

Revista de la Asociación Herpetológica del Estado de Sonora



AÑO 1

NÚMERO 1 SEPTIEMBRE 2026-MARZO 2027



CONSEJO EDITORIAL**Editor Responsable**

Ilie Gilberto Soto Espinoza

Editores adjuntos

María de la Paz Montañez Armenta

José Ángel Huerta Ocampo

Diseño editorial

Alma Sarahí Pacheco Palomares

Coordinador de editores

Iván Parra Salazar

Coordinadores de distribución digital

Fátima Margarita Nava Pino
 Daniel Francsico Meza Dórame
 Gabriel Octavio Tapia Fraijo

Comité de revisores**Coordinador**

Adrián Quijada Mascareñas

Revisores

Irma Córdova Bracamontes
 Edgar Sandoval Petris
 Manuel Nevarez de los Reyes
 Rafael Alejandro Lara Reséndiz
 Francisco Javier Escobedo Murillo
 Uriel Flores Figueroa
 Mahmood Sasa Marín
 Alejandro Carbajal Saucedo
 Adrián Marcelo Franco Vásquez

Redes sociales

María Pacheco Palomares
 Leticia Juárez Cambray

Imagen de la portada: Rana arborícola de tierras bajas (*Smilisca fodiens*). Fotografía realizada por Rodolfo Vega Littlewood

Revista de la Asociación Herpetológica del Estado de Sonora, año 1, no. 1, septiembre 2026-marzo 2027, es una publicación semestral editada por la Asociación Herpetológica del Estado de Sonora, A. C. Dirección: Gabriel Zaid #15, Urbi Villa del Cedro, Hermosillo, Sonora, C.P. 83107, tel. (662) 152 9927, vinculacion@ahes.com.mx, Editor responsable: Ilie Gilberto Soto Espinoza. Disponible para su descarga gratuita en <https://ahes.com.mx> Reserva de derechos al Uso Exclusivo: EN TRÁMITE, ISSN: EN TRÁMITE, ambos a ser otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este Número, Alma Sarahí Pacheco Palomares, Centro Ecológico de Sonora, Hermosillo, Sonora, C.P. 83000, fecha de última modificación, 03/septiembre /2026.

CONTENIDO

Editorial.....	4
-----------------------	----------

Jejenes Hematófagos como Ectoparásitos de Reptiles: Hospederos, Distribución e Importancia Ecológica.....	5
--	----------

Adrian Quijada, Manuel Nevarez de los Reyes, Art Borkent, Vlad Parra, Irma Cordova-Bracamontes, e Ivan Parra-Salazar

Nuevo registro de la serpiente <i>Crotalus intermedius</i> (VIPERIDAE) para el Municipio de Villa de Tezontepec, Hidalgo.....	10
--	-----------

Aldo Pérez, Karla Batún-Sánchez, Fernando Rosas-Pacheco y Leonardo Fernández Badillo

Reptiles Venenenosos: Función Ecológica Evolución del Veneno y Percepciones Humanas.....	13
---	-----------

Uriel Flores Figueroa

El Veneno de las Serpientes, su Aprovechamiento Biotecnológico y Potencial para el Desarrollo de Nuevos Fármacos.....	21
--	-----------

Espinosa-Plascencia, A., Hernández-Ortíz, M. y Huerta-Ocampo, JA.

Serpientes de Cascabel Insulares: Evolución y Adaptación en el Golfo de California.....	30
--	-----------

Arnaud-Franco, G. y Ayala-Rodríguez, JJ.

Editorial

Un nuevo horizonte para la herpetología neotropical: Nace nuestra revista científica

El conocimiento de la biodiversidad es, quizás, una de las empresas más urgentes y fascinantes del siglo XXI. En un continente caracterizado por una riqueza biológica deslumbrante pero profundamente amenazada, la comprensión de los herpetozoos —anfibios y reptiles— representa tanto un reto teórico fundamental como una responsabilidad ética insoslayable. Con enorme entusiasmo, orgullo científico y un profundo sentido de compromiso académico, presentamos hoy el primer número de esta revista científica dedicada de manera exclusiva al avance, discusión y difusión del conocimiento herpetológico.

Nuestra disciplina ha experimentado una transformación radical en las últimas décadas. La herpetología ha dejado de ser una rama meramente descriptiva para convertirse en un campo dinámico e interdisciplinario donde convergen la biología integrativa, la genómica de la conservación, la ecofisiología, la macroevolución, la biogeografía y la biomedicina. Los anfibios y reptiles no son solo componentes clave del ensamblaje ecológico en casi todos los ecosistemas del planeta; son también modelos indispensables para responder preguntas fundamentales sobre la evolución de los vertebrados, la fisiología de la adaptación frente al cambio climático y la complejidad biomecánica de la depredación y la defensa, como lo demuestra la sofisticada evolución de las toxinas y los venenos de serpiente.

Al mismo tiempo, nos encontramos en una carrera contra el tiempo. Los anfibios continúan liderando las listas de los grupos taxonómicos más amenazados del planeta debido a enfermedades emergentes, la pérdida de hábitat y la contaminación, mientras que numerosas especies de reptiles enfrentan presiones sin precedentes por la fragmentación del territorio y el tráfico ilegal. En este contexto, una revista científica no es simplemente una plataforma para la publicación de datos; es un espacio de convergencia crítica donde la evidencia objetiva se transforma en la base sólida para la toma de decisiones en conservación y gestión ambiental.

El continente americano, desde los desiertos

septentrionales y los complejos montañosos de México hasta la deslumbrante cuenca amazónica y los Andes, alberga una de las herpetofaunas más diversas e intrincadas del mundo. No obstante, gran parte de esta megadiversidad aún requiere de estudios taxonómicos sistemáticos, caracterizaciones ecológicas detalladas, monitoreos poblacionales a largo plazo y análisis evolutivos integrales.

Iniciamos este camino con la convicción de que el estudio riguroso de los anfibios y reptiles es indispensable para comprender el funcionamiento de los ecosistemas garantizando así su preservación. Invitamos a la comunidad científica a apropiarse de esta revista, a nutrir la con sus aportaciones, a discutir activamente sus contenidos y a consolidarla como el órgano de difusión científica que nuestra región merece.

Dar vida a un proyecto editorial de esta magnitud es una tarea titánica que requiere la conjunción de voluntades, disciplina inquebrantable y una pasión compartida por la ciencia. La concreción de este primer volumen no habría sido posible sin el esfuerzo coordinado de un grupo excepcional de trabajo al que hoy expresamos nuestro más profundo y sincero reconocimiento.

Deseamos manifestar nuestra gratitud más sincera a las investigadoras e investigadores que confiaron en este proyecto emergente y enviaron sus contribuciones para este número inaugural. Apostar por una nueva plataforma editorial requiere visión, valentía y generosidad intelectual.

Muchas gracias a los investigadores que han dedicado varias horas, con una minuciosidad impecable, a la revisión por pares. Su labor silenciosa, imparcial y rigurosa es el verdadero motor que garantiza la validez metodológica y el estándar de excelencia científica de cada página que hoy ve la luz. La revisión entre pares es el pilar de la confianza comunitaria en la ciencia, y el compromiso de nuestro cuerpo editorial ha sido ejemplar desde el primer día.

A nuestro equipo editorial, a los autores pioneros de este primer número y a todos los lectores que hoy nos acompañan: sean bienvenidas y bienvenidos a esta nueva etapa. La herpetología de las Américas tiene aquí su casa.

**Asociación Herpetológica del
Estado de Sonora A. C.**

Artículo de Perspectivas



Recibido: 27-04-2026 Aceptado: 30-07-2026 Disponible en línea: 03-09-2026

Jejenes Hematófagos como Ectoparásitos de Reptiles: Hospederos, Distribución e Importancia Ecológica

Adrián Quijada¹, Manuel Nevarez de los Reyes², Art Borkent³, Vlad Parra⁴, Irma Córdova-Bracamontes⁴, e Iván Parra-Salazar⁴.

¹Land Grant Office of Sustainability, Tohono O'odham Community College, Sells, Arizona 85634, USA.

²Proyecto Digitostigma Cactus Nursery, General Escobedo, Nuevo León, C.P. 66050, Mexico.

³Research Associate of the American Museum of Natural History, 691-8th Ave. SE, Salmon Arm, British Columbia, V1E 2C2, Canada.

⁴AIS-Sonora, Hermosillo, Sonora, C.P. 83140, Mexico.

Correspondencia: aquijada@tocc.edu

Resumen

Este artículo explora la relación entre los jejenes picadores de la familia Ceratopogonidae y los reptiles, centrándose en la especie *Leptoconops californiensis*. Aunque tradicionalmente se ha estudiado la parasitación de mamíferos, aves y otros insectos, la conexión de estos insectos hematófagos con lagartos y serpientes apenas comienza a investigarse en detalle. *L. californiensis*, presente en zonas desérticas del suroeste de Estados Unidos y noroeste de México, ha ampliado su área de distribución y variedad de hospederos más allá de lo inicialmente documentado. El artículo recopila información sobre la biología, distribución y efectos ecológicos de este ectoparásito, destacando su importancia como vector de patógenos y su desarrollo en suelos arenosos húmedos, lo que explica su presencia en ecosistemas de dunas desérticas.

Palabras clave: Ceratopogonidae, *Leptoconops californiensis*, ectoparásitos de reptiles, parásitos de lagartos, parásitos de serpientes, vectores de patógenos, biología de jejenes, dunas desérticas, hospederos de jejenes, insectos hematófagos.

Abstract

This article examines the relationship between biting midges of the family Ceratopogonidae and reptiles, focusing on the species *Leptoconops californiensis*. Although the parasitism of mammals, birds, and other insects has traditionally been studied, the connection between these blood-feeding insects and lizards and snakes is only beginning to be explored in detail. *L. californiensis*, found in the desert regions of the southwestern United States and northwestern Mexico, has expanded its distribution and host range beyond what was initially documented. The article compiles information on the biology, distribution, and ecological effects of this ectoparasite, highlighting its importance as a pathogen vector and its development in moist sandy soils, which explains its presence in desert dune ecosystems.

Keywords: Ceratopogonidae, *Leptoconops californiensis*, ectoparasites of reptiles, lizard parasites, snake parasites, pathogen vectors, midge biology, desert dunes, midge hosts, blood-feeding insects.

Introducción

Dentro de la amplia variedad de artrópodos que se alimentan de sangre y parasitan a vertebrados, los jejenes picadores de la familia Ceratopogonidae forman un grupo taxonómico cuyas conexiones con reptiles han sido poco estudiadas.

Estos pequeños insectos, conocidos popularmente como jejenes tienen una presencia global y viven en ecosistemas tan distintos como playas costeras y dunas desérticas del interior (Wirth y Atchley 1973). Aunque es común que mamíferos, aves e insectos sean huéspedes habituales de los jejenes

ceratopogónidos, sus vínculos alimenticios con reptiles, principalmente lagartos y serpientes solo han empezado a explorarse detalladamente.

El jején de la especie *Leptoconops californiensis* Wirth & Atchley, se ha convertido en un ectoparásito importante que afecta a reptiles de zonas desérticas en el suroeste de Estados Unidos y el noroeste de México (Fig. 1). Inicialmente descrito en las dunas del centro y sur de California y en Sonora, México (Wirth y Atchley 1973), este jején ha sido hallado posteriormente en áreas más extensas y en una gama de especies hospederas mayor de lo esperado. Diversos informes breves sobre su historia natural han enriquecido notablemente nuestro conocimiento sobre sus relaciones con los hospederos, su área de distribución y sus posibles efectos ecológicos. Este artículo recopila información sobre jejenes hematófagos, enfocándose en *L. californiensis* como ectoparásito de reptiles mediante observaciones en lagartos y serpientes del Desierto Sonorense.



Figura 1. El jején de las dunas (*Leptoconops californiensis* Wirth & Atchley) se ha reconocido como un ectoparásito de relevancia que afecta a reptiles en ambientes desérticos del suroeste de Estados Unidos y el noroeste de México. Foto Vlad Parra.

Taxonomía y Antecedentes Biológicos

Los jejenes del género *Leptoconops*, subgénero *Brachyconops* (familia Ceratopogonidae), son moscas pequeñas que se encuentran en todo el mundo y muchas especies adultas son hematófagas. Los ceratopogónidos pueden transmitir patógenos al ganado, humanos y reptiles, siendo vectores relevantes de parásitos protozoarios. *Leptoconops californiensis* desarrolla sus larvas en suelos arenosos húmedos generalmente en las playas, lo que justifica su presencia en ecosistemas de dunas desérticas.

Únicamente las hembras adultas de *L. californiensis* presentan hábitos hematófagos, alimentándose sobre la superficie dorsal de los hospederos, abarcando desde la región cefálica hasta la porción proximal de la cola (Turner y Olson 2005). Durante este proceso, los individuos se adhieren firmemente al hospedero y es posible notar la distensión abdominal progresiva a medida que ingieren sangre, lo que origina un cambio visible en la coloración, pasando de tonos oscuros a rojizos (Fig. 3) (Quijada et al. 2024a; Quijada et al. 2024b). Se ha documentado que un solo lagarto puede alojar hasta tres jejenes simultáneamente; estos ectoparásitos suelen permanecer adheridos incluso cuando el hospedero está en movimiento activo, desprendiéndose únicamente bajo condiciones de perturbación (Turner y Olson 2005; Quijada et al. 2024a).

Hospederos lagartos: especies conocidas y distribución

Los primeros datos sistemáticos relativos a la hematofagia de *L. californiensis* sobre reptiles fueron presentados por Mullens et al. (1997), quienes documentaron este comportamiento en cinco especies de lagartos presentes en sistemas de dunas desérticas: *Callisaurus draconoides* (Blainville, 1835), (perritas; lagartija cola de zebra), *Uma inornata* (Cope, 1895) (lagartija arenera del Valle de Coachella), *Uma rufopunctata* (Baird, 1859), (lagartija arenera del desierto yumano), (Ver Figura 2) *Uma scoparia* (Cope, 1894) (lagartija arenera del Mojave) y *Phrynosoma mcallii* (Hallowell, 1852) (lagartija cornuda de cola plana). Estos registros, principalmente originados en California y el noroeste de Sonora, México, constituyeron la base para la comprensión inicial de las interacciones de este jején con los reptiles como hospederos.

En 2005, Turner y Olson ampliaron considerablemente tanto el rango de hospederos conocido como la distribución geográfica de *L. californiensis*. En su trabajo realizado en las dunas de Mohawk, al suroeste de Arizona, capturaron hembras de *L. californiensis* sobre los cuerpos de cuatro *Uma rufopunctata*, dos iguanas del desierto (*Dipsosaurus dorsalis* Baird and Girard, 1852) y una lagartija cornuda del desierto (*Phrynosoma platyrhinos* Girard, 1852). Estos especímenes constituyen los primeros registros confirmados de la especie en Arizona, lo que implica una extensión del rango de aproximadamente 70 km hacia el norte respecto a la población más cercana previamente registrada en el Gran Desierto de Sonora, México.

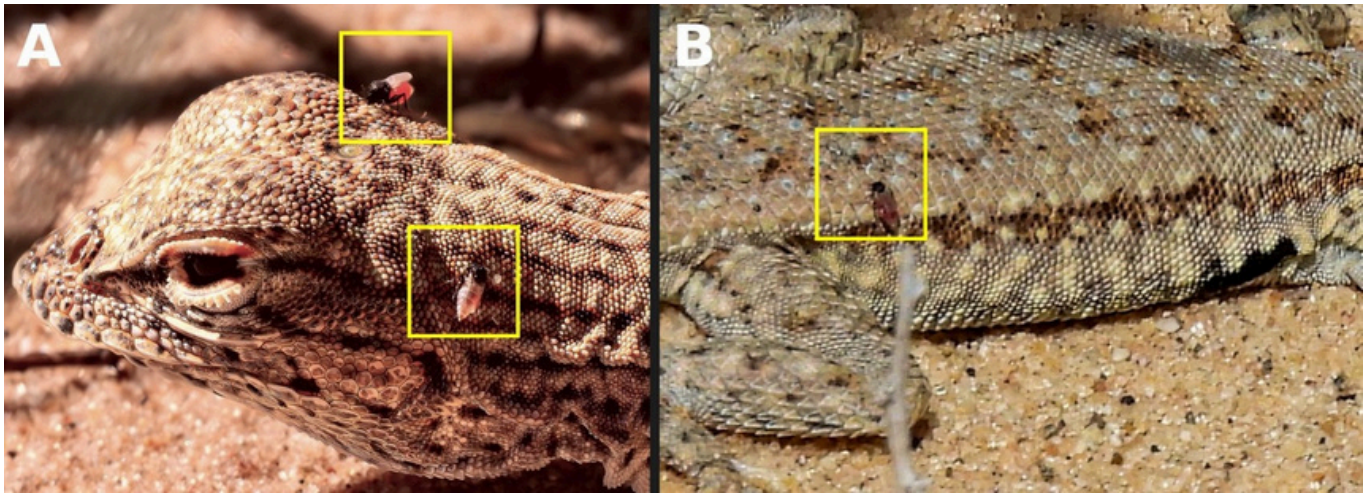


Figura 2. Jejenes *Leptoconops californiensis* alimentándose en dos especies de lagartijas señaladas en los recuadros amarillos. A) Lagartija arenera del desierto (*Uma rufopunctata*). Foto de Vlad Parra. B) Lagartija de manchas laterales occidental (*Uta stansburiana*). Foto de Irma Cordova-Bracamontes.

La inclusión de *D. dorsalis* y *P. platyrhinos* como hospederos eleva a siete el número total de especies de lagartos hospederos identificadas hasta la fecha.

Observaciones recientes en la región del Gran Desierto, al norte de Sonora, México, han permitido identificar nuevas especies hospederas. Quijada et al. (2024a) informaron el primer registro de *L. californiensis* alimentándose de la lagartija de manchas laterales occidental (*Uta stansburiana* Baird & Girard, 1852), observada el 16 de marzo de 2024 en dunas de arena ubicadas aproximadamente a 7 km al este-sureste del aeropuerto de Puerto Peñasco (Fig. 2). Los autores señalaron que esta asociación probablemente es frecuente debido al amplio solapamiento de ambas especies en hábitats de dunas de los desiertos Sonorense, Mojave y Colorado. De manera análoga, Quijada et al. (2024b) reportaron el primer caso documentado de *L. californiensis* alimentándose de la lagartija arenera yumana (*Uma cowlesi* Heifetz, 1941), registrado al observarse la alimentación sobre un individuo adulto en un pequeño parche de dunas móviles en el Gran Desierto el 12 de abril de 2024. Ese mismo día se registraron dos eventos adicionales de alimentación sobre *U. cowlesi*, siendo el segundo un jején engurgitado adherido detrás del lado izquierdo de la cabeza del lagarto. Este hallazgo representó la cuarta especie de *Uma* documentada como hospedera de este jején.

Hospederos serpientes: registros escasos pero emergentes

Aunque *L. californiensis* y otros ceratopogónidos son parásitos comunes de lagartos, los reportes

sobre serpientes han sido escasos y sin identificación formal. Condon (2005) observó ceratopogónidos sobre una serpiente de cascabel en Arizona, pero no identificó la especie. El primer registro confirmado de *L. californiensis* alimentándose sobre una serpiente fue publicado por Quijada et al. (2024c), tras observar varios individuos sobre *Crotalus cerastes* Hallowell, 1854 en el Gran Desierto de Sonora, México (Fig. 3). Las fotografías mostraron jejenes con abdomenes llenos de sangre adheridos a la serpiente, que parecía poco afectada. La identificación fue confirmada por Art Borkent, y se trató del primer registro publicado de esta conducta.

Importancia ecológica y direcciones para Investigación Futura

La ampliación del listado de hospederos de *L. californiensis*, que actualmente comprende al menos nueve especies de lagartos y una especie de serpiente, indica que se trata de un ectoparásito oportunista ampliamente vinculado a reptiles que habitan en dunas arenosas. Según lo mencionado por Quijada et al. (2024a), la coincidencia espacial entre este jején y sus hospederos a lo largo de los desiertos Sonorense, Mojave y Colorado sugiere que existen múltiples asociaciones aún no registradas y que *L. californiensis* probablemente representa un ectoparásito común de reptiles desérticos siempre que haya sustratos de dunas apropiados.

Los jejenes *Leptoconops* usan el CO₂ para localizar a sus huéspedes, igual que otros insectos hematófagos. Las hembras se sienten atraídas por el CO₂ de humanos y otros animales endotérmicos (Phillips 2024), y probablemente también rastrean

reptiles usando esta señal, aunque estos emiten relativamente poco CO₂. La cavidad con pelos sensiliares en el tercer segmento palpal indica que pueden detectar CO₂, pero faltan estudios experimentales para confirmarlo.

Más allá de su comportamiento hematófago, los ceratopogónidos revisten especial interés como posibles vectores de enfermedades. Los jejenes picadores han sido identificados como vectores consolidados de parásitos protozoarios hematógenos en reptiles, según lo señalado por Condon (2005) y Mullens et al. (1997). Sin embargo, el potencial vectorial de *L. californiensis*, incluido su papel específico en la transmisión de protozoarios hemogregáridos, filarias u otros parásitos, permanece insuficientemente investigado. Considerando su aparente rango amplio de hospederos, que comprende diversas familias de lagartos (Iguanidae, Phrynosomatidae) y recientemente serpientes venenosas (Viperidae), esta especie podría ser un vector relevante con capacidad para transferir patógenos entre distintos taxones de reptiles en comunidades de dunas desérticas.

Aunque no se ha evaluado formalmente cómo afecta la alimentación repetida de jejenes a la salud de reptiles individuales, hay observaciones que lo sugieren. Por ejemplo, Condon (2005) informó sobre una serpiente de cascabel tigre (*Crotalus tigris*) que parecía muy delgada, lo que llevó a la preocupación por su estado, aunque no se pudo conectar directamente con el parasitismo de los jejenes. En lagartos de menor tamaño, especialmente juveniles, una infestación severa de jejenes podría implicar un costo energético importante o servir como medio para transmitir patógenos. Estas preguntas aún no tienen respuesta y representan posibles áreas interesantes para futuras investigaciones.

El hallazgo de *L. californiensis* en Arizona por Turner y Olson (2005) mostró que las estimaciones anteriores sobre su distribución eran limitadas. Gracias al muestreo constante en hábitats de dunas adecuados en el suroeste de Estados Unidos y el noroeste de México, es probable que se encuentren nuevas poblaciones.

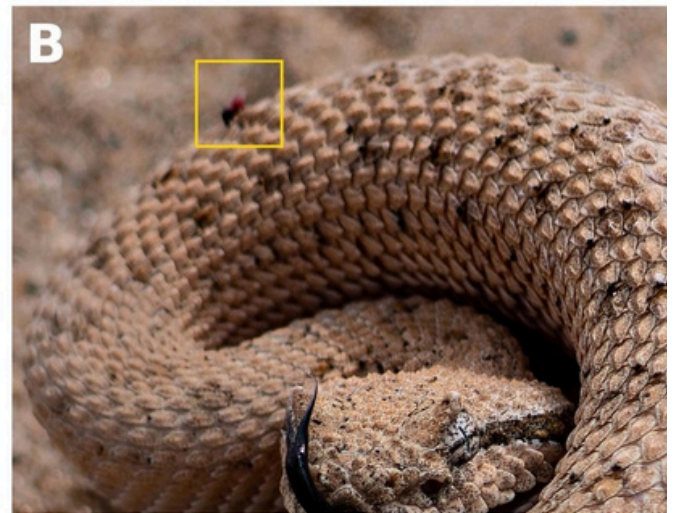
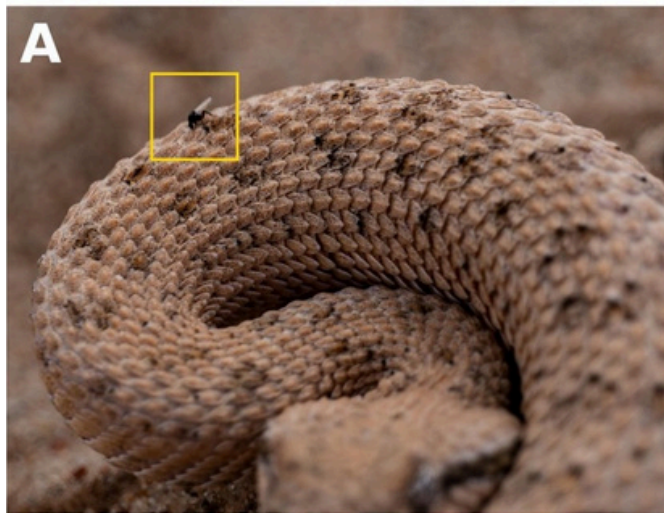


Figura 3. *Leptoconops californiensis* mordiendo a un ejemplar de serpiente de cascabel de cuernitos *Crotalus cerastes*: A) Jején con el abdomen vacío; B) El mismo jején con el abdomen lleno de sangre de la serpiente. Fotos de Iván Parra.

Además, una serie de registros recientes de hospederos en la región del Gran Desierto, resultado de un estudio prolongado de las poblaciones de *Uma* en el norte de Sonora (Quijada et al. 2024a, 2024b, 2024c), evidencia cómo la investigación continua en lugares específicos puede ampliar rápidamente nuestro conocimiento sobre la ecología de estos ectoparásitos.

Conclusión

Leptoconops californiensis se reconoce como uno de los jejenes ceratopogónidos con mayor relevancia ecológica dentro de las comunidades de reptiles desérticos en América del Norte. Inicialmente documentado parasitando cinco especies de lagartos en California y Sonora, actualmente se sabe que afecta al menos nueve

especies de lagartos pertenecientes a distintas familias y una serpiente de cascabel, además de extender su área de distribución hasta Arizona. Aunque la mayoría de los estudios publicados son notas breves sobre historia natural, estos trabajos han establecido a este insecto como un ectoparásito frecuente y ampliamente distribuido entre los reptiles de dunas en el Desierto Sonorense y regiones desérticas cercanas. Quedan por investigar cuestiones como la posible transmisión de patógenos, los efectos sobre la salud de los hospederos y la amplitud total de sus interacciones con reptiles.

La investigación sobre la incidencia de *Leptoconops californiensis* en reptiles fue financiada por la CFE/ASELEC (contrato ALAND-RTA-AMB-002/2023), como parte de un estudio a largo plazo dirigido al análisis de las poblaciones de *Uma rufopunctata* y *U. cowlesi* en las dunas de arena ubicadas en el norte de Sonora.

Referencias

- Condon, P. T. 2005. Parasites on a Tiger Rattlesnake (*Crotalus tigris*). *Sonoran Herpetologist* 18(5):55–56.
- Mullens, B. A., C. Barrows, and A. Borkent. 1997. Lizard feeding by *Leptoconops* (*Brachyconops*) *californiensis* (Diptera: Ceratopogonidae) on desert sand dunes. *Journal of Medical Entomology* 34:735–737.
- Phillips R. A. 2022. *Culicoides* Latreille and *Leptoconops* Skuse biting midges of the southwestern United States with emphasis on the Canyonlands of southeastern Utah (Diptera: Ceratopogonidae). *Insecta Mundi* 0907:1–214.
- Quijada, A., M. Nevarez De Los Reyes, A. Borkent, V. Parra, I. Cordova-Bracamontes, and I. Parra-Salazar. 2024a. *Uta stansburiana* (Western Side-blotched Lizard). Predation. *Herpetological Review* 55(3):444.
- Quijada, A., M. Nevarez De Los Reyes, A. Borkent, V. Parra, I. Cordova-Bracamontes, and I. Parra-Salazar. 2024b. *Uma cowlesi* (Yuman Desert Fringe-toed Lizard). Predation. *Herpetological Review* 55(4):574.
- Quijada, A., M. Nevarez De Los Reyes, A. Borkent, V. Parra, I. Cordova-Bracamontes, and I. Parra-Salazar. 2024c. *Crotalus cerastes* (Sidewinder). Ectoparasite. *Herpetological Review* 55(4):584–585.
- Turner, D. S., and C. Olson. 2005. Blood-feeding midges in Arizona: new lizard hosts and range extension for *Leptoconops californiensis*. *Sonoran Herpetologist* 18(5):54–55.
- Wirth, W. W., and W. R. Atchley. 1973. A review of the North American *Leptoconops* (Diptera: Ceratopogonidae). *Graduate Studies Texas Technological University* 5:1–57.

Nuevo registro de distribución

Recibido: 18-05 2026 **Aceptado:** 30-07-2026 **Disponible en línea:** 03-09-2026

Nuevo registro de la serpiente *Crotalus intermedius* (VIPERIDAE) para el Municipio de Villa de Tezontepec, Hidalgo

Aldo Pérez¹, Karla Irais Batún-Sánchez², Fernando Rosas Pacheco³ y Leonardo Fernández-Badillo^{1, 2, 4, 5*}

¹Área Académica de Biología, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, km. 4.5 carretera Pachuca-Tulancingo, Mineral de la Reforma, 42184, Hidalgo, México.

²Predio o Instalación de Manejo de Vida Silvestre X-Plora Reptilia, km 65 carretera México-Tampico, Pilas y Granadas, Metztitlán, 43350, Hidalgo, México.

³Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, km 4.5 carretera Pachuca-Tulancingo, s/n, Mineral de la Reforma, Hidalgo, 42184, México.

⁴OLMEC Equipo Hertetológico Profesional, Colibrí #52, Fracc. Privada Las Aves, Mineral de la Reforma, 412180, Hidalgo, México.

⁵Universidad Intercultural del Estado de México, División de Desarrollo Sustentable, Maestría en Gestión de la Innovación Rural Sustentable, Plantel San Felipe del Progreso. Libramiento Francisco Villa s/n, col Centro, San Felipe del Progreso, 50640, Estado de México, México.

Correspondencia fernandezbadillo80@gmail.com

Durante el trabajo de campo realizado para conocer la herpetofauna del municipio de Villa de Tezontepec, el día 22 de julio de 2025 a las 16:23 hrs, se encontró un ejemplar adulto de *Crotalus intermedius* en la localidad de Acozac, Mina Acozac, municipio de Villa de Tezontepec, Hidalgo (19.919163° N, -98.755920° W; WGS84; 2,621 msnm, CH-CIB-248, Fig. 1, 2.). Esta especie, se encuentra considerada bajo la categoría de amenazada en la NOM-059-SEMARANT-2010 (DOF, 2019) y en preocupación menor por la IUCN (Canseco-Márquez et al., 2007).

La serpiente midió aproximadamente 45 cm de longitud y fue encontrada bajo una lámina, en una zona llena de escombros (tablas de madera, llantas, botes de pintura, accesorios de camiones de carga y otros residuos metálicos, Fig. 1b), ubicada dentro de las inmediaciones de una mina. La vegetación circundante consistía de matorral xerófilo crasicaule.

Con el propósito de disminuir el riesgo de accidentes para los trabajadores de la mina y evitar que los trabajadores dañaran al organismo, el ejemplar fue manipulado cuidadosamente utilizando dos ganchos herpetológicos y fue translocado aproximadamente a 300 m de distancia, en una barranca con encinos y matorral xerófilo crasicaule, cercana al Cerro Los Pitos.

El ejemplar fue identificado por los autores del trabajo y corroborado por Peter Heimes, además, las características del organismo coinciden con lo descrito para la especie (Campbell y Lamar, 2004; Heimes, 2016). La foto del ejemplar fue depositada en la colección herpetológica del Centro de Investigaciones Biológicas de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (CH-CIB-248).

Este registro constituye la primera evidencia de la presencia de *Crotalus intermedius* en el municipio de Villa de Tezontepec, y se ubica a 21.17 km al suroeste y a 22.9 km al oeste de los registros más cercanos, ubicados en los municipios de Mineral de la Reforma y Zempoala, respectivamente (Fig. 2). Los registros previos para la especie en la entidad provienen de los municipios de Apan, Huasca de Ocampo, Mineral de la Reforma, Mineral del monte, Omitlán de Juárez, Pachuca de Soto, Tepeji del Río de Ocampo, Singuilucan, Cuautepec de Hinojosa y Zempoala (Fig.2) (Valencia-Hernández et al., 2007; Ramírez-Bautista et al., 2010, 2014; Fernández-Badillo et al., 2013, 2016, 2022; Hernández-Jandete et al., 2017; Ibarra-Bautista et al., 2017; Hidalgo-García et al., 2022; Canales-Pérez et al., 2024). Sin embargo, el registro de Tepeji del Río de Ocampo, se encuentra fuera de la distribución conocida de la especie, e incluso queda fuera de la distribución potencial presentada por Monter-Pozos et al. (2025), por lo

que no se consideró en el mapa aquí presentado.

El presente registro contribuye al conocimiento de la distribución de la especie en Hidalgo y permite incrementar a diez los municipios en el estado en los que está presente.



Figura 1. A) Ejemplar de *Crotalus intermedius* (CH-CIB-248) registrado en la Mina Acozac, localidad de Acozac, municipio de Villa de Tezontepec, Hidalgo. B) Microhábitat donde se observó el ejemplar. Fotografías de Aldo Pérez.

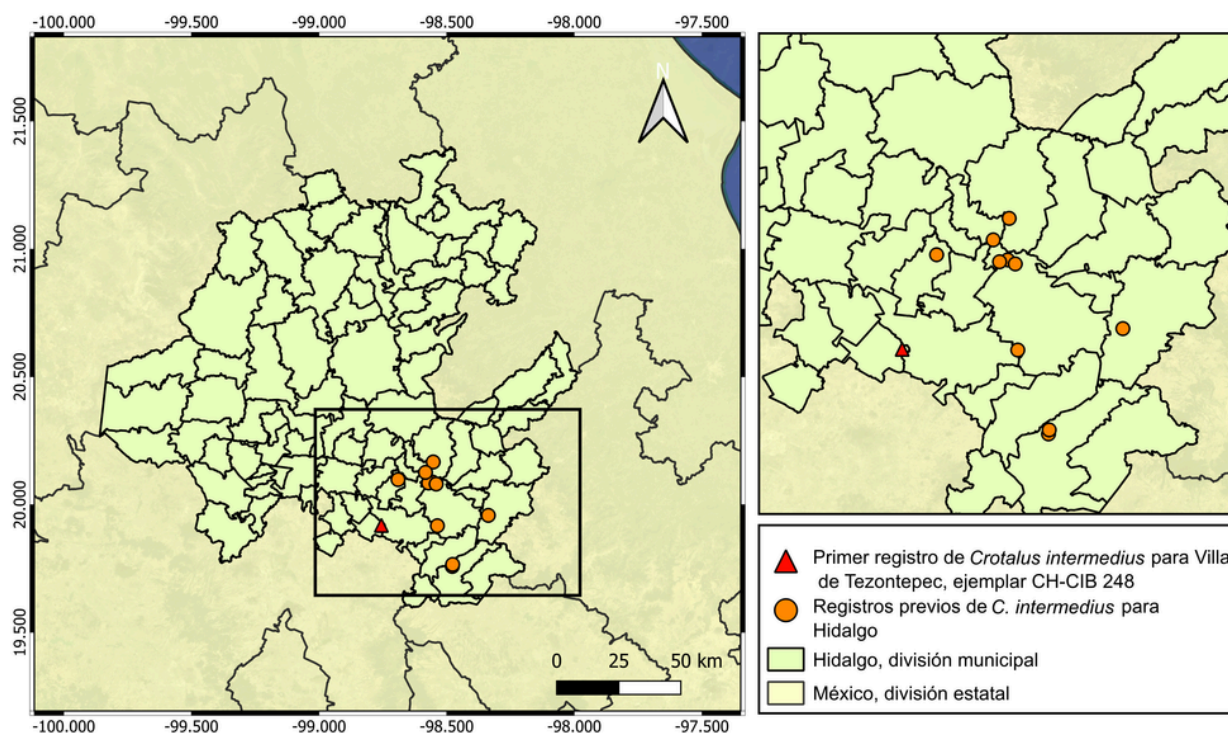


Figura 2. Mapa que muestra el registro de *Crotalus intermedius* para el municipio de Villa de Tezontepec, así como los registros previos para Hidalgo.

Agradecimientos: A la empresa Inmobiliaria Acozac de Hidalgo S.A. de C.V. por permitirnos el acceso a sus instalaciones para realizar nuestros muestreos de tesis en el cerro Los Pitos y cerro El Picacho. A Amayrai E. Trejo-Montero, por su apoyo en la edición del mapa de distribución. A la Dra. Irene Goyechea, por permitirnos depositar la foto del ejemplar en la colección herpetológica del Centro de Investigaciones Biológicas de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

Referencias

- Canales-Pérez, R., Fernández-Badillo, L., & Morales Capellán, N. (2024). *Crotalus intermedius* (VIPERIDAE). *Revista Latinoamericana de herpetología*, 7(1), 56-57p.
- Canseco-Márquez, L., Campbell, J. A., Ponce-Campos, P., Muñoz-Alonso, A., García-Aguayo, A. (2007). *Crotalus intermedius*. The IUCN Red List of Threatened Species 2007:e.T64319A12766370. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2007.RLTS.T64319A12766370>.
- DOF, Diario oficial de la Federación. (2019). Modificación del Anexo Normativo III, Lista de especies en riesgo de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo, publicada el 30 de diciembre de 2010.
- Fernández-Badillo, L., Morales-Capellán, N., Goyenechea, I., & Hernández-Salinas, U. (2013). Geographic distribution *Crotalus intermedius* (Mexican small-headed rattlesnake). *Herpetological Review*, 44(3), 475-476p.
- Fernández-Badillo, L., Olvera-Olvera, C. R., & Torres-Angeles, F. (2016). Distribution notes. *Crotalus intermedius*. *Mesoamerican Herpetology*, 3(2), 526-527p.
- Fernández-Badillo, L., Morales Capellán, N., Olvera Olvera, C. R., Montiel Canales, G., & Goyenechea-Mayer Goyenechea, I. (2022). Guía de las serpientes del estado de Hidalgo. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Pachuca de Soto, Hidalgo, México. 272p.
- Heimes, P. (2016). Herpetofauna mexicana Vol. 1. Edition Chimaira. Frankfurt am Main, Alemania.
- Hernández-Jandete, R., Fernández-Badillo, L., Ibarra-Bautista, A., & Olvera-Olvera, C. R. (2017). Distribution notes. *Crotalus intermedius* (Troschel, 1865). *Mesoamerican Herpetology*, 4(3), 678- 679p.
- Hidalgo-García, L., Fernández-Badillo, L., Del Campo-Hernández, D., Ocaña-Falcón, J., Hernández-Medina, M., Jiménez-Ortiz, I., Falfán Cortés, A., & Morales Capellán, N. (2022). *Crotalus intermedius* (VIPERIDAE). *Revista Latinoamericana de herpetología*, 5(1), 133-135p.
- Ibarra-Bautista, A., Hernández-Jandete, R., Arellano-Pinacho, R. D., & Fernández-Badillo, L. (2017). Distribution notes. *Crotalus intermedius* Troschel, 1865. *Mesoamerican Herpetology*, 4(2), 485p.
- Monter-Pozos, A., Reyes-Velázquez, E. A., Hernández-Gallegos, O., & Gómez-Benítez, A. (2025). Filling gaps: on the distribution of *Crotalus intermedius* Troschel, 1865 (Squamata, Viperidae) and its first record in the State of Mexico, Mexico. *Check List* 21(2): 443-450.
- Ramírez-Bautista, A., Hernández-Salinas, U., Mendoza Quijano, F., Cruz-Elizalde, R., Stephenson, B. P., Vite-Silva, V. D., & Leyte-Manrique, A. (2010). *Lista anotada de los anfibios y reptiles del estado de Hidalgo, México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). México, D.F. 104p.
- Ramírez-Bautista, A., Hernández-Salinas, U., Cruz-Elizalde, R., Berriozabal-Islas, C., Lara-Tufiño, D., Goyenechea Mayer-Goyenechea, I., & Castillo-Cerón, J. (2014). *Los Anfibios y Reptiles de Hidalgo, México: Diversidad, Biogeografía y Conservación*. Sociedad Herpetológica Mexicana. Pachuca de Soto, Hidalgo, México. 387p.
- Valencia-Hernández, A. A., Goyenechea, I., & Castillo-Cerón, J. M. (2007). Notes on scutellation, length and distribution of rattlesnakes (Serpentes: Viperidae: Crotalus) in the state of Hidalgo, México. *Acta Zoológica Mexicana*, 23(3), 29-33p.

Artículo de Divulgación

Recibido: 03-05-2026 **Aceptado:** 15-08-2026 **Disponible en línea:** 03-09-2026

Reptiles Venenosos: Función Ecológica, Evolución del Veneno y Percepciones Humanas

Uriel Flores Figueroa¹

¹ LegaSea Aquarium & The Reptarium, 45550 Van Dyke Ave, Utica, Michigan, USA.
Correspondencia uriel.flores@gmail.com

Resumen

Los reptiles venenosos representan un grupo biológicamente diverso cuya relevancia trasciende la percepción tradicional de peligro asociada a sus toxinas. Este artículo examina el veneno desde una perspectiva ecológica, evolutiva y social, destacando su función primaria como adaptación para la captura de presas, la reducción del riesgo durante la depredación y, en algunos casos, la defensa frente a depredadores. Se revisan los principales debates sobre el origen evolutivo de los sistemas de veneno en reptiles, incluyendo la hipótesis Toxicofera y las evidencias recientes que sugieren una historia evolutiva más compleja. Asimismo, se analiza cómo la composición del veneno está influenciada por factores ecológicos como la dieta, la coevolución presa-depredador y las condiciones ambientales. Desde una perspectiva ecológica, se destaca el papel de serpientes y otros reptiles venenosos en la regulación de poblaciones de presas y el mantenimiento de las redes tróficas. Paralelamente, se exploran las bases evolutivas y culturales del miedo humano hacia estos organismos, así como las consecuencias de las percepciones erróneas sobre su conservación. Finalmente, se revisan las contribuciones del estudio de los venenos a la biomedicina, incluyendo el desarrollo de fármacos, antivenenos y nuevas estrategias terapéuticas. Se concluye que una comprensión integral de los reptiles venenosos favorece tanto la conservación de la biodiversidad como la salud pública.

Palabras clave: reptiles venenosos, evolución del veneno, ecología trófica, percepción humana, conservación biológica

Abstract

Venomous reptiles constitute a biologically diverse group whose significance extends beyond the traditional perception of danger associated with their toxins. This article examines venom from ecological, evolutionary, and social perspectives, highlighting its primary function as an adaptation for prey capture, risk reduction during predation, and, in some cases, defense against predators. Major debates regarding the evolutionary origin of venom systems in reptiles are reviewed, including the Toxicofera hypothesis and recent evidence suggesting a more complex evolutionary history. The article also explores how venom composition is influenced by ecological factors such as diet, predator-prey coevolution, and environmental conditions. From an ecological standpoint, the role of venomous snakes and other reptiles in regulating prey populations and maintaining trophic networks is emphasized. In parallel, the evolutionary and cultural foundations of human fear toward these organisms are analyzed, as well as the conservation consequences of misconceptions surrounding them. Finally, the contribution of venom research to biomedicine is discussed, including the development of pharmaceuticals, antivenoms, and emerging therapeutic approaches. It is concluded that a comprehensive understanding of venomous reptiles benefits both biodiversity conservation and public health.

Keywords: venomous reptiles, venom evolution, thropic ecology, human perception, biological conservation

Introducción

Imagina —o quizá ya te ha pasado— que caminas por un sendero en el Cerro del Bachoco, en el Johnson o en pleno monte, y de pronto una serpiente cruza el camino. El cuerpo se tensa antes de pensar. No es solo miedo: es biología, historia evolutiva y cultura actuando al mismo tiempo.

Pocas criaturas activan una alarma tan inmediata en la mente humana como una serpiente en el camino o un lagarto robusto con la reputación de “mordida peligrosa”. En gran parte del mundo, esa reacción tiene un trasfondo real: el envenenamiento por mordedura de serpiente es un problema de salud pública que afecta sobre todo a comunidades rurales y trabajadores agrícolas, con miles de mordeduras cada año y decenas de decesos, además de secuelas como amputaciones y discapacidad permanente (World Health Organization, 2023). Sin embargo, el hecho de que un riesgo exista no significa que esté distribuido de manera uniforme, ni que explique por sí solo la intensidad cultural del miedo.

La psicología evolutiva y la neurociencia del comportamiento han propuesto que los humanos (y otros primates) muestran sesgos de atención hacia estímulos históricamente peligrosos, como las serpientes: “aprendemos” miedo con rapidez y lo activamos con muy poca información (Kasturiratne et al., 2008). Este tipo de predisposición ayuda a comprender por qué el temor puede ser desproporcionado respecto al riesgo cotidiano en contextos urbanos o donde los encuentros son raros. A esto se suma la construcción cultural del “animal peligroso”: relatos, símbolos y experiencias compartidas convierten al reptil en un emblema de amenaza incluso cuando su comportamiento real es mayoritariamente evasivo.

El problema central, entonces, no es negar el peligro, sino distinguir percepción de función ecológica. La tesis que guía este artículo es clara: el veneno no evolucionó “para atacar humanos”; evolucionó como una herramienta ecológica especializada—principalmente para capturar presas, reducir riesgos durante la caza y, en algunos linajes, aportar defensa frente a depredadores—dentro de interacciones presa-depredador que llevan millones de años ajustándose por selección natural (Gutiérrez et al., 2010).

¿Qué es el veneno desde la biología?

En biología, el “veneno” no es sinónimo de “animal peligroso”, sino una secreción tóxica asociada a un mecanismo específico de entrega. Los organismos ponzoñosos (venomous) inoculan toxinas activamente mediante estructuras especializadas como colmillos o agujones, mientras que los organismos venenosos o tóxicos pasivos (poisonous) causan daño por ingestión, inhalación o absorción cutánea (Fry et al., 2009; Calvete, 2013). Una propuesta influyente en biología evolutiva distingue tres categorías: toxinas pasivas (sin mecanismo de inoculación), toxinas de contacto (aplicadas sobre la superficie del cuerpo sin necesidad de herida) y venenos (introducidos en los tejidos internos mediante una herida) (Calvete, 2013).

En reptiles, la palabra “veneno” se asocia sobre todo con serpientes y con dos linajes clásicos de lagartos (helodermátidos). Aun así, el panorama real es más matizado: existen especies con glándulas orales que producen mezclas bioactivas, y hay serpientes que combinan toxinas defensivas secuestradas de su dieta en glándulas especializadas. Un ejemplo notable fuera de América es el género *Rhabdophis*, que almacena bufadienólidos obtenidos de anfibios como los sapos, incorporándolos a su sistema defensivo. Este tipo de estrategias ilustra por qué la taxonomía del “veneno” continúa siendo objeto de debate: más allá de clasificaciones rígidas, resulta fundamental considerar la interacción entre anatomía, ecología y función (Fry et al., 2006).

Desde el punto de vista de su composición, los venenos son cócteles altamente complejos: suelen incluir proteínas y péptidos bioactivos, enzimas y diversos cofactores inorgánicos. Su composición puede variar ampliamente no solo entre especies, sino también entre poblaciones geográficas e incluso entre etapas ontogénicas dentro de una misma especie (Casewell et al., 2013). Aunque en divulgación es común clasificar los venenos en categorías como “neurotóxicos”, “hemotóxicos” o “citotóxicos”, estas denominaciones describen únicamente efectos predominantes y no constituyen una clasificación absoluta. Una misma familia de toxinas puede generar efectos distintos dependiendo de la diana molecular y del contexto fisiológico en el organismo afectado (Tasoulis & Isbister, 2017).

Un ejemplo representativo son las fosfolipasas A₂ (PLA₂), una clase de enzimas ampliamente distribuida en venenos de víperidos (víboras de cascabel) y elápidos (coralillos). Estas moléculas pueden contribuir a efectos neurotóxicos, hemotóxicos o citotóxicos dependiendo de su estructura específica y de su interacción con otros componentes del veneno, lo que resalta la naturaleza multifuncional y sinérgica de estos sistemas bioquímicos (Kini & Koh, 2016).

La función primaria del veneno en la mayoría de serpientes se entiende como la subyugación de presas: inmovilizar, matar o incapacitar lo suficiente como para evitar que la presa escape o represente un riesgo para el depredador. En algunos casos, además, el veneno puede facilitar procesos digestivos al iniciar la degradación de tejidos o modular funciones fisiológicas de la presa antes de su ingestión (Zancolli et al., 2019). Desde una perspectiva de economía biológica, el veneno representa un recurso que los organismos pueden regular y “dosificar” estratégicamente. Aunque su producción implica costos metabólicos, la evidencia disponible sugiere que, al menos en ciertas especies de víboras de Norteamérica, el costo energético asociado a la reposición del veneno puede ser relativamente bajo o difícil de detectar frente a otros componentes del presupuesto energético del animal (Tasoulis & Isbister, 2017).

Evolución del sistema de veneno

La gran pregunta—y una de las más fascinantes—es: ¿el veneno en reptiles apareció una sola vez o varias veces? Una línea de investigación asociada a Bryan G. Fry propuso que el sistema de veneno tiene un origen temprano en reptiles escamados (Squamata: serpientes y lagartos) y que varios linajes comparten tipos de toxinas y glándulas orales especializadas. En su trabajo de 2006 se reportó evidencia molecular de toxinas en más linajes de lagartos de lo que se pensaba y se argumentó a favor de un origen temprano del sistema, con “tipos de toxinas” compartidos entre lagartos y serpientes (Fry et al., 2006; Warrell, 2010).

Esa visión se conectó con la conocida “hipótesis Toxicófera”, según la cual un clado (grupo de especies con un ancestro común) amplio de escamados compartiría un ancestro con rasgos de veneno. Sin embargo, la historia no quedó cerrada.

Estudios posteriores, empleando transcriptómica comparativa, han argumentado que parte de la supuesta “firma universal” del veneno podría reflejar la expresión de genes “domésticos” en múltiples tejidos, y no necesariamente toxinas funcionales. Esto reabre la posibilidad de múltiples orígenes evolutivos o, al menos, de múltiples trayectorias independientes hacia sistemas claramente venenosos (Vonk et al., 2013). Este debate no es un simple detalle académico: influye directamente en cómo definimos “venenoso”, cómo inferimos homología evolutiva y cómo orientamos tanto la investigación biomédica como las estrategias de conservación (Casewell et al., 2013).

Más allá de estas posturas, existe consenso en que los sistemas de veneno constituyen innovaciones evolutivas altamente dinámicas. Estos sistemas reclutan proteínas originalmente asociadas a funciones fisiológicas “normales”, duplican genes, los diversifican mediante selección positiva y, en algunos casos, pierden componentes cuando cambian las presiones ecológicas (Kini & Koh, 2016). Además, la mecánica de entrega—including colmillos, glándulas y musculatura asociada—no sigue una única trayectoria evolutiva. Revisiones recientes han demostrado que los aparatos de inoculación han evolucionado de forma independiente en múltiples ocasiones dentro de reptiles, lo que refuerza la idea de que el “veneno” es un ensamblaje funcional que integra anatomía, bioquímica y comportamiento, más que un rasgo determinado por un solo origen genético (Pintor et al., 2022).

En la diversificación por linajes, tres grupos ilustran claramente distintos “modos” funcionales del veneno como se observa en la Figura 1:

- Viperidae (víboras y crotálicos): muchas especies presentan colmillos anteriores especializados; su veneno incluye frecuentemente toxinas que afectan tejidos y procesos hemostáticos, generando hemorragias, necrosis y coagulopatías, aunque existe una amplia variación entre especies y regiones (Gutiérrez et al., 2017).
- Elapidae (corales, cobras, serpientes marinas, mambas): también poseen colmillos anteriores, con venenos que suelen contener neurotoxinas potentes, como las toxinas de “tres dedos” (3FTx), aunque con notable diversidad funcional ligada a su ecología (Tasoulis & Isbister, 2016).

- Helodermatidae (helodermátidos como *Heloderma*): lagartos con glándulas mandibulares; el veneno se introduce mediante una mordida sostenida y movimientos de “masticación” con dientes ranurados, un mecanismo distinto al de muchas serpientes (Fry et al., 2006).

La ecología actúa como un motor clave en esta diversificación. La evidencia acumulada indica que la dieta, la estrategia de caza y el tipo de presa pueden correlacionarse estrechamente con la composición del veneno. No basta con clasificar los venenos como “neurotóxicos” o “hemotóxicos”; existen presiones selectivas más finas relacionadas con la rapidez de inmovilización, la eficacia bajo distintas condiciones ambientales o la adaptación a presas con resistencias específicas (Habib et al., 2020).

De hecho, los sistemas presa-depredador pueden convertirse en verdaderas carreras armamentistas evolutivas. Las presas desarrollan mecanismos de resistencia, mientras que los depredadores ajustan la composición de su veneno en respuesta. En Norteamérica, por ejemplo, se ha documentado coevolución entre venenos de víboras de cascabel (*Crotalus*) y la resistencia sérica en ardillas terrestres, mostrando patrones de adaptación local entre poblaciones (Chippaux, 2017).

Un vistazo a México permite aterrizar estas ideas en un contexto biogeográfico concreto. El país constituye uno de los principales centros de diversidad de serpientes venenosas en América, con el género *Crotalus* (cascabeles) como ejemplo emblemático, al incluir numerosas especies distribuidas en distintos ecosistemas (Williams et al., 2019). En el norte y noroeste, la combinación de ambientes desérticos y semiáridos favorece la coexistencia de víboras de cascabel y helodermátidos. El monstruo de Gila, *Heloderma suspectum*, extiende su distribución hacia Sonora y regiones cercanas, con registros también en zonas del noroeste de México (Uetz et al., 2023). Este mosaico ecológico ilustra que los “reptiles venenosos” no representan una única historia evolutiva, sino un conjunto diverso de soluciones adaptativas moldeadas por presas, climas y paisajes específicos (Gutiérrez et al., 2020).

Función ecológica del veneno

Hablar de veneno solo en clave de “peligro” es perder la mitad del fenómeno: el veneno es un rasgo ecológico que modifica flujos tróficos. Un depredador que puede inmovilizar presas con rapidez altera las probabilidades de escape, reduce la necesidad de persecución y puede ampliar (o especializar) nichos alimentarios; por ello, los venenos constituyen modelos valiosos para el

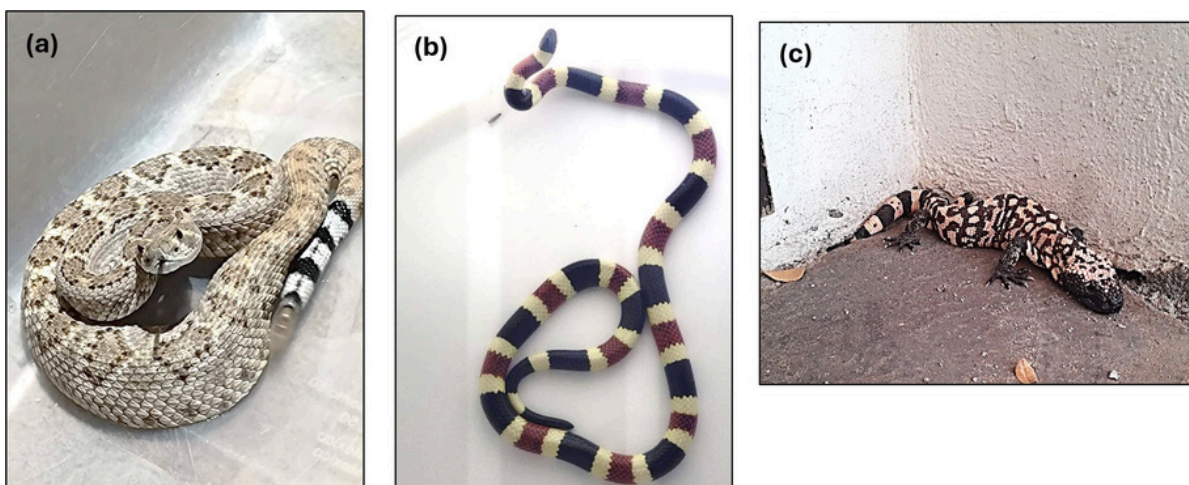


Figura 1. Tres linajes representativos de reptiles venenosos del estado de Sonora. (a) Víbora de cascabel (*Crotalus atrox*, Viperidae), representante del linaje de víboras y crotálidos. (b) Serpiente coralillo sonorense (*Micruroides euryxanthus*, Elapidae), representante del linaje de los elápidos. (c) Monstruo de Gila (*Heloderma suspectum*, Helodermatidae), representante de los helodermátidos. Ejemplares rescatados en viviendas de la ciudad de Hermosillo y posteriormente reubicados en su hábitat natural. Fotografías de Uriel Flores Figueroa

estudio de interacciones presa-depredador y de procesos de selección natural en escalas evolutivas (Gutiérrez et al., 2010; Zancolli et al., 2019).

En términos de comunidad, las serpientes (venenosas o no) suelen ocupar posiciones intermedias en las redes tróficas, actuando simultáneamente como depredadores y como presas. Su efecto regulador se vuelve particularmente evidente cuando consumen pequeños mamíferos. Una ilustración clara del valor ecosistémico de estos organismos proviene de reportes del National Park Service, donde se describe a las serpientes como proveedoras de servicios ecológicos clave, como el control de poblaciones de roedores y, en consecuencia, la reducción indirecta de enfermedades asociadas a estos, como el hantavirus (National Park Service, 2023). Asimismo, se destacan como componentes relevantes dentro de redes tróficas complejas (National Geographic Society, 2023). Aunque el contexto epidemiológico puede variar entre regiones, el principio ecológico es consistente: al depredar roedores, las serpientes contribuyen a regular abundancias poblacionales y a sostener equilibrios ecológicos, especialmente en ambientes agrícolas y de pastizal donde los roedores pueden convertirse en plagas (Williams et al., 2019).

En este marco, el veneno actúa como un “amplificador” de la eficiencia depredadora: permite capturas rápidas y reduce el riesgo de lesión durante interacciones con presas potencialmente peligrosas que muerden, arañan o se defienden activamente. Esta reducción del riesgo no es trivial; desde la perspectiva de la selección natural, un depredador que minimiza el daño físico incrementa su probabilidad de supervivencia y su éxito reproductivo (Gutiérrez et al., 2020). Cuando las presiones ecológicas cambian—por ejemplo, ante modificaciones en la disponibilidad o tipo de presas—la selección puede favorecer perfiles de veneno distintos, o incluso la pérdida de ciertas toxinas específicas, lo que demuestra que el veneno no constituye un “arma fija”, sino una adaptación flexible y modulable (Casewell et al., 2013).

Adicionalmente, los reptiles, incluidas las serpientes, presentan una alta sensibilidad a las condiciones térmicas y a las características del hábitat. Cambios en su distribución geográfica, patrones de actividad o abundancia pueden reflejar alteraciones ambientales subyacentes. Esta sensibilidad ha llevado a múltiples autores a propo-

ner su uso potencial como bioindicadores, particularmente en escenarios de cambio climático y fragmentación del hábitat (Chippaux, 2017; Gutiérrez et al., 2017).

Percepción humana y mitos

¿Por qué, si el veneno es una innovación ecológica, terminamos viéndolo como una agresión “dirigida” hacia nosotros? Parte de la respuesta se encuentra en la forma en que el cerebro humano procesa las amenazas. Trabajos clásicos sobre la “preparación” del miedo sugieren que ciertos estímulos, como serpientes y arañas, están asociados con respuestas de alerta y aprendizaje del miedo particularmente rápidas, lo que refleja una predisposición evolutiva a reconocer peligros potenciales (Kasturiratne et al., 2008). En paralelo, la hipótesis de detección de serpientes plantea que los primates pudieron haber enfrentado presiones selectivas sostenidas por depredación de serpientes, favoreciendo el desarrollo de sistemas visuales y perceptivos especialmente sensibles a su forma y movimiento (Vidal et al., 2007). En estudios experimentales más recientes, se ha observado que los humanos detectan serpientes con alta eficiencia incluso en condiciones visuales degradadas, lo que respalda la existencia de un sesgo perceptivo hacia este tipo de estímulos (Margres et al., 2016).

El problema surge cuando este “radar” evolutivo se combina con una sobreestimación del riesgo y con construcciones culturales que promueven el exterminio. A escala global, el riesgo real del envenenamiento por serpientes es elevado en regiones rurales tropicales; sin embargo, no todas las mordeduras implican inoculación de veneno, y los desenlaces dependen de manera crítica del acceso oportuno a atención médica y antiveneno (World Health Organization, 2023). En países como Estados Unidos, donde los sistemas de emergencia son más accesibles, el Centers for Disease Control and Prevention reporta miles de mordeduras anuales, pero con una mortalidad relativamente baja, lo que evidencia cómo el contexto sanitario puede transformar significativamente el riesgo (Centers for Disease Control and Prevention, 2023). Esto no implica que el peligro sea inexistente, sino que el miedo cultural tiende a generalizar un riesgo que en realidad está concentrado en regiones, temporadas y actividades humanas específicas (World Health Organization, 2023).

Una de las consecuencias más perjudiciales de

esta percepción distorsionada es la matanza preventiva. Además de sus implicaciones éticas y ecológicas, intentar matar serpientes incrementa la probabilidad de mordedura: acercarse, manipular o agredir al animal eleva significativamente el riesgo de contacto directo. Diversos estudios sobre percepción y manejo de mordeduras señalan que estos comportamientos aumentan la incidencia de accidentes y contribuyen a la pérdida de biodiversidad (Gutiérrez et al., 2011). En este contexto, el rescate y la educación ambiental emergen no como posturas idealistas, sino como estrategias fundamentadas en evidencia científica.

La investigación en ciencias sociales y educación ambiental sugiere que la experiencia directa y la educación pueden reducir el miedo y modificar percepciones negativas. Se ha documentado que la interacción previa con serpientes se asocia con niveles más bajos de temor y con actitudes más favorables hacia su conservación, mientras que la tolerancia humana depende de factores como creencias, experiencias personales y contexto cultural (Gutiérrez et al., 2017).

En entornos urbanos, incluso los programas de remoción y reubicación pueden convertirse en oportunidades para la conservación. Por ejemplo, estudios realizados en el área metropolitana de Phoenix han analizado miles de registros de remoción de serpientes, demostrando que la colaboración entre investigadores y servicios locales puede reducir la mortalidad por persecución y, al mismo tiempo, generar datos valiosos para la gestión y conservación de estas especies (Silva et al., 2021).

Veneno y la ciencia hoy

Si el veneno es una tecnología evolutiva, la ciencia moderna lo ha tratado como un laboratorio natural: moléculas afinadas por selección durante millones de años pueden transformarse en herramientas terapéuticas. El ejemplo clásico en farmacología es el desarrollo de Captopril, un inhibidor de la enzima convertidora de angiotensina (ACE) cuya historia se vincula al estudio de péptidos potenciadores de bradicinina derivados del veneno de las Nauyacas, (*Bothrops jararaca*) (Casewell et al., 2013). En el caso de lagartos venenosos, un ejemplo emblemático es la exenatida (análoga sintética de exendin-4), relacionada con un péptido identificado en la saliva del Monstruo de gila, (*Heloderma suspectum*), y aprobada para el tratamiento de la diabetes melli

tus tipo 2; este desarrollo ilustra cómo el “veneno” puede entenderse también como una biblioteca molecular con potencial biomédico (Gutiérrez et al., 2011).

El otro gran pilar es el antiveneno: para las mordeduras de serpientes, continúa siendo la herramienta terapéutica central. La World Health Organization enfatiza que existen tratamientos eficaces y que una proporción considerable de muertes y secuelas es prevenible si los antivenenos seguros y efectivos están disponibles y accesibles (World Health Organization, 2017). Asimismo, ha impulsado una estrategia global orientada a reducir en 50% la mortalidad y discapacidad asociadas al envenenamiento por serpientes hacia 2030 (BMJ Global Health, 2024). A nivel técnico, la OMS mantiene guías para la producción, control y regulación de inmunoglobulinas antiveneno, reconociendo desafíos clave como la variación geográfica del veneno y la necesidad de estándares estrictos de calidad y regulación (World Health Organization, 2017).

La innovación contemporánea busca resolver limitaciones históricas, incluyendo la variabilidad en la composición del veneno, las reacciones adversas y la disponibilidad desigual de tratamientos. Dos líneas de desarrollo destacan: (1) antivenenos recombinantes basados en mezclas definidas de anticuerpos humanos o derivados, y (2) inhibidores de toxinas de pequeña molécula que puedan actuar como intervenciones tempranas en campo o en situaciones de emergencia. En 2024, se han reportado avances significativos hacia antivenenos recombinantes con potencial de aplicación clínica, incluyendo cócteles oligoclonales de anticuerpos diseñados para neutralizar múltiples toxinas (Sánchez et al., 2024). En paralelo, ensayos clínicos de fase II han evaluado compuestos como Varespladib, un inhibidor de fosfolipasas A₂ (PLA₂), como estrategia complementaria en el tratamiento del envenenamiento por mordedura de serpiente (Sánchez et al., 2024).

Estos desarrollos no sustituyen de manera inmediata al antiveneno tradicional, pero sí abren un panorama prometedor para mejorar la eficacia, seguridad y accesibilidad del tratamiento. En conjunto, refuerzan una idea central: el mismo rasgo biológico que históricamente ha generado miedo ha impulsado avances significativos en la biomedicina, y su comprensión desde una perspec

tiva ecológica y evolutiva puede contribuir simultáneamente a la salud pública y a la conservación.

Conclusión

El veneno, lejos de representar una “maldad” de la naturaleza, constituye una innovación evolutiva: una solución bioquímica y anatómica para resolver problemas ecológicos concretos, como la captura de presas, la reducción de riesgos durante la caza y, en ciertos contextos, la defensa frente a depredadores. Debates como la hipótesis Toxicofera recuerdan que la ciencia progresa mediante el refinamiento de conceptos y la distinción entre evidencia funcional y señales moleculares ambiguas; no obstante, el consenso actual sostiene que los venenos son sistemas dinámicos, moldeados por la dieta, la coevolución y las restricciones anatómicas (Warrell, 2010; Gutiérrez et al., 2017).

La brecha crítica se sitúa en la esfera humana: un miedo con posibles raíces evolutivas se transforma a través de la cultura y la desinformación, en persecución innecesaria. Esta persecución no solo impacta negativamente la biodiversidad, sino que también incrementa el riesgo de accidentes, particularmente cuando las personas intentan matar o manipular serpientes (Gutiérrez et al., 2011). La evidencia disponible sugiere que la educación, la experiencia guiada y las estrategias de convivencia —incluyendo programas de rescate y reubicación cuando son apropiados— pueden reducir el miedo y mejorar las actitudes hacia la conservación (Gutiérrez et al., 2017).

Conservar reptiles venenosos no implica ignorar el riesgo, sino alinear la percepción con la realidad: reconocer su papel ecológico, reducir conflictos innecesarios y aceptar que, paradójicamente, el veneno —temido durante siglos— también ha contribuido a salvar vidas cuando la ciencia lo ha transformado en conocimiento, antivenenos y aplicaciones terapéuticas (Casewell et al., 2013; Sánchez et al., 2024).

Referencias

- Calvete, J. J. (2013). Snake venomics: From the inventory of toxins to biology. *Toxicon*, 75, 44–62. <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2013.03.020>
- Casewell, N. R., Wüster, W., Vonk, F. J., Harrison, R. A., & Fry, B. G. (2013). Complex cocktails: The evolutionary novelty of venoms. *Trends in Ecology & Evolution*, 28(4), 219–229. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2012.10.020>
- Chippaux, J. P. (2017). Snakebite envenomation turns again into a neglected tropical disease. *Journal of Venomous Animals and Toxins including Tropical Diseases*, 23, 38. <https://doi.org/10.1186/s40409-017-0127-6>
- Fry, B. G., Vidal, N., Norman, J. A., Vonk, F. J., Scheib, H., Ramjan, S. F., & Kochva, E. (2006). Early evolution of the venom system in lizards and snakes. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 103(49), 18290–18295. <https://doi.org/10.1073/pnas.0610785104>
- Fry, B. G., Roelants, K., & Norman, J. A. (2009). Tentacles of venom: Toxic protein convergence in the kingdom Animalia. *Journal of Molecular Evolution*, 68(4), 311–321. <https://doi.org/10.1007/s00239-009-9202-0>
- Gutiérrez, J. M., Williams, D., Fan, H. W., & Warrell, D. A. (2010). Snakebite envenoming from a global perspective: Towards an integrated approach. *Toxicon*, 56(7), 1223–1235. <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2009.11.020>
- Gutiérrez, J. M., León, G., & Burnouf, T. (2011). Antivenoms for snakebite envenomings. *Infectious Disorders – Drug Targets*, 11(5), 460–472. <https://doi.org/10.2174/187152611797636748>
- Gutiérrez, J. M., Calvete, J. J., Habib, A. G., Harrison, R. A., Williams, D. J., & Warrell, D. A. (2017). Snakebite envenoming. *Nature Reviews Disease Primers*, 3, 17063. <https://doi.org/10.1038/nrdp.2017.63>
- Gutiérrez, J. M., et al. (2020). Causes and consequences of snake venom variation. *Trends in Pharmacological Sciences*, 41(8), 570–581. <https://doi.org/10.1016/j.tips.2020.05.006>
- Habib, A. G., et al. (2020). Clinical management of snakebite envenoming. *The Lancet*, 395, 178–190. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(19\)32901-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(19)32901-8)
- Kasturiratne, A., Wickremasinghe, A. R., de Silva, N., Gunawardena, N. K., Pathmeswaran, A., Premaratna, R., & Lalloo, D. G. (2008). The global burden of snakebite: A literature analysis and modelling based on regional estimates of envenoming and deaths. *PLoS Medicine*, 5(11), e218. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.0050218>
- Kini, R. M., & Koh, C. Y. (2016). Metalloproteases affecting blood coagulation. *Toxins*, 8(9), 263. <https://doi.org/10.3390/toxins8090263>

Sánchez, E. E., et al. (2024). Advances in snakebite research. *Toxins*.

<https://doi.org/10.3390/toxins>

Tasoulis, T., & Isbister, G. K. (2017). A review and database of snake venom proteomes. *Toxins*, 9(9), 290.

<https://doi.org/10.3390/toxins9090290>

Vidal, N., et al. (2007). Evolution of the snake venom system. *Journal of Human Evolution*, 52(2), 205–212.

<https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2006.10.012>

Vonk, F. J., Jackson, K., Doley, R., Madaras, F., Mirtschin, P. J., & Vidal, N. (2013). Snake venom: From fieldwork to the clinic. *BioEssays*, 35(3), 269–279.

<https://doi.org/10.1002/bies.201200117>

Warrell, D. A. (2010). Snake bite. *The Lancet*, 375(9708), 77–88.

[https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(09\)61754-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(09)61754-2)

Williams, D. J., et al. (2019). Strategy for a globally coordinated response to a priority neglected tropical disease: Snakebite envenoming. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 13(2), e0007059.

<https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0007059>

World Health Organization. (2023). Snakebite envenoming.

<https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/snakebite-envenoming>

Zancolli, G., Calvete, J. J., Cardwell, M. D., Greene, H. W., Hayes, W. K., Hegarty, M. J., & Wüster, W. (2019). When one phenotype is not enough: Divergent evolutionary trajectories govern venom variation in a widespread rattlesnake species. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 7, 332.

<https://doi.org/10.3389/fevo.2019.00332>

Artículo de Divulgación

Recibido: 03-07-2026 **Aceptado:** 15-08-2026 **Disponible en línea:** 03-09-2026

El Veneno de las Serpientes, su Aprovechamiento Biotecnológico y Potencial para el Desarrollo de Nuevos Fármacos

Espinosa-Plascencia, A¹ Hernández-Ortíz, M² y Huerta-Ocampo, JA¹

¹ Coordinación de Ciencia de los Alimentos, Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C. Hermosillo, 83304, Sonora, México.

² Centro de Ciencias Genómicas, Universidad Nacional Autónoma de México, Cuernavaca, 62210, Morelos, México

Correspondencia jose.huerta@ciad.mx

Resumen

En el grupo de las serpientes se han incluido aproximadamente 4,000 especies. México cuenta con 457 especies venenosas, que representan el 20% de la biodiversidad, y desempeñan un papel cultural y médico notable, ya que su veneno causa graves daños en humanos. En el mundo se registran anualmente 2.7 millones de envenenamientos con consecuencias fatales y secuelas. A pesar de su peligrosidad, el veneno de serpiente presenta un potencial biotecnológico interesante debido a su composición mayoritariamente proteínica y peptídica. Un ejemplo es el Captopril utilizado como antihipertensivo y la Eptifibatida como antiplaquetario. Aun cuando la toxicidad de los venenos crudos dificulta su uso directo, el desarrollo de fármacos derivados de estos tiene un enorme potencial debido a la diversidad de componentes bioactivos que contienen. Sin embargo, es importante proteger a las serpientes y utilizar racionalmente su veneno en procesos biotecnológicos. En investigaciones recientes se ha destacado la necesidad de integrar la proteogenómica, la inteligencia artificial y metodologías científicas que permitan la purificación y caracterización de estos venenos, así como realizar evaluaciones meticulosas en modelos preclínicos que garanticen su eficacia y seguridad, con la finalidad de impulsar el descubrimiento de nuevos fármacos. La caracterización exhaustiva de los venenos de serpiente permitirá aprovechar su potencial, ya que los péptidos y proteínas presentes en ellos ofrecen oportunidades significativas para la generación de nuevos fármacos y tratamientos eficaces contra el cáncer y otras enfermedades.

Palabras clave: veneno, serpientes, proteínas, péptidos, fármacos

Abstract

The snake group comprises approximately 4,000 species. Mexico is home to 457 venomous species—representing 20% of the country's biodiversity—which play a significant cultural and medical role, given that their venom causes severe harm to humans. Globally, 2.7 million cases of snakebite envenomation are recorded annually, resulting in fatalities and long-term aftereffects. Despite the danger they pose, snake venoms hold interesting biotechnological potential due to their composition, which consists primarily of proteins and peptides. Examples include Captopril, used as an antihypertensive, and Eptifibatide, used as an antiplatelet agent. Although the toxicity of crude venoms hinders their direct use, the development of drugs derived from them offers enormous potential thanks to the diversity of bioactive components they contain. Nevertheless, it is important to protect snakes and ensure the rational use of their venom in biotechnological processes. Recent research has highlighted the need to integrate proteogenomics, artificial intelligence, and scientific methodologies that enable the purification and characterization of these venoms, as well as the need for meticulous preclinical evaluations to guarantee efficacy and safety, all with the aim of driving the discovery of new drugs. Comprehensive characterization of snake venoms will allow us to harness their

potential, as the peptides and proteins they contain offer significant opportunities for developing new drugs and effective treatments for cancer and other diseases.

Keywords: venom, snakes, proteins, peptides, drugs

Serpientes

En el mundo existen aproximadamente 4,000 especies de serpientes distribuidas en todos los continentes excepto en la Antártida. Históricamente, las serpientes han sido veneradas o temidas, con simbolismos asociados a la fertilidad, la muerte y la renovación, lo que refleja su larga historia evolutiva y su papel en diversas culturas. Algunas teorías evolutivas sugieren que estos organismos surgieron a partir de grandes reptiles marinos o de lagartos terrestres (Franco-Vásquez et al., 2024). México cuenta con una alta biodiversidad de serpientes venenosas con 457 especies, teniendo el 20.4 % de ellas importancia médica y son pertenecientes principalmente a dos familias, la Viperidae con 76 especies y la Elapidae con 17 especies (Reptile Database, 2026), lo que sitúa a México en el segundo lugar a nivel mundial, después de Australia (Neri-Castro et al., 2020).

El envenenamiento por mordedura de serpiente puede causar efectos agudos, tanto locales como sistémicos, debido a la acción de los componentes tóxicos del veneno. Algunas serpientes de las familias Elapidae y Viperidae provocan lesiones en el sitio de la mordedura que se manifiestan como edema, dolor, enrojecimiento y formación de ampollas (Fig. 1). En casos más graves, se producen dermonecrosis y mionecrosis, lo que a veces puede requerir una amputación. Las manifestaciones más importantes y frecuentes ocasionadas por el veneno de serpiente son: la coagulopatía, la parálisis neuromuscular, la lesión renal aguda, la miotoxicidad y el colapso cardiovascular. El tratamiento inicial consiste en la administración de antiveneno y en cuidados clínicos específicos. Algunos efectos patológicos del envenenamiento pueden desaparecer por completo en pocos días tras la mordedura, mientras que otros daños o sus secuelas pueden persistir durante meses o incluso años (Waidyanatha et al., 2019).

Las serpientes producen el veneno en glándulas localizadas en la cabeza; este se inyecta en sus víctimas mediante colmillos especializados. El veneno de serpiente es una mezcla compleja de componentes incluyendo diversas moléculas bioló-



Figura 1. Mordedura de serpiente de la familia Elapidae. Fotografía de Jorge Jiménez Canale

gicamente activas; los péptidos y las proteínas representan más del 95 % del peso seco del veneno (el 5 % restante incluye lípidos, carbohidratos y aminos biógenas) (Tasoulis y Isbister, 2017). La composición del veneno puede dividirse en dos grupos: las moléculas enzimáticas y las no enzimáticas. Las primeras son proteínas con actividad catalítica, siendo las más comunes y abundantes las fosfolipasas A2 (PLA2), metaloproteinasas (SVMP), serina proteasas (SVSP) y las L-aminoácido oxidasas (LAAO) (Guerra-Duarte et al., 2015). En el segundo grupo se incluyen las neurotoxinas, que afectan al sistema nervioso; las cardiotoxinas, que afectan al corazón; y las citotoxinas, que dañan las células. Siendo las moléculas no enzimáticas más comunes las toxinas de tres dedos (3FTx), los péptidos tipo Kunitz (KUN), las desintegrinas (DIS) y las proteínas secretoras ricas en cisteína (CRISP) (Bocian y Hus, 2020).

Algunas proteínas actúan como enzimas catalizadoras, capaces de alterar la coagulación y provocar hemorragias, mientras que otras interfieren con los receptores celulares, provocando parálisis. Estos efectos dependerán de la especie de serpiente y de la composición del veneno (Oliveira et al., 2022).

Ofidismo

Se estima que aproximadamente 5,4 millones de personas en todo el mundo sufren mordedura de

serpiente cada año y que el 5% llegan a ser mortales. La mordedura de una serpiente venenosa puede provocar parálisis, paro respiratorio, hemorragias mortales, insuficiencia renal irreversible y daños tisulares que pueden ocasionar discapacidad permanente y requerir la amputación de extremidades. Los trabajadores agrícolas y los niños son los grupos más afectados. Los efectos suelen ser más graves en los niños que en los adultos, debido a su menor masa corporal (OMS, 2023).

En México, durante 2023 y 2024, el mayor número de casos se registró en los estados de Oaxaca, Veracruz, San Luis Potosí, Puebla e Hidalgo, mientras que Aguascalientes registró, en promedio, el menor número de casos anuales. Además, la mayor incidencia ocurre en personas del sexo masculino (66.3 %) en comparación con el femenino (33.7 %). La mayor incidencia se debe a que los hombres realizan principalmente actividades agrícolas y ganaderas que implican una presencia constante en los campos. Es importante mejorar los registros epidemiológicos para incluir datos sobre la especie de serpiente involucrada, el

grado de envenenamiento, el número de viales administrados y las secuelas del envenenamiento. Esta información contribuirá a mejorar los antivenenos y el tratamiento (Neri-Castro et al., 2020).

Datos publicados en el Reporte del Sistema Único de Información para la Vigilancia Epidemiológica (SUIVE), la Dirección General de Epidemiología (DGE) y la Secretaría de Salud (SS), muestran que los casos de ofidismo registrados en años recientes fueron: 4,433 (2023), para el 2024 la DGE reportó por 2,418 casos afectando a personas de 1 a más de 65 años, siendo las edades más frecuentes entre los 25 y 44 años (Fig. 2) (SUIVE/DGE/Secretaría de Salud., 2024). Hasta la semana 51 de 2025 se reportaron 3,332 casos (SUIVE/DGE/Secretaría de Salud, 2025). Las áreas del cuerpo donde se presentan con mayor frecuencia las lesiones son las manos, los pies, las piernas y los glúteos. En algunas comunidades, la disponibilidad y el acceso a los antivenenos son limitados, especialmente en regiones remotas, lo que dificulta la atención y el acceso a tratamientos efectivos (Franco-Vásquez et al., 2024).

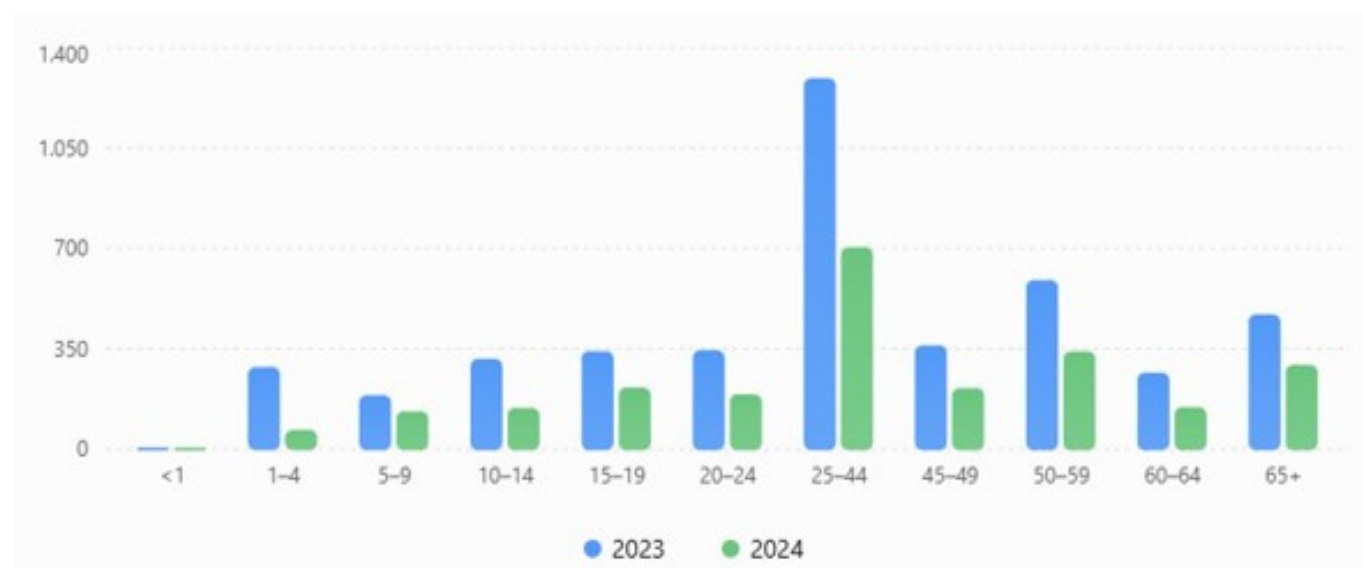


Figura 2. Casos de ofidismo en México (2023-2024) por grupos de edad. Fuente: SUIVE/DGE/Secretaría de Salud

Para contrarrestar el efecto del veneno de las serpientes, se utilizan antivenenos, cuya producción implica la ordeña de serpientes, la inmunización con dosis controladas del veneno en caballos, ovejas, cabras u otras especies de mamíferos y, posteriormente, la purificación de los anticuerpos de su sangre. Este es un proceso

costoso que, además, conlleva riesgos para las poblaciones de serpientes, que actúan como controladores biológicos y desempeñan funciones ecológicas esenciales en la naturaleza (Franco-Vásquez et al., 2024). Los principales riesgos para las poblaciones de serpientes asociados con la producción de antivenenos son la captura de ejem

plares silvestres, la sobreexplotación de especies o poblaciones específicas, la mortalidad y el estrés asociados al manejo, y los efectos de la ordeña repetida sobre la salud de los animales. Estos riesgos pueden reducirse mediante serpentarios regulados, reproducción en cautiverio, manejo veterinario, rotación de los animales utilizados para la extracción y control de la procedencia de los ejemplares.

Aprovechamiento biotecnológico del veneno de serpiente

La conservación de las serpientes es vital para mantener el equilibrio ecológico y aprovechar el potencial biotecnológico de su veneno. Su protección contribuye a la biodiversidad y a la salud de los ecosistemas, pero también ofrece oportunidades de innovación médica y farmacéutica para avanzar en la investigación de nuevos productos derivados de sus venenos (Franco-Vázquez et al., 2024) (Fig. 3).

Algunos compuestos derivados del veneno de serpientes se utilizan actualmente en el tratamiento del síndrome coronario, la hipertensión, el infarto cerebral, las coagulopatías, la artritis, el asma, el eccema, el dolor, la inflamación, las alergias, la migraña, el reumatismo, la diabetes, las enfermedades cutáneas y el cáncer, lo que demuestra su potencial terapéutico (Franco-Vásquez et al., 2023).



Figura 3. Extracción del veneno a un individuo adulto de la especie *Crotalus atrox*. Fotografía de Rodolfo Vega Littlewood

La investigación, la prospección y la comercialización de fármacos derivados del veneno de serpiente han cobrado una creciente relevancia en la búsqueda de nuevos compuestos bioactivos. La caracterización de los venenos de serpiente, mediante avances tecnológicos en transcriptómica y proteómica, han mejorado

significativamente este proceso y ha sido esencial para el desarrollo de aplicaciones terapéuticas. Estas técnicas analíticas permiten descifrar el conjunto de proteínas y toxinas presentes en el veneno de serpiente y conocer las actividades específicas de dichos componentes, lo que ha permitido contar con bases sólidas para la selección de moléculas bioactivas como posibles fármacos (Jhade et al., 2025).

Las serpientes más reconocidas por sus propiedades medicinales pertenecen a la familia Elapidae (elápidos) donde se agrupan las cobras, búngaros, mambas, serpientes de coral y las serpientes marinas. En la familia Viperidae (vipéridos) se encuentran las serpientes de fosea, como las serpientes de cascabel del género *Crotalus* (Zona-Rubio et al., 2025).

Si bien las toxinas no modificadas presentan desafíos en su administración, estabilidad y producción a gran escala, la modificación de sus estructuras ha permitido el desarrollo de varios fármacos exitosos y con patente. Tal es el caso del Tirofiban y la Eptifibatida, que son antiplaquetarios utilizados para prevenir la agregación plaquetaria y la formación de coágulos sanguíneos en pacientes con síndrome coronario agudo; estos derivan de las desintegrinas presentes en el veneno de las serpientes de escamas de sierra india (*Echis carinatus*) y de la serpiente de cascabel pigmea oscura (*Sistrurus miliarius barbouri*) una víbora venenosa endémica del sureste de los Estados Unidos.

El Captopril es un fármaco antihipertensivo desarrollado a partir de un péptido potenciador de la bradicinina, aislado del veneno de la serpiente *Bothrops jararaca*. Los componentes de esos venenos han sido fundamentales para ampliar las opciones terapéuticas contra diversas enfermedades, lo que ha impulsado a la industria farmacéutica a desarrollar terapias efectivas y diversas (Zona-Rubio et al., 2025). Algunos ejemplos de estos compuestos, de los medicamentos generados y de sus mecanismos de acción se muestran en la **Tabla 1**.

Es importante destacar que el estudio de los venenos con fines medicinales se ha centrado en un número reducido de especies de serpientes. Haciendo necesario el estudio de nuevos compuestos bioactivos en otras especies de serpientes para comprender mejor su acción y su seguridad, mediante técnicas analíticas novedosas.

Tabla 1. Ejemplo de medicamentos derivados de venenos de serpiente aprobados para el tratamiento de enfermedades crónicas y del dolor.

Enfermedad crónica	Serpiente	Proteínas/ Péptidos	Aplicaciones potenciales	Fármacos aprobados	Mecanismo de acción
Diabetes / Enfermedades cardiovasculares	<i>Bothrops jararaca</i>	Péptidos potenciadores de bradisinina (BPP)	Tratamiento de hipertensión, insuficiencia cardíaca, nefropatía diabética	Captopril y Enalapril	Inhibición de la enzima convertidora de angiotensina (ECA)
Enfermedades cardiovasculares	<i>Sistrurus miliarius barbouri</i>	Desintegrina (barbourina)	Agente antiplaquetario, reduce eventos cardíacos isquémicos	Eptifibatida	Previene la unión de fibrinógeno y factor von Willebrand al receptor GP IIb/IIIa
Enfermedades cardiovasculares	<i>Echis carinatus</i>	Desintegrina (echistatina)	Reduce eventos cardíacos isquémicos, agente antiplaquetario	Tirofibán	Inhibe los receptores GP IIb/IIIa
Accidente cerebrovascular/ Enfermedades cardiovasculares	<i>Bothrops moojeni</i>	Batroxobina	Tratamiento de enfermedades trombóticas, anticoagulante, inhibe desarrollo de ictus	Defibrasa	Convierte plasminógeno en plasmina y escinde la cadena Aa del fibrinógeno
Enfermedades cardiovasculares	<i>Bothrops atrox</i>	Serinoproteasas (SVSP)	Tratamiento de enfermedades trombóticas	Reptilasa	Convierte fibrinógeno en fibrina y activa el factor X
Dolor	<i>Naja naja atra</i>	Toxinas de tres dedos (3FTx)	Tratamiento del dolor crónico	Cobratida	Bloquea el receptor nicotínico de acetilcolina (nAChR)

Modificado de Bedraoui et al., 2024

Desarrollo de fármacos derivados de venenos de serpiente

Durante siglos, los venenos, la bilis, el aceite, la carne, la grasa y otras partes del cuerpo de las serpientes se han utilizado en todo el mundo para

tratar diversas enfermedades en culturas antiguas de Asia, África, Europa y América (Zona-Rubio et al., 2025). Sin embargo, una de las principales limitaciones para el desarrollo de nuevos fármacos es la toxicidad de los venenos crudos, lo que limita su uso directo.

La purificación de los componentes bioactivos específicos y la modificación química son procedimientos necesarios para reducir la peligrosidad de los venenos, así como la realización de evaluaciones toxicológicas, farmacocinéticas y farmacodinámicas en modelos preclínicos. Además, es importante estudiar la eficacia, la seguridad y los mecanismos específicos de acción de los venenos o de sus componentes en modelos animales antes de avanzar a ensayos clínicos, especialmente con aquellos componentes considerados prototipos de fármacos anticancerígenos que, aunque prometedores, aún se encuentran en etapas iniciales de investigación (Kalita et al., 2021).

El veneno de serpiente (Fig. 4) es una mezcla compleja de componentes, cada uno con propiedades farmacológicas distintas. Entre las familias de proteínas que más se han estudiado se encuentran: las toxinas de tres dedos (3FTx), las fosfolipasas A2 (PLA2), las metaloproteinasas (SVMP), las serinoproteinasas (SVSP), las proteínas secretoras ricas en cisteína (CRISP), las L-aminoácido oxidasas (LAAO) y las proteínas similares a lectinas tipo C (CTLP). Por sus actividades tóxicas, las proteínas del veneno pueden clasificarse como miotóxicas (que provocan daño o destrucción del tejido muscular), neurotóxicas, cardiotoxinas, anticoagulantes, o bien por alterar la hemostasia e inhibir la agregación plaquetaria. Dada la amplia gama de bioactividades que han mostrado los distintos péptidos y proteínas, se considera el veneno de serpiente una fuente potencial para el desarrollo de nuevos agentes terapéuticos (Zona-Rubio et al., 2025).

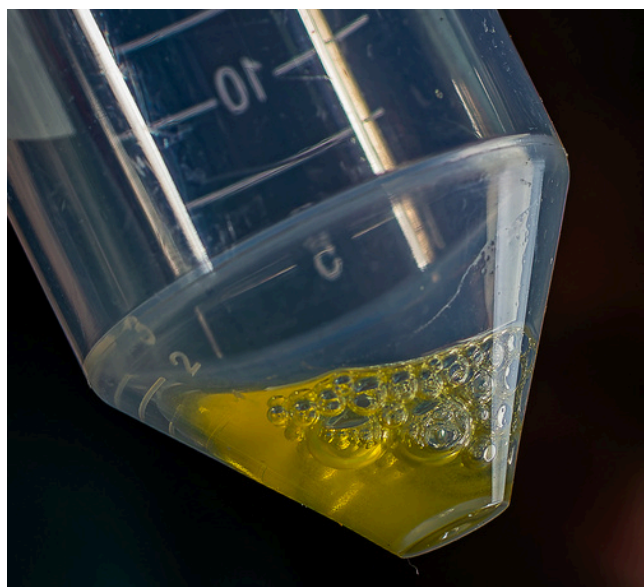


Figura 4. Veneno crudo de serpiente perteneciente a la especie *Crotalus atrox*. Fotografía de Rodolfo Vega Littlewood

La Tabla 2 presenta algunos efectos específicos en el organismo producidos por distintos componentes del veneno de serpiente.

En el tratamiento del cáncer, los métodos actualmente utilizados, basados en medicamentos anticancerígenos, presentan baja biodisponibilidad en el sitio del tumor, lo que requiere dosis elevadas que provocan diversos efectos adversos. Los péptidos anticancerígenos obtenidos de venenos de serpientes han mostrado tener baja toxicidad intrínseca, alta especificidad y facilidad de modificación. Su efectividad radica en que se comprobó que los componentes del veneno tienen una alta especificidad para receptores sobreexpresados en tejidos cancerosos o durante la metástasis, lo que les confiere un valor terapéutico significativo, aun cuando no están disponibles clínicamente, debido a que no se cuenta con una caracterización completa de dichos venenos ni con evaluaciones preclínicas meticulosas, esenciales para el desarrollo de medicamentos anticancerígenos (Kalita et al., 2021).

Los medicamentos basados en péptidos representan una parte significativa del mercado farmacéutico. El interés en el uso de péptidos radica no solo en su eficacia y especificidad, sino también en su capacidad de unirse y bloquear proteínas que causan enfermedades, para las que los medicamentos tradicionales no tienen ningún efecto. A estas dianas se les considera no farmacolizables (Lebleu, 2024) y son biomoléculas estructuralmente complejas que intervienen en enfermedades, pero carecen de bolsillos de unión definidos para fármacos convencionales. Representan hasta el 80% de las proteínas patógenas, lo que requiere nuevas modalidades terapéuticas, como los degradadores dirigidos de proteínas (PROTACs) para abordarlas (Xie et al., 2023).

La mayoría de los procesos biológicos se regulan mediante interacciones proteína-proteína. Sin embargo, la mayoría de las interacciones proteína-proteína no son farmacolizables porque carecen de sitios de unión a fármacos de bajo peso molecular debido a que involucran grandes superficies y un grupo diverso de aminoácidos. La caracterización de venenos también permite identificar candidatos para el desarrollo de fármacos peptídicos (Lebleu, 2024).

Actualmente, el estudio de péptidos y proteínas del veneno cobra importancia por su potencial

Tabla 2. Componentes específicos del veneno de serpiente y su efecto en el organismo.

Componente	Efecto
Fosfolipasas A2	Inducen diversos efectos biológicos como efectos neurotóxicos, miotóxicos, citolíticos, edematosos, cardiotoxicos y anticoagulantes, inflamación e hipotensión
Metaloproteinasas	Provocan hemorragia, degradación proteolítica del fibrinógeno y la fibrina, inducción de apoptosis e inhibición de la agregación plaquetaria
Serinoproteasas	Efecto hipotensor a través de su actividad tipo calicreína: disminuyen los niveles de fibrinógeno en sangre, degradan la angiotensina I y liberan bradicinina del cininógeno plasmático con un potente efecto vasodilatador
Péptidos natriuréticos	Vasodilatación, hipotensión
Péptidos potenciadores de bradicinina	Hipotensión
Desintegrinas	Inhibición de la agregación plaquetaria (anticoagulante). También se están estudiando como posibles agentes terapéuticos debido a su capacidad para afectar procesos celulares clave para el desarrollo del cáncer, incluyendo la angiogénesis
Toxina de tres dedos (3FTx)	Parálisis neuromuscular, destrucción de tejidos
Nucleotidasas	Actividad hipotensora a través de vasodilatación

Modificado de Vasconez-González et al., 2025

para el desarrollo de fármacos de nueva generación contra el cáncer y otras enfermedades; gracias a ello, ha surgido la “oncovenómica”. Actualmente se exploran los componentes de los venenos de serpiente y su potencial como modelos para el diseño de agentes anticancerígenos (Almeida et al., 2025). La identificación a gran escala, acompañada del uso de herramientas de inteligencia artificial, permite utilizar los péptidos y proteínas como estructuras que sirvan de base para la generación de una nueva generación de fármacos y su aplicación en el tratamiento del cáncer y de otras enfermedades (Lebleu, 2024).

En la **Tabla 3** se presenta una recopilación de toxinas del veneno de serpientes con propiedades anticancerígenas, evaluadas en líneas celulares de cáncer, considerando, además de la toxicidad celular, aspectos como la proliferación y la adhesión celulares. En esta colección se representan toxinas de diferentes familias,

principalmente fosfolipasas A2 y desintegrinas.

Estudios de alta resolución y sensibilidad (como los basados en espectrometría de masas para la identificación de metabolitos, péptidos y proteínas) han permitido una mejor caracterización de los componentes de los venenos de serpiente. Diversos autores coinciden en la importancia de integrar diferentes herramientas, tales como la proteogenómica, transcriptómica, metabolómica, proteómica, la química computacional y la inteligencia artificial, para facilitar la creación de nuevos medicamentos basados en los componentes del veneno (Jhade et al., 2025; Almeida et al., 2025) o bien establecer modelos de trabajo que permitan la caracterización a fondo de los distintos componentes de los venenos (Roman-Ramos y Ho, 2024).

La caracterización a fondo de las especies conocidas, así como de las aún no estudiadas, es

Tabla 3. Ejemplo de toxinas derivadas del veneno de serpiente que actúan sobre células cancerosas humanas

Toxina (tipo de proteína)	Especie	Línea celular (tipo de cáncer)	Referencia
Nigexine (Fosfolipasa A2)	<i>Naja nigricolis</i>	C13-T (neuroblastoma) HL60 (leucemia)	Chwetzoff et al., 1989
ACTX-8 (L-aminoácido oxidasa)	<i>Agkistrodon acutus</i>	(HeLa (cervical)	Zhang y Wei, 2007
Desintegrina (desintegrina)	<i>Naja naja</i>	A549 (pulmón) HepG2 (hígado)	Thangam et al., 2012
BJcuL (lectina tipo C)	<i>Bothrops jararacussu</i>	MKN45 (adenocarcinoma gástrico)	Nolte et al., 2012
NKCT1 (Citotoxina tipo-S)	<i>Naja kaouthia</i>	K562 (leucemia mieloide) U937 (linfoma mieloide)	Bhowmik y Gomes, 2016

Modificado de Almeida et al., 2025

necesaria para ampliar el conocimiento y encontrar nuevas moléculas con potencial terapéutico. Por ello, es fundamental que se realicen investigaciones multidisciplinarias que integren la investigación clínica y la investigación básica, empleando herramientas postgenómicas (transcriptómica, proteómica, metabolómica) para identificar en el veneno de las serpientes moléculas (metabolitos, péptidos y proteínas) que puedan evaluarse como agentes terapéuticos para una gran variedad de padecimientos, con base en sus actividades biológicas específicas, y determinar las dosis adecuadas que permitan su aplicación farmacológica.

Referencias

- Almeida, J. R., Pinos-Tamayo, E. A., Mendes, B., Robles-Loaiza, A. A., Syahputra, R. A., Oliveira, A. G. S. y Ribeiro, R. I. M. D. A. (2025). Snake venom-derived peptides as anticancer candidates: Pioneering next-generation therapies. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Reviews on Cancer*, 1880(6), 189479. <https://doi.org/10.1016/j.bbcan.2025.189479>.
- Bedraoui, A., Suntravat, M., El Mejjad, S., Enezari, S., Oukkache, N., Sanchez, E. E., Galan, J. A., El Fatimy, R. y Daouda, T. (2024). Therapeutic potential of snake venom: Toxin distribution and opportunities in deep learning for novel drug discovery. *Medicine in Drug Discovery*, 21, 100175. <https://doi.org/10.1016/j.medidd.2023.100175>
- Bocian, A. y Hus, K. K. (2020). Antibacterial properties of snake venom components. *Chemical Paper*, 74: 407–19. <https://doi.org/10.1007/s11696-019-00939-y>.
- Franco-Vásquez, A. M., Lazcano-Pérez, F., Rodríguez-Vargas, A. y Arreguín-Espinosa, R. (2024). Serpientes venenosas: ¿una problemática o una alternativa en la biotecnología? *Revista Digital Universitaria (rdu)*, 25(2):1-9. <http://doi.org/10.22201/cuaieed.16076079e.2024.25.2.3>.
- Guerra-Duarte, C., Lopes-Peixoto, J., Fonseca-de-Souza, B. R., Stransky, S., Oliveira, D., Schneider, F. S., Lopes de Souza, L., Bonilla, C., Silva, W., Tintaya, B., Yarleque, A. y Chávez-Olórtegui, C. (2015). Partial in vitro analysis of toxic and antigenic activities of eleven *peruvian pitviper* snake venoms. *Toxicon* 108: 84–96. <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2015.09.00>

- Jhade, S. K., Kalidoss, K., Pathak, P. K. y Shrivastava, R. (2025). Proteogenomic approaches for snake venom protein-based drug development: Current trends and challenges. *Transactions of The Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 119(6), 638-647. <https://doi.org/10.1093/trstmh/trae073>.
- Kalita, B., Saviola, A. J. y Mukherjee, A. K. (2021). From venom to drugs: A review and critical analysis of Indian snake venom toxins envisaged as anticancer drug prototypes. *Drug Discovery Today*, 26 (4):993-1005. <https://doi.org/10.1016/j.drudis.2020.12.021>.
- Lebleu, B. (2024). Feature collection in peptide therapeutics: Current applications and future directions. *Biomedicines*, 12(12), 2919. <https://doi.org/10.3390/biomedicines12122919>
- Madrigal-Anaya, J. C., Rodríguez-Torres, Y. P., Canul-Caamal, M. A., Cureño-Díaz, M. A., Bedolla-López, M., Jardines-Ramírez, J. M., Juárez-Martínez, A., Montes-Ventura, D. M., Arrieta-Castro, J., Arango-Castillo, I. y Zárate-Sánchez, L. G. (2025). Primer Reporte Anual del Centro de Información y Asistencia Toxicológica (CIAT) del Hospital Juárez de México. México, 2023: RA-CIAT 1. *Toxicología Clínica*. 1(1): 4-18. <https://dx.doi.org/10.35366/120897>.
- Neri Castro, E. E., Bénard-Valle, M., Alagón, A., Gil, G., López de León, J. y Borja, M. (2020). Serpientes venenosas en México: una revisión al estudio de los venenos, los antivenenos y la epidemiología. *Revista Latinoamericana De Herpetología*, 3(2), 5-22. <https://doi.org/10.22201/fc.25942158e.2020.2.205>.
- Oliveira, A. L., Viegas, M. F., da Silva, S. L., Soares, A. M., Ramos, M. J. y Fernandes, P. A. (2022). The chemistry of snake venom and its medicinal potential. *Nature Reviews Chemistry*, 6: 451-69. <https://doi.org/10.1038/s41570-022-00393-7>.
- OMS, (2023). Envenenamiento por mordedura de serpiente. Organización Mundial de la Salud. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/snakebite-envenoming>.
- Roman-Ramos, H. y Ho, P. L. (2024). Current technologies in snake venom analysis and applications. *Toxins*, 16, 458. <https://doi.org/10.3390/toxins16110458>
- Reptile Database (2026). <http://www.reptile-database.org/>
- SUIVE/DGE/Secretaría de Salud. (2024). <https://www.gob.mx/salud/acciones-y-programas/direccion-general-de-epidemiologia-boletin-epidemiologico>.
- Tasoulis, T. y Isbister, G. K. (2017). A review and database of snake venom proteomes. *Toxins*, 9: 290. <https://doi.org/10.3390/toxins9090290>.
- Vasconez-Gonzalez, J., Noboa-Lasso, M. D. y Ortiz-Prado, E. (2025). Snake venom and cerebrovascular events: Insights and public health implications. *Frontiers in Public Health*, 13, 1513453. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2025.1513453>.
- Waidyanatha, S., Silva, A., Siribaddana, S. y Isbister, G. K. (2019). Long-term effects of snake envenoming. *Toxins*, 11, 193. <https://doi.org/10.3390/toxins11040193>.
- Xie, X., Yu, T., Li, X., Zhang, N., Foster, L. J., Peng, C., Huang, W. y He, G. (2023). Recent advances in targeting the "undruggable" proteins: From drug discovery to clinical trials. *Signal Transduction and Targeted Therapy*, 8(1), 335. <https://doi.org/10.1038/s41392-023-01589-z>.
- Zona Rubio, D. C., Aragón, D. M. y Almeida Alves, I. (2025). Innovations in snake venom-derived therapeutics: A systematic review of global patents and their pharmacological applications. *Toxins*, 17(3), 136. <https://doi.org/10.3390/toxins17030136>.

Artículo de Divulgación

Recibido: 03-09-2026 Aceptado: 15-09-2026 Disponible en línea: 25-09-2026

Serpientes de Cascabel Insulares: Evolución y Adaptación en el Golfo de California

Arnaud-Franco G.¹ y Ayala-Rodríguez, JJ²

¹ Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C. La Paz 23205, Baja California Sur.

² Universidad Autónoma de Aguas Calientes. Aguascalientes 20100, Aguascalientes.

Correspondencia garnaud04@cibnor.mx

Resumen

En el Golfo de California existen un total de 898 islas, de las cuales en 26 se distribuyen 14 especies de serpientes de cascabel del género *Crotalus*, de las cuales seis son endémicas. De todos los ecosistemas isleños, la isla Tiburón presenta el mayor número de especies de cascabeles con cuatro, mientras que de las 14 especies de estos ofidios, *Crotalus enyo* es la que presenta una mayor presencia, al estar distribuida en diez islas, seguida de por *C. ruber* con ocho. De estas serpientes, la que presenta la condición más crítica, es *C. catalinensis*, la cual está incluida en la NOM-059-SEMARNAT-2010 con la categoría de Amenazada. Para entender la presencia de las cascabeles en las islas, es preciso así mismo entender el origen de estos ecosistemas y que el tiempo de aislamiento de cada una ha sido diferente. Además del tiempo que han permanecido aisladas es preciso considerar que las superficies de las islas son diferentes, así como su distancia a tierra firme. Estas particularidades se acentúan al considerar la variedad de presas presentes, así como a la estructura del hábitat, que varía en rocosidad y vegetación, ya que en algunos casos la cobertura vegetal es escasa, y/o los estratos herbáceo, arbustivo y arbóreo son variables. Aunado a lo anterior, en casi todas las islas hay ausencia de depredadores terrestres, de tal manera que cada una puede ser considerada como un modelo evolutivo independiente, donde diferentes poblaciones de una misma especie pueden enfrentar condiciones ambientales diferentes, que repercuten en presiones selectivas particulares, lo cual hace a las cascabeles de las islas del Golfo de California particularmente excepcionales para estudiar aspectos de su evolución adaptativa. En este contexto, las serpientes de estas islas han desarrollado adaptaciones que les permiten vivir en un entorno aislado.

Palabras clave: Presión adaptativa, aislamiento, modelo evolutivo, ecología térmica, endemismo.

Abstract

There are a total of 898 islands in the Gulf of California; fourteen species of rattlesnakes belonging to the genus *Crotalus* are distributed across 26 of them, with six of these species being endemic. Among these island ecosystems, Tiburón Island hosts the highest number of rattlesnake species—four—while *Crotalus enyo* is the most widely distributed, found on ten islands, followed by *C. ruber* on eight. Of these snakes, *C. catalinensis* is in the most critical state, listed as Threatened under the NOM-059-SEMARNAT-2010 standard. Understanding the presence of rattlesnakes on these islands requires an understanding of the ecosystems origins and the fact that each island has experienced a different duration of isolation. Beyond the duration of isolation, one must also consider variations in island surface area and distance from the mainland. These distinct characteristics are further compounded by the variety of available prey and habitat structure—specifically regarding rockiness and vegetation—as plant cover is sparse in some cases, and the herbaceous, shrub, and tree layers vary. Furthermore, the absence of terrestrial predators on almost all the islands allows

each one to be viewed as an independent evolutionary model; distinct populations of the same species may face differing environmental conditions that exert unique selective pressures, making the rattlesnakes of the Gulf of California islands exceptional subjects for studying adaptive evolution. In this context, the snakes inhabiting these islands have developed adaptations that enable them to thrive in an isolated environment.

Keywords: adaptive pressure, isolation, evolutionary model, thermal ecology, endemism.

Introducción

En el Golfo de California existen un total de 898 islas, de las cuales en 26 se distribuyen 14 especies de serpientes de cascabel del género *Crotalus*, siendo seis especies endémicas. De todos los ecosistemas isleños, la isla Tiburón presenta el mayor número de especies de cascabeles con cuatro, mientras que de las 14 especies de estos ofidios, *C. enyo* (Figura 1) es la que presenta una mayor presencia, al estar distribuida en diez islas, seguida por *C. ruber* (Figura 2) con ocho. De estas serpientes, la que presenta la condición más crítica, es *C. catalinensis*, la cual está incluida en la NOM-059-SEMARNAT-2010 con la categoría de Amenazada, así como en el libro rojo de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) con la categoría de en Peligro Crítico (DOF, 2019; IUCN, 2022) (**Tabla 1**).



Figura 1. *Crotalus enyo*. Fotografía de Gustavo Arnaud.

Para entender la presencia de las cascabeles en las islas, es preciso así mismo entender el origen de estos ecosistemas y que el tiempo de aislamiento de cada una ha sido diferente. Así, de acuerdo a su origen pueden ser agrupadas en tres categorías:

1) Islas oceánicas, aquellas que emergieron del mar y nunca tuvieron contacto con el continente o con la península de Baja California.

2) Islas continentales, aquellas que estuvieron alguna vez unidas al continente o a la península pero que se separaron por el desplazamiento de las placas tectónicas.



Figura 2. *Crotalus ruber*. Fotografía de Iván Parra.

3) Islas puente, las que estuvieron conectadas a tierra, pero quedaron aisladas por el aumento en el nivel del mar al concluir la última glaciación (Godwin et al., 1958; Grismer, 2002).

Además del tiempo que han permanecido aisladas es preciso considerar que las superficies de las islas son diferentes, así como su distancia a tierra firme. Estas particularidades se acentúan al considerar la variedad de presas presentes, así como a la estructura del hábitat, que varía en rocosidad y vegetación, ya que en algunos casos la cobertura vegetal es escasa, y/o los estratos herbáceo, arbustivo y arbóreo son variables. Aunado a lo anterior, en casi todas las islas hay ausencia de depredadores terrestres, de tal manera que cada una puede ser considerada como un modelo evolutivo independiente, donde diferentes poblaciones de una misma especie pueden enfrentar condiciones ambientales diferentes, que repercuten en presiones selectivas particulares, lo cual hace a las cascabeles de las islas del Golfo de California particularmente excepcionales para estudiar aspectos de su evolución adaptativa. En este contexto, las serpientes de estas islas han desarrollado adaptaciones que les permiten vivir en un entorno aislado.

Ecología térmica

En las islas las serpientes de cascabel enfrentan

Tabla 1. Listado, distribución y categoría de riesgo de serpientes de cascabel presentes en la región noroeste de México (península de Baja California e islas del Golfo de California y del Pacífico). BC=Baja California, BCS=Baja California Sur, E=endémica, Pr=protección especial, A=amenazada, LC=preocupación menor, CR=en peligro crítico, NE=no evaluada.

Especie	Isla(s)	NOM-059	IUCN
<i>Crotalus angelensis</i> (E)	Ángel de la guarda	NE	LC
<i>Crotalus atrox</i>	Dátil, San Pedro Mártir, Santa Cruz, Tiburón Tortuga	Pr	LC
<i>Crotalus catalinensis</i> (E)	Catalana	A	CR
<i>Crotalus cerastes</i>	Tiburón	Pr	LC
<i>Crotalus enyo</i> (E)	Carmen, Cerralvo, Coronados, Danzante, Espíritu Santo, Monserrat, Partida Sur, San Francisco, San José, San Marcos	A	LC
<i>Crotalus estebanensis</i> (E)	San Esteban	NE	LC
<i>Crotalus lorenzoensis</i> (E)	San Lorenzo	NE	LC
<i>Crotalus mitchellii</i>	Carmen, Cerralvo, Espíritu Santo, Monserrat, Partida Sur, San José	Pr	LC
<i>Crotalus molossus</i>	Tiburón	Pr	LC
<i>Crotalus polisi</i> (E)	Cabeza de Caballo	NE	NE
<i>Crotalus pyrrhus</i>	El Muerto, Salsipuedes, Coronado	NE	NE
<i>Crotalus ruber</i>	Ángel de la Guarda, Cedros, Coronados, Danzante, Estanque, Monserrat, San José, San Marcos	Pr	LC
<i>Crotalus thalassoporus</i> (E)	El Piojo	NE	NE
<i>Crotalus tigris</i>	Tiburón	Pr	LC

Arnaud-Franco, 2026

ambientes con alta variabilidad térmica, aridez extrema y disponibilidad impredecible de alimento. Como todos los reptiles, las serpientes son ectotérmicas, es decir, su temperatura corporal está en función de la temperatura ambiental. En *C. catalinensis* (Figura 3) su temperatura corporal varía de 13.6–38.2 °C (= 25.9 °C), la cual tiene estrecha correlación con la temperatura del sustrato en que se encuentre, no así con la temperatura del aire (Arnaud et al., 2019). Esta ectotermicidad, aunado a una tasa metabólica relativamente baja, le da a las cascabeles una ventaja en ambientes áridos insulares, ya que no necesita utilizar grandes cantidades de energía para mantener una temperatura corporal constante, como ocurre en

los mamíferos. Como la temperatura de su cuerpo depende de la del ambiente, una parte importante de la energía que obtiene de la alimentación la puede destinar al crecimiento, reproducción, almacenamiento de reservas y mantenimiento. Esto es importante en las islas del Golfo, donde la productividad primaria y la disponibilidad de presas puede ser espacial y temporalmente muy variable. Así, gracias a su bajo metabolismo, pueden subsistir períodos prolongados entre cada evento de alimentación. La ectotermia y el bajo costo energético de mantenimiento constituyen una ventaja fundamental en estos ambientes. Dado que la temperatura corporal de *C. catalinensis* se correlaciona con las condiciones térmicas del sustrato, se podría interpretar que la

serpiente es termoconformista y que no termorregula. En realidad, la serpiente puede ser termoconformista y, simultáneamente, realizar termorregulación conductual a través de: 1) selección de refugios, 2) desplazarse de un microhabitat a otro, 3) modificar sus horarios de actividad, 4) exponerse o aislarse respecto a determinado sustrato, de acuerdo a las temperaturas que presente el mismo, 4) buscar grietas en las rocas, agujeros en el suelo o sitios bajo una cobertura vegetal densa para resguardarse, y 5) presentar actividad principalmente nocturna para evitar las altas temperaturas del día.

Por ello, más que una regulación fisiológica interna de la temperatura, *C. catalinensis*, al igual que ocurre en otras especies de cascabeles, aprovechan la oferta térmica de los microhabitats como un mosaico de oportunidades termorreguladoras. Esto también podría explicar la alta fidelidad a sus refugios, como se observó en un estudio sobre sus desplazamientos (Arnaud et al., 2025). El refugio puede representar un recurso de importancia fisiológica además del ecológico.

Aunque no existe literatura relativa a la fisiología hídrica de las cascabeles, éste es probablemente otro factor que contribuye a su adaptación en los ecosistemas insulares, ya que, como se observó en *C. catalinensis*, la humedad ambiental relativa parece estar asociada con su patrón de actividad (Arnaud et al., 2019).



Figura 3. *Crotalus catalinensis*. Fotografía de Gustavo Arnaud.

Desplazamientos y uso del hábitat

Los patrones de desplazamiento en las serpientes son una respuesta adaptativa a la distribución de los recursos, influenciados por la disponibilidad de presas, las características del paisaje, la topografía

(Wastell y MacKessy, 2011) y la búsqueda de parejas para el apareamiento.

En *C. catalinensis*, los desplazamientos diarios presentan un patrón particular: son relativamente cortos ($\approx 35\text{m}$), predominantemente nocturnos, estrechamente asociados con los refugios y con una elevada fidelidad espacial (Arnaud, et al., 2025), lo cual fue similar a *C. enyo* y *C. ruber* en la isla Coronados (Arnaud, datos no publicados). En los tres casos, la mayoría de los movimientos consistieron en desplazamientos alrededor del refugio y retorno al mismo sitio. En *C. catalinensis* se observó una peculiaridad relativa a los desplazamientos en relación al habitat en que se encontraban. Las serpientes de las laderas solo se desplazaron en ellas, y las que se encontraban en los cauces de arroyos secos, en el fondo de las cañadas, solo se desplazaron en dichos hábitats, no hubo incursiones en ningún caso al hábitat vecino, lo cual sugiere que estos ofidios desarrollan sus movimientos cotidianos dentro de un área espacial relativamente restringida. (Arnaud et al., 2025).

En relación a las diferencias en los desplazamientos entre la temporada de sequía y la de lluvias, en las tres especies, tanto de la isla Catalana como en la isla Coronados, no se encontró evidencia estadística de que la temporada de lluvias produzca un incremento general y significativo en la distancia recorrida o en el cambio de refugios. Si bien las lluvias pueden incrementar el patrón de actividad de *C. catalinensis*, no necesariamente provocan un aumento proporcional en la distancia de sus desplazamientos ni tampoco una reducción de la fidelidad a los refugios.

En las tres especies ya mencionadas, las serpientes se desplazaron preferentemente bajo la cobertura vegetal evitando espacios abiertos. En estas islas, con presencia de lechuzas (*Tyto alba*) los desplazamientos a cielo abierto representan un riesgo de ser depredadas.

Dinámica ecológica en las islas

Dada la limitada disponibilidad de presas en las islas, existen eventos que propician incrementos en la productividad primaria, que se traducen en mayor disponibilidad de recursos, en donde las serpientes se ven beneficiadas. Tal es el caso de los subsidios marinos, aportados por las aves marinas, actuando como un "pulso de fertilidad" concentrado principalmente durante la época de

reproducción y anidación. Al alimentarse en mar abierto y regresar a la tierra, estas aves aportan nutrientes a través de sus excretas (guano), rico en nitrógeno, que transforman el ecosistema insular, activando las redes tróficas a través de la proliferación de insectos, arañas, lagartijas y roedores, contribuyendo además en una mayor cobertura vegetal (Wilder et al., 2022), que resulta en un mayor número de sitios que ofrecen una oferta térmica que les permite resguardarse.

Toxicología y Composición del Veneno

Entre las cascabeles de las islas y de la península existe una diferenciación bioquímica y funcional en su veneno. El aislamiento, la dieta, la talla corporal, la morfología craneal y las condiciones ambientales son factores que influyen no solo en la composición del veneno, sino también en los efectos biológicos que producen en sus presas.

Así, en *C. catalinensis* el veneno de juveniles y adultos tiene diferencias importantes: de más de 260 proteínas identificadas, solamente alrededor del 30 % están compartidas entre ambos grupos de edad (Arnaud et al., 2021). Esto es particularmente importante porque muestra que una población insular puede presentar una dinámica propia de expresión del veneno, incluso dentro de una misma especie. En otro ejemplo, *C. enyo cerralvensis* de la isla Cerralvo, su veneno tiene diferencias en relación a la población continental (*C. e. enyo*). Las serpientes insulares presentan un tamaño de cabeza menor, lo cual tiene repercusiones en su veneno, el cual no tiene variaciones a lo largo de su desarrollo ontogénico. Por su parte las serpientes continentales sí presentan cambios ontogénicos en su veneno, asociados con el tamaño corporal (Hirst et al., 2026). La interpretación que se da a lo anterior es que la reducción de la cabeza en la población insular limita el tamaño y posiblemente la diversidad de las presas que puede consumir, de tal manera que al vivir en un nicho trófico más restringido, disminuye también la necesidad de modificar el veneno durante el crecimiento. No así las poblaciones continentales, que al tener una mayor variedad de presas tienen variaciones ontogénicas en su veneno (Hirst et al., 2026).

En otros venenos, como el de *C. mitchellii* peninsular, también presenta diferencias en sus componentes con la de algunas especies insulares. Esta especie se caracteriza por una alta presencia de enzimas de fosfolipasas A2 (PLA2) y serinoproteasas, mientras que las especies micro-

endémicas insulares *C. polisi* (Figura 4) y *C. thalassoporus* (Figura 5) presentan una actividad hemorrágica elevada y predominio de metaloproteasas y serinoproteasas (Arnaud et al., 2023).

En síntesis, el aislamiento insular no produce una única dirección evolutiva. El habitar en una isla no implica que las serpientes presenten un veneno "más potente" o "menos potente", sino más bien que las condiciones de aislamiento pueden conducir hacia una variación en la composición bioquímica y en la actividad biológica de su veneno.



Figura 4. *Crotalus polisi*. Fotografía de Gustavo Arnaud.



Figura 5. *Crotalus thalassoporus*. Fotografía de Gustavo Arnaud.

Enanismo y gigantismo insular

En las serpientes de cascabel de las islas del Golfo de California, el enanismo es más frecuente que el gigantismo. Por lo regular en las islas son más pequeñas que en sus poblaciones continentales. Un caso de gigantismo es el que se presenta en *C. angelensis* (Figura 6) de isla Ángel de la Guarda (superficie de 936.04 km²), mientras que ejemplos de enanismo son *C. polisi* de la isla Cabeza de Caballo (superficie de 0.77 km²) y *C. thalassoporus* de la isla El Piojo (superficie de 0.57 km²). En un análisis de 12 poblaciones insulares, la longitud

hocico-cloaca estuvo fuertemente asociada con el área de la isla, es decir, en islas grandes la talla de las serpientes fue mayor comparado al de las islas pequeñas (Meik et al., 2010). Sin embargo, es posible que existan otros factores, además del tamaño de la isla que influyan, en mayor o menor grado, en la determinación del tamaño en las serpientes y que incluso estos factores interactúen entre ellos, como por ejemplo la variedad en el número de presas, así como su tamaño, la competencia, la depredación, la densidad poblacional, la productividad, la estacionalidad y características físicas de cada isla.



Figura 6. *Crotalus angelensis*. Fotografía de Gustavo Arnaud.

Ausencia del cascabel

En la isla Catalana, *C. catalinensis* no presenta el cascabel típico de las serpientes del género *Crotalus*, ya que con cada muda el nuevo segmento se desprende, así, todos los individuos de la población de la isla no tienen cascabel. Algo similar ocurre de forma parcial en poblaciones de *C. lorenzoensis* (Figura 7) de la isla San Lorenzo y en *C. estebanensis* de la isla San Esteban, donde solo algunos individuos de la población no presentan el cascabel.

Entre las hipótesis de esta pérdida en *C. catalinensis* se ha argumentado que es una adaptación para la caza sigilosa de aves sobre la vegetación (Grismer, 2002). Sin embargo, dado que esta implica un alto grado de arborealidad de la serpiente, la hipótesis ha sido descartada debido a que dicha arborealidad es escasa, además de que el consumo de aves es raro (Avila-Villegas et al., 2007; Martins et al., 2008). Otra hipótesis es que debido a la ausencia de depredadores terrestres en la isla, no lo necesita para prevenir de su presencia, sin embargo dado que en la mayoría de las islas donde hay cascabeles tampoco hay depredadores, en ellas dichas poblaciones no han

perdido el cascabel. Otra hipótesis es que la pérdida del cascabel se debe a la deriva génica, de tal manera que dicho carácter se fijó en la población y este fue transmitido de generación en generación.

Amenazas

Especies exóticas. La presencia de especies exóticas en las islas, particularmente gatos domésticos (*Felis catus*) y cabras (*Capra hircus*) representan una serie amenaza debido a la depredación y a la disminución de la cobertura vegetal por la herbivoría, que propicia erosión y una menor disponibilidad de refugios. El gato está presente en las islas Espíritu Santo, San José, Carmen, San Marcos, Tiburón y Ángel de la Guarda. Por su parte las cabras están presentes en las islas Cerralvo, Espíritu Santo, San José, Santa Cruz, Tiburón y Ángel de la Guarda.



Figura 7. *Crotalus lorenzoensis*. Fotografía de Iván Arnaud.



Figura 8. *Crotalus estebanensis*. Fotografía de Gustavo Arnaud.

Colecta ilegal. La extracción de individuos sin los permisos correspondientes, puede afectar negativamente a la población, sobre todo, cuando ocurre en islas pequeñas en la que se distribuye alguna especie endémica. La extracción ilegal que

ocurre, ha sido difícil de cuantificar (Mellink, 1995; Arnaud et al., 2008).

Cambio climático. El incremento en la intensidad y frecuencia de los fenómenos meteorológicos extremos (altas temperaturas, sequías prolongadas, lluvias intensas producto de huracanes y tormentas tropicales), provocan la caída de vegetación y el arrastre de suelo, provocando erosión, inundación de refugios de las serpientes, así como mortalidad directa de serpientes y de sus presas.

Conclusiones

Las serpientes de cascabel de las islas del Golfo de California constituyen un modelo para comprender cómo el aislamiento geográfico, la disponibilidad de recursos y las condiciones ambientales generan divergencia evolutiva. La respuesta de estas poblaciones no se limita a modificaciones en la talla corporal, sino que comprende cambios integrados en morfología, comportamiento, uso del hábitat, y en sus venenos, tanto en su composición como en los efectos biológicos que producen en sus presas. Los patrones observados sugieren que la evolución de las cascabeles insulares está determinada por la interacción entre la historia geológica de las islas, la disponibilidad y diversidad de presas, la productividad y las condiciones microclimáticas. Al mismo tiempo, su aislamiento y distribución restringida incrementan su vulnerabilidad frente a especies exóticas, perturbaciones ambientales y al cambio climático, por lo que la conservación requiere considerar a cada población insular como una unidad evolutiva y ecológica particular.

Referencias

- Arnaud, G., M. Martins, L. Burguete-Trujillo, I. Hernández-Rodríguez, H. Ávila-Villegas, R. Murillo-Quero, A. Quijada-Mascareñas. 2008. Historia natural de la serpiente de cascabel *Crotalus catalinensis*, endémica de las isla Santa Catalina, Golfo de California, México. pp 83-90. En: Flores-Campaña, L.M. (ed). Estudios de las Islas del Golfo de California. Universidad Autónoma de Sinaloa-Gobierno del Estado de Sinaloa-Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México. 221 p.
- Arnaud, G., S. Sandoval, J. Escobar-Flores, V. Gómez-Muñoz, J.L. Burguete. 2019. Thermal ecology of the Rattlesnake *Crotalus catalinensis* from Santa Catalina Island, Gulf of California. Acta Universitaria, 28:1-8.
- Arnaud, G., E. Ríos-Castro, A. Velasco-Suárez, F.J. García-de León, L.F. Beltrán, A. Carbajal-Saucedo. 2023. Venom comparisons of endemic and micro-endemic speckled rattlesnakes *Crotalus mitchellii*, *C. polisi* and *C. thalassoporus* from Baja California Peninsula. Toxicon 224 (2023) 107030.
- Arnaud G., Blázquez C., Hernández-Rodríguez I., Gatica-Colima A., Guerrero I., Chávez-Lara D. 2025. Daily and seasonal movements of *Crotalus catalinensis* in Catalana Island, Gulf of California. South American Journal of Herpetology 37: 47-56.
- Ávila-Villegas, H., M. Martins, G. Arnaud. 2007. Feeding ecology of the endemic Rattleless Rattlesnake, *Crotalus catalinensis*, of Santa Catalina Island, Gulf of California, México. Copeia, 2007(1):80-84.
- DOF (Diario Oficial de la Federación). 2019. Modificación del Anexo Normativo III, Lista de especies en riesgo de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo, publicada el 30 de diciembre de 2010. Publicado el 14 de noviembre, 2019.
- Godwin, H., R.P. Suggate, E.H. Willis. 1958. Radiocarbon dating of the eustatic rise in ocean-level. Nature 181:1518-1519.
- Grismer, L. 2002. Amphibians and Reptiles of Baja California, Including its Pacific Islands and the Islands in the Sea of Cortés. University of California Press, Berkeley, California.
- Hirst, S.R., C.M. Vanhorn, H. Franz-Chávez, et al. 2026. Lack of an ontogenetic shift in *Crotalus enyo cerralvensis* venom supports integration of cranial morphology and venom expression in rattlesnakes. Western North American Naturalist 86(1):76-86.
- Martins, M, G. Arnaud, R. Murillo. 2008. Exploring hypotheses about the loss of the rattle in rattlesnakes: how arboreal is the isla Santa Catalina rattleless rattlesnake, *Crotalus catalinensis*? South American Journal of Herpetology, 3(2):162-167
- Meik J.M., A.M. Lawing, A. Pires-daSilva. 2010. Body size evolution in insular speckled rattlesnakes (Viperidae: *Crotalus mitchellii*). PLoS One Mar 4;5(3):e9524.
- Mellink, E. 1995. The potential effect of commercialization of reptiles from Mexico's Baja California Peninsula and its associated islands. Herpetological Natural History 3(1):95-99.
- IUCN. 2022. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2022-1. Consultado el 02-03-2022. <https://www.iucnredlist.org>.

Wastell, A.R., S.P. MacKessy. 2011. Spatial ecology and factors influencing movement patterns of desert massasauga rattlesnakes (*Sistrurus catenatus edwardsii*) in Southeastern Colorado. *Copeia*, (1):29–37.

Wilder B.T., A.T. Becker, D.L. Dettman. 2022. Marine subsidies produce cactus forest on desert islands. *Scientific Reports* 12:17110.