated response to a priority neglected tropical disease: Snakebite envenoming. *Plos Neglected Tropical Diseases*, 13, Doi: [10.1371/journal.pntd.0007059](https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0007059)
- Yañez–Arenas, C., 2014. Análisis temporal y geográfico del envenenamiento por mordedura de serpiente en Veracruz, México (2003–2012). *Gaceta Médica de México*, 1: 60–4.
- Yañez–Arenas, C., Townsend–Peterson, A. T., Morkondoko, P., Rojas–Soto, O., Martínez–Meyer, E., 2014. The use of ecological niche modelling to infer potential risk areas of snakebite in the Mexican state of Veracruz. *Plos One*, 9: e100957, Doi: [10.1371/journal.pone.0100957](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0100957)
- Yañez–Arenas, C., Yañez–Arenas, A., Martínez–Ortiz, D., 2016. Epidemiological panorama of venomous snake bites in the state of Yucatan, Mexico (2003–2012). *Gaceta Médica de México*, 152: 511–516.
- Yuan, F. L., Bullullaya, U. P., Roshnath, R., Bonebrake, T. C., Sinu, P. A., 2020. Sacred groves and serpent–gods moderate human–snake relations. *People and Nature*, 2020:111–122.
- Zaher, H., Murphy, R. W., Arredondo, J. C., Graboski, R., Machado–Filho, P. R., Mahlow, K., Montingelli, G. G., Bottallo–Quadros, A., Orlov, N. L., Wilkinson, M., Zhang, Y., Grazziotin, F. G., 2019. Large–scale molecular phylogeny, morphology, divergence–time estimation, and the fossil record of advanced caenophidian snakes (Squamata: Serpentes). *Plos One*, 14: e0216148, Doi: [10.1371/journal.pone.0216148](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0216148)
- Zaragoza–Bastida, A., Flores–Aguilar, S. C., Aguilar–Castro, L. M., Morales–Ubaldo, A. L., Valladares–Carranza, B., Rangel–López, L., Olmedo–Juárez, A., Rosenfeld–Miranda, C. E., Rivero–Pérez, N., 2020. Antibacterial and hemolytic activity of *Crotalus triseriatus* and *Crotalus ravus* venom. *Animals*, 10: 281.
- Zhou, Z., Jiang, Z., 2004. International trade status and crisis for snake species in China. *Conservation Biology*, 18: 1386–1394.
- Zipkin, E. F., DiRenzo, G. V., Ray, J. M., Rossman, R., Lips, K. R. 2020. Tropical snake diversity collapses after widespread amphibian loss. *Science*, 367: 1–3.
- Zúñiga–Carrasco, I. R., Caro–Lozano, J., 2013. Aspectos clínicos y epidemiológicos de la mordedura de serpientes en México. *Evidencia Médica e Investigaciones en Salud*, 6: 125–136.

Anexo 1. Especies de serpientes venenosas mexicanas cuyo veneno ha sido objeto de estudio. Fuente: 1, De Roodt *et al.* (2004); 2, Segura *et al.* (2012); 3, Martínez-Romero *et al.* (2013); 4, Neri-Castro *et al.* (2013); 5, Benard-Valle *et al.* (2014); 6, Carbajal-Saucedo *et al.* (2013); 7, Macías-Rodríguez *et al.* (2014a, 2014b); 8, Lomonte *et al.* (2016); 9, Durban *et al.* (2017); 10, Rivas-Mercado *et al.* (2017); 11, Saviola *et al.* (2017); 12, Segura *et al.* (2017); 13, Arnaud-Franco *et al.* (2018); 14, Borja *et al.* (2018a); 15, Borja *et al.* (2018b); 16, Guerrero-Garzón *et al.* (2018); 17, Mackessy *et al.* (2018); 18, Grabowsky y Mackessy (2019); 19, Román-Domínguez *et al.* (2019); 20, Neri-Castro *et al.* (2019a); 21, Neri-Castro *et al.* (2019b); 22, Benard-Valle *et al.* (2020); 23, Neri-Castro *et al.* (2020b); 24, Rivas-Mercado *et al.* (2020); 25, Zaragoza-Bastida *et al.* (2020); 26, Dashevsky *et al.* (2020); 27, Braga *et al.* (2020); 28, García-Osorio *et al.* (2020); 29, Ponce-López *et al.* (2021); 30, Archundia *et al.* (2021).

Annex 1. Species of poisonous snakes in Mexico for which studies have been published regarding their poison. (For abbreviations of sources see above).

Familia		Familia	
Especie	Fuente	Especie	Fuente
Familia Elapidae		<i>Crotalus lepidus</i> 3, 10, 11	
<i>Micrurus browni</i>	16, 22, 26, 27, 30	<i>Crotalus mictlantecuhtli</i>	20, 29
<i>Micrurus elegans</i>	8	<i>Crotalus molossus</i>	7, 14
<i>Micrurus diastema</i>	8, 16, 26, 30	<i>Crotalus mitchelli</i>	13
<i>Micrurus distans</i>	8, 26, 30	<i>Crotalus polystictus</i>	17
<i>Micrurus laticollaris</i>	1, 6, 8, 16, 26, 27, 30	<i>Crotalus pricei</i>	18
<i>Micrurus nigrocinctus</i>	1	<i>Crotalus ravus</i>	25
<i>Micrurus tener</i>	5, 16, 26	<i>Crotalus ruber</i>	13
Familia Viperidae		<i>Crotalus scutulatus</i>	15
<i>Agkistrodon bilineatus</i>	1, 19	<i>Crotalus simus</i>	4, 9, 20
<i>Agkistrodon russeolus</i>	19	<i>Crotalus totonacus</i>	24
<i>Agkistrodon taylori</i>	19	<i>Crotalus triseriatus</i>	25
<i>Bothrops asper</i>	1, 2	<i>Crotalus tzabcan</i>	9, 20
<i>Crotalus aquilus</i>	10	<i>Crotalus willardi</i>	11
<i>Crotalus atrox</i>	1	<i>Mettlapilcoatlus nummifer</i>	1, 11, 28
<i>Crotalus basiliscus</i>	1, 12	<i>Mixcoatlus melanurus</i>	23
<i>Crotalus catalinensis</i>	13	<i>Ophryacus smaragdinus</i>	21
<i>Crotalus culminatus</i>	4, 9	<i>Ophryacus sphenophrys</i>	21
<i>Crotalus ehecatl</i>	20	<i>Ophryacus undulatus</i>	21

Anexo 2. Asociaciones independientes en México dedicadas al estudio, la protección y la conservación de los anfibios y reptiles.

Annex 2. Independent associations in Mexico dedicated to the study, protection and conservation of amphibians and reptiles.

Nombre	Ubicación
Red para la Conservación y Divulgación de los Reptiles Venenosos de Chiapas	Chiapas
Red de Ayuda para el Accedente Ofídico–UNAM	Ciudad de México
Vida Silvestre Coatl AC	Ciudad de México
Herpetológica LAB	Ciudad de México
Hook it	Ciudad de México
Fundación Haghenbeck	Ciudad de México
Usea	Ciudad de México
Red de Divulgación de Anfibios y Reptiles MX	Estado de México
Coatlan ICVS	Estado de México
Herpetario de la Sierra Gorda	Guanajuato
X–Plora Reptilia	Hidalgo
HerpMex	Jalisco
Red de anfibios y reptiles de Michoacán	Michoacán
Sociedad Herpetológica del Noroeste A.C.	Nuevo León
Anfibios y reptiles de Querétaro	Querétaro
Anfibios y reptiles de San Luís de Potosí	San Luís de Potosí
Red de divulgación de herpetofauna y expediciones Sinaloa	Sinaloa
Club de herpetología UNISON	Sonora
Grupo de anfibios y reptiles del sureste mexicano	Tabasco
Instituto Lorancai	Veracruz
Vida Verde y Conservación	Veracruz
Ekuneil	Yucatán
Red para la conservación de los anfibios y reptiles de Yucatán	Yucatán
Grupo para el conocimiento y la protección de los anfibios y reptiles Yumil Kaan	Yucatán

Anexo 3. Herpetarios que contribuyen a la conservación de las especies de serpientes mexicanas: E, exhibición; Dea, difusión y educación ambiental; I, investigación; As, aprovechamiento sostenible; Afe, apoyo a la formación académica; R, reproducción.

Annex 3. Herpetariums that contribute to the conservation of snake species in Mexico: E, exhibition; Dea, diffusion and environmental education; I, research; As, sustainable use; Afe, support for academic training; R, reproduction.

Nombre	Ubicación	E	Dea	I	As	Afe	R
Colección Zoológica de la Universidad de Aguascalientes	Aguascalientes		X	X		X	
Serpentario de la Paz	Baja California	X	X	X	X	X	X
Herpetario de Zoomat	Chiapas	X	X	X	X	X	X
Herpetario de la Facultad de Ciencias de la UNAM	Ciudad de México	X	x	X		X	X
Herpetario del Zoológico de Aragón	Ciudad de México	X	X	X	X	X	X
UMA Deval Animal	Ciudad de México	X	X	X	X	X	X
BioMuseo Reptiles SC	Ciudad de México	X	X	X	X	X	X
Herpetario La Granja	Ciudad de México	X	X	X	X	X	X
Herpetario del Museo del Desierto	Coahuila	X	X		X	X	X
Herpetario Zoológico de Colima	Colima	X	X				
Centro Regional de Educación para la Conservación	Durango	X	X	X		X	
Vivario de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM	Estado de México	X	X	X		X	X
Animal City de México	Estado de México		X		X	X	X
Herpetario Draconis	Estado de México	X	X	X	X	X	X
Teutle Museo de Serpientes	Estado de México	X	X	X	X	X	X
Herpetario de la Siera Gorda	Guanajuato	X	X	X		X	
X–Plora Reptilia	Hidalgo	X	X	X	X	X	X
Herpetario del Zoológico de Guadalajara	Jalisco	X	X		X	X	X
Herpetario del Zoológico de Morelia	Michoacán	X	X	X	X	X	X
Herpetario del INIRENA, UMSNH	Michoacán	X	X	X		X	
Herpetario Cantil–Instituto de Biotecnología, UNAM	Morelos	X	X	X		X	
Barranca Honda	Morelos	X	X	X	X		X
Herpetario de la Selva Morelos	Morelos	X	X	X	X		X
Herpetario de la UANL	Nueva León			X		X	X
Herpetario de la BUAP	Puebla			X		X	
Museo Viviente	Puebla	X	X	X	X	X	X
Herpetario del Africam Zafari	Puebla	X	X	X	X	X	X
Herpetario de la UAQ	Querétaro	X	X	X	X	X	
Herpetario CrocoCun	Quintana Roo	X	X	X	X		
Herpetario del Centro Ecológico de Sonora	Sonora	X	X			X	X
Herpetario del Parque Museo La Venta	Tabasco	X	X	X	X	X	X
Herpetario del Centro Ecoturístico de El Cielo	Tamaulipas	X	X		X		
Herpetario Kukulcán	Tlaxcala	X	X	X	X	X	X
Herpetario Coatlique	Veracruz	X	X		X	X	
Herpetario Palancoatl	Veracruz		X	X	X	X	X
Vida Verde y Conservación	Verecruz	X	X	X	X	X	X
UMA Tsáb Kaan	Yucatán	X	X	X	X	X	X
UMA Parque Bicentenario Animaya	Yucatán	X	X	X	X	X	X