

CUADERNOS *de* HERPETOLOGÍA

VOLUMEN 40 - NÚMERO 2 - SEPTIEMBRE 2026

ojs.aha.org.ar - aha.org.ar



Asociación Herpetológica Argentina

Presidenta: María Gabriela Agostini

Vicepresidenta: Marcelo Bonino

Secretaria: María Soledad Valdecantos

Prosecretaria: Katyuscia Araujo-Vieira

Tesorero: Camila Deutsch

Vocales Titulares: Julián Faivovich, Jimena Grosso

Vocal Suplente: Julián Lescano

Junta Revisora de Cuentas: Diego Barrasso, Sebastián Barrionuevo

CUADERNOS de HERPETOLOGÍA

Una publicación semestral de la Asociación Civil Herpetológica Argentina (Paz Soldán 5100. Piso 1 Dpto 8. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina). Incluye trabajos científicos relacionados con todos los aspectos de la investigación en Anfibios y Reptiles, abarcando tópicos como: sistemática, taxonomía, anatomía, fisiología, embriología, ecología, comportamiento, zoogeografía, etc. Comprende las siguientes secciones: Trabajos, Puntos de Vista, Notas, Novedades Zoogeográficas y Novedades Bibliográficas. Publica en formato digital online y en formato impreso artículos científicos originales asegurando a los autores un proceso de revisión por evaluadores externos sólido y transparente más una alta visibilidad internacional de sus trabajos. Para los lectores, se garantiza el acceso libre a los artículos. Los idiomas aceptados son castellano, portugués e inglés.

Comité Científico

Virginia Abdala

Instituto de Biología Neotropical (CONICET-UNT), Tucumán, Argentina.

Vanessa Arzamendia

Instituto Nacional de Limnología (CONICET-UNL), Facultad de Humanidades y Ciencias, Universidad Nacional del Litoral, Santa Fe, Argentina.

María Laura Ponssa

Unidad Ejecutora Lillo (CONICET-FML), Tucumán, Argentina.

María Florencia Vera Candioti

Unidad Ejecutora Lillo (CONICET-FML), Tucumán, Argentina.

Margarita Chiaraviglio

Instituto de Diversidad y Ecología Animal (CONICET-UNC), Córdoba, Argentina.

Gabriela Perotti

Instituto de Investigaciones en Biodiversidad y Medioambiente (CONICET-UNComa), San Carlos de Bariloche, Rio Negro, Argentina.

Juliana Sterli

Museo Paleontológico Egidio Feruglio (CONICET), Trelew, Chubut, Argentina.

Lee Fitzgerald

Department of Wildlife and Fisheries Sciences, Texas A&M University, College Station, Texas, EE.UU.

Darrel Frost

Division of Vertebrate Zoology, Herpetology, American Museum of Natural History, New York, EE.UU.

Célio F. B. Haddad

Departamento de Zoologia, Instituto de Biociências, UNESP, Rio Claro, São Paulo, Brasil.

Taran Grant

Departamento de Zoologia, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, Brasil.

James A. Schulte II

Department of Biology, 212 Science Center, Clarkson University, Potsdam, NY, EE.UU.

Esteban O. Lavilla

Unidad Ejecutora Lillo (CONICET-FML), Tucumán, Argentina.

Gustavo Scrocchi

Unidad Ejecutora Lillo (UEL, CONICET-FML), Tucumán, Argentina.

Directores / Editores

Silvia Quinzio / Sebastián Quinteros

Instituto de Diversidad y Ecología Animal (IDEA-CONICET), CCT-Córdoba. Av. Vélez Sarsfield 299, CP 5000, Córdoba, Argentina
Instituto de Bio y Geociencias del NOA (IBIGEO-UNSa-CONICET) CCT-Salta/Jujuy. Av. 9 de Julio 14, A4405BBA, Rosario de Lerma, Salta, Argentina

Editoras y Editores asociados

María Gabriela Agostini

Instituto de Ecología, Genética y Evolución de Buenos Aires (CONICET-UBA), Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.

Katyuscia Araujo-Vieira

Laboratório de Herpetologia, Departamento de Biodiversidade and Centro de Aquicultura (CAUNESP), Rio Claro, São Paulo, Brasil.

Diego Barrasso

Instituto de Diversidad y Evolución Austral (IDEAus-CONICET), Puerto Madryn, Chubut, Argentina. diegobarrasso@gmail.com

Gisela Bellini

Instituto Nacional de Limnología (INALI, CONICET-UNL), Facultad de Humanidades y Ciencias, Universidad Nacional del Litoral, Santa Fe, Argentina.

Luciana Bolsoni Lourenço

Departamento de Biología Estructural e Funcional, Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas, São Paulo, Brasil.

Claudio Borteiro

Sección Herpetología, Museo Nacional de Historia Natural de Montevideo, Montevideo, Uruguay.

David Buckley

Dpto de Biodiversidad y Biología Evolutiva, Museo Nacional de Ciencias Naturales, CSIC, Madrid, España.

Mario R. Cabrera

Departamento Diversidad Biológica y Ecología, FCEfYN, Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, Argentina.

Clarissa Canedo

Departamento de Zoologia, IBRAG, UERJ, Maracanã, Rio de Janeiro, Brasil.

Paola A. Carrasco

Centro de Zoología Aplicada, Instituto de Diversidad y Ecología Animal (IDEA-CONICET), Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, Argentina.

Santiago Castroviejo-Fisher

Laboratorio de Sistemática de Vertebrados, Pontificia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS), Porto Alegre, Brasil.

Ana Lucia da Costa Prudente

Coordenação de Zoologia, Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém, Estado do Pará, Brasil.

Julián Faivovich

Museo Argentino de Ciencias Naturales “Bernardino Rivadavia”, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.

Javier Goldberg

Instituto de Diversidad y Ecología Animal (IDEA-CONICET), CCT-Córdoba. Av. Vélez Sarsfield 299, CP 5000, Córdoba, Argentina.

Adriana Jerez

Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.

Claudia Koch

Alexander Koenig Research Museum, Bonn, Alemania (ZFMK).

Julián N. Lescano

Instituto de Diversidad y Ecología Animal, (IDEA, CONICET-UNC), Córdoba, Argentina.

Antonieta Labra

1. ONG Vida Nativa, Chile. 2. Centre for Ecological and Evolutionary Synthesis, University of Oslo, Noruega.

Roberta A. Murta-Fonseca

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campus do Pantanal (UFMS - CPan), Brasil.

Carlos A. Navas

Departamento de Fisiologia, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, Brasil.

Daniel E. Naya

Dpto de Ecología y Evolución, Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Montevideo, Uruguay.

Laura Nicoli

Museo Argentino de Ciencias Naturales “Bernardino Rivadavia”, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina. nicoli.laura@gmail.com

Paulo Passos

Departamento de Vertebrados, Setor de Herpetologia, Museu Nacional, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Quinta da Boa Vista, São Cristóvão, Rio de Janeiro, Brasil.

Paola Peltzer

Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas, Universidad Nacional del Litoral, Santa Fe, Argentina.

Sebastián Quinteros

Instituto de Bio y Geociencias del NOA (IBIGEO, CONICET-UNSa), Salta, Argentina.

Alex Richter-Boix

Evolutionary Biology Centre, Uppsala Universitet, Norbyvägen, Uppsala, Suecia.

Miguel Tejedo

Departamento de Ecología Evolutiva Estación Biológica de Doñana (EBD-CSIC), Sevilla, España.

Marcos Vaira

Instituto de Ecorregiones Andinas (CONICET-UNJu), San Salvador de Jujuy, Argentina.

Soledad Valdecantos

Instituto de Bio y Geociencias del NOA (IBIGEO, CONICET-UNSa), Salta, Argentina..

Volumen 40 - Número 2 - Septiembre 2026

CUADERNOS *de* HERPETOLOGÍA

Revista de la Asociación Herpetológica Argentina

Un maestro, un amigo, un naturalista: adiós a Gustavo José Scrocchi Manfrini (1956–2026)

Alejandro R. Giraudo¹, Fernando Lobo²

¹ Instituto Nacional de Limnología, CONICET-UNL, FHUC-UNL. Ciudad Universitaria, CP 3000, Santa Fe, Argentina.

² IBIGEO. Instituto de Bio y Geociencias del NOA (CONICET-UNSa), Salta, Argentina.



“El objetivo de la ciencia no es abrir la puerta al saber infinito, sino poner un límite al error infinito.”

De la obra teatral *La vida de Galileo*, Bertolt Brecht, 1939

Estas palabras resumen sabiamente la importancia de una vida dedicada a la ciencia, como la desarrollada por Gustavo José Scrocchi Manfrini, que falleció el 26 de julio de 2026 a los 70 años, dejando un enorme vacío en la zoología y herpetología argentina, sudamericana y global.

Gustavo nació el 25 de abril de 1956 en San Miguel de Tucumán. Se formó en la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Tucumán (UNT), donde obtuvo, en 1981, la licenciatura en Ciencias Biológicas con orientación en Zoología. En 1987, concluyó su doctorado sobre

Autor para correspondencia: alejagiraudo@gmail.com

las serpientes corales (*Micrurus*) de Argentina, iniciando una destacada trayectoria en la sistemática de los ofidios neotropicales. Poseedor de una fuerte vocación por la biología y la investigación, se destacó desde sus comienzos por ser un biólogo de campo, recorriendo ambientes de difícil acceso y condiciones de trabajo como la Puna, las Yungas, los Bosques Chaqueños, la Cordillera Andina, la Patagonia, e incluso de otros países como la Tariquía, el Parque Nacional Noel Kempff Mercado en Bolivia y la Selva Atlántica en Brasil. En sus recorridos Gustavo se caracterizó por su carácter afable y humilde, desarrollando rápidamente empatía y amistad con los baquianos y lugareños, de quienes valoraba y capitalizaba sus conocimientos y vivencias.

Desde estudiante (1976) se desempeñó como Auxiliar Docente en la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Tucumán, donde llegó a ser Jefe de Trabajos Prácticos de la Cátedra de Zoogeografía hasta 1988, sin perder relación con la Universidad donde llegó al Honorable Consejo Directivo como graduado. Entre 1976 y 1980 fue contratado como Ayudante de Investigación en el Programa “Investigaciones de la Fauna del NO Argentino”, para encargarse del mantenimiento de la colección de Herpetología de la Fundación Miguel Lillo dirigida por el Dr. Raymond Ferdinand Laurent, donde en conjunto con sus amigos Esteban Lavilla y Enrique Terán, constituyen de los grupos más importantes de la herpetología latinoamericana y mundial, en cuanto a la generación de conocimientos de avanzada y a la formación de decenas de herpetólogos en la Argentina y países vecinos. Su trayectoria en la Fundación Miguel Lillo incluyó diferentes funciones académicas y administrativas. Entre 1980 y 1986, fue jefe interino de la Sección de Mastozoología y, posteriormente, profesor adjunto, asociado y, a partir de 1994, profesor titular en régimen de dedicación exclusiva. Ocupó también el cargo de director de Zoología en dos periodos, contribuyendo decisivamente a consolidar a la Fundación Miguel Lillo como una de las principales referencias de la investigación zoológica en América Latina. En 1986 ingresó como Becario al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), y en 1992 ingresa a la Carrera de Investigador donde se desempeñó hasta su jubilación.

En 1981, Gustavo recibió una beca del Consejo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (CNPq) para participar en el Primer Curso Especial de Sistemática Zoológica, realizado durante un

semestre en la Universidad Federal de São Carlos, São Paulo, Brasil. Este curso tuvo un impacto muy importante tanto en su vida profesional como personal. Gustavo se familiarizó con las nuevas teorías en sistemática y fue influenciado por Nelson Papavero sobre las ideas de la escuela de pensamiento Cladista y las nuevas metodologías de la Sistemática Filogenética. Al regresar a su país, Gustavo dictó numerosos cursos de posgrado, en gran parte de la Argentina y en Paraguay, difundiendo las ideas de la Cladística, entre sus colegas, alumnos y becarios, que siguieron su obra practicando y enseñando Sistemática Filogenética en sus trabajos científicos y actividades docentes. Produjo al respecto un libro fundamental, muy utilizado en la enseñanza universitaria, “*Introducción a las escuelas de Sistemática y Biogeografía*” (Opera Lilloana, 1992), en coautoría con Eduardo Domínguez. Fue en este curso en Brasil, donde Gustavo conoció a la bióloga Sonia Kretzschmar, originaria de Curitiba, quien se convertiría en su esposa y compañera para toda la vida. Sonia actuó durante décadas como responsable técnica de la colección herpetológica de la Fundación Miguel Lillo, un acervo que ambos ayudaron a conservar en excelentes condiciones, hasta que se transformó en una de las colecciones más importantes de Latinoamérica conteniendo más de 100.000 ejemplares de anfibios y reptiles.

Gustavo estableció estrechas relaciones de colaboración con investigadores de Bolivia, Brasil, Paraguay, México, Estados Unidos y de otros países, de las cuales resultaron publicaciones, proyectos conjuntos e importantes iniciativas de formación de investigadores en toda la región. Desempeñó, así, un papel esencial en el desarrollo y la consolidación de la herpetología latinoamericana. En consecuencia, su producción científica es vasta y diversificada con más de 120 trabajos en revistas científicas incluyendo numerosos trabajos sobre reptiles y anfibios (incluyendo la descripción de nuevas especies para la ciencia), y al inicio de su carrera también sobre mamíferos, con especial énfasis en la sistemática, la morfología y la distribución de las serpientes. Publicó también 20 libros o capítulos de libros entre los que merecen destacarse “*Serpientes del noroeste argentino*” (Fundación Miguel Lillo, 2006), en colaboración con Juan Carlos Moreta y Sonia Kretzschmar, con una edición ampliada en 2023 adicionando a María Paula Cabrera y Juan Carlos Stazzonelli. Se destaca además una obra indispensable, “*Las lagartijas de la familia Liolaemidae: sistemática, dis-*



Campana en la región Chaqueña en el año 1985. De izquierda a derecha: Pepe Langone, Marissa Fabrezi, Ueso Montero, Gustavo Scrocchi y Esteban Lavilla.

tribución e historia natural de una de las familias de vertebrados más diversas del cono sur de Sudamérica”, de la cual fue uno de los editores junto con Cristian Abdala, Alejandro Laspiur, Romina Semhan, Pablo Valladares y el segundo de los autores este aporte.

Su involucramiento con la comunidad científica también se dio a través de una intensa actuación institucional. Gustavo tuvo un papel fundamental en el desarrollo de la Asociación Herpetológica Argentina (AHA), ya que se encontraba entre los jóvenes herpetólogos que, en mayo de 1977, participaron del VII Congreso Latinoamericano de Zoología en Tucumán, y se relacionaron con los destacados herpetólogos de la época, entre ellos el Dr. Laurent, su maestro y primer presidente de la AHA, fundada el 8 de septiembre de 1982. En 1987 estuvo entre los mentores y organizadores del 1er Congreso Latinoamericano y 1er Congreso Argentino de Herpetología en Tucumán. Gustavo Scrocchi fue el segundo presidente de la AHA entre 1993 y 2001. Impulsó la revista Cuadernos de Herpetología de la AHA, donde fue co-editor entre 1998 y 2001. Fue asimismo miembro de comités editoriales y revisor

de publicaciones periódicas nacionales e internacionales en herpetología.

Sin dudas, su mayor legado fue la activa formación de nuevas generaciones de investigadores. Gustavo dirigió más de una docena de tesis de grado y doctorales, además de acompañar la carrera de becarios e investigadores vinculados al CONICET. Muchos de aquellos que tuvieron el privilegio de ser orientados por él ocupan hoy posiciones destacadas en investigación y docencia, y dan continuidad a su obra científica y al compromiso con la herpetología latinoamericana que él ayudó a construir.

Haciendo gala de un sentido del humor inigualable, decía que era un excelente “Orquidiota” cuando mostraba orgullosamente su admirable colección de orquídeas, que cultivó con mucha dedicación en su patio durante décadas, una expresión más de su vínculo íntimo con la naturaleza, que siempre amó y procuró comprender.

Quienes tuvimos el privilegio de conocerlo guardaremos para siempre el recuerdo de un gran amigo, marcado por la sencillez, el buen humor y la disposición incondicional para ayudar. Generoso al

compartir sus conocimientos, Gustavo estuvo profundamente comprometido con la ciencia y con la educación pública. Su visión humanista y progresista lo llevó, a lo largo de toda su vida, a defender con firmeza las causas que consideraba justas.

Su partida deja un vacío irreparable entre familiares y amigos, y representa una pérdida inmensa para la zoología latinoamericana. Su obra, sin embargo, permanece viva en todos lo que lo conocieron, en cada estudiante que ayudó a formar y en cada página escrita a lo largo de su vida tan fecunda. Su legado continúa igualmente a través de su querida familia: su esposa, Sonia; sus hijas, Marina y Victoria; sus nietas, Elena y Olivia; y su hermano, Pablo. A todos ellos, expresamos nuestros más profundos sentimientos y solidaridad.

Entre quienes tuvimos el honor de compartir muchos momentos y viajes de campo contigo Gustavo, nos parece escuchar en tu tonada y dialecto tucumano, que tanto te caracterizó: ¡Hey chango, hagamos un asado y después seguimos pillando

bichos!. Aún resuena en el laboratorio...el cariñoso: ¡ehhh pendejoooo, hacete unos mates!.

Con su partida, la herpetología argentina y latinoamericana pierde no solo a uno de sus zoólogos más dedicados, sino también a un maestro generoso, cuya influencia marcó la formación de sucesivas generaciones de investigadores. Él fue responsable de la formación de gran parte de los herpetólogos argentinos que hoy desempeñan un papel académico en su país. Científico incansable, Gustavo construyó una trayectoria de gran amplitud, que se extendió desde la sistemática de serpientes y lagartos hasta la conservación de la biodiversidad sudamericana. Su legado permanece tanto en la solidez y relevancia de su producción científica como en las innumerables personas a las que orientó, acogió e inspiró a lo largo de su vida.

¡Hasta siempre, Gustavo!, ojalá sepamos honrar el hermoso y fecundo camino que abriste y nos enseñaste a seguir.

Recibido: 12 Agosto 2026

Revisado: 18 Agosto 2026

Aceptado: 01 Septiembre 2026

Editor Asociado: S. Quinteros

doi: 10.31017/CdH.2026.(2026-024)

© 2026 por los autores, licencia otorgada a la Asociación Herpetológica Argentina. Este artículo es de acceso abierto y distribuido bajo los términos y condiciones de una licencia Atribución-No Comercial 4.0 Internacional de Creative Commons. Para ver una copia de esta licencia, visite <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

Cambios en la riqueza y abundancia de reptiles a un evento del Desierto Florido en la Región de Atacama, Chile

Sandra Marambio N.¹, Jorge Mella Á.²

¹ FUSIS Asesoría Ambiental, Badajoz 100 of 1014, Las Condes, Santiago, Chile.

² Business For Conservation SpA, Paul Harris 603, Las Condes, Santiago, Chile.

Recibido: 07 Marzo 2026

Revisado: 10 Julio 2026

Aceptado: 21 Julio 2026

Editor Asociado: S. Quinzio

doi: 10.31017/CdH.2026.(2026-06)

ABSTRACT

Changes in seasonal richness and abundance, as well as changes associated with habitat use and vegetation formations of reptiles, were analyzed in response to the 2010 flowering desert (DF) event in the Atacama Region, Chile. Richness increased from four to eight species when comparing periods before and after the DF. *Liolaemus atacamensis* and *L. nigromaculatus* were the most frequent and abundant species, followed by *Callopiastes maculatus* and *L. platei*. Total abundance also increased during the post-event period (mainly in spring and summer), but with seasonal variations depending on the species, and with high variability across all of them. Thus, *L. platei* and *C. maculatus* were recorded at only one station in the pre-event period (25% frequency), and this increased to four stations in the post-event period (80% frequency); for both species, there was a significant increase in abundance in the post-DF period compared to the pre-DF period. The use of habitats by reptiles diversified in the post-DF period compared to the pre-DF period. In scrub and scrub with succulents habitats, the richness and abundance of reptiles increased in the post-DF stage compared to the pre-DF stage, as did in areas devoid of vegetation, while species appeared in grasslands. In the case of presence in DF formations, greater richness was observed for all post-DF seasons compared to pre-DF seasons.

Key words: Abundance; ENSO; Habitats; Lizards.

RESUMEN

Se analizaron los cambios en riqueza y abundancia estacional, y los cambios asociados a uso de hábitats y formaciones vegetacionales de los reptiles, ante el evento de desierto florido (DF) de 2010, en la Región de Atacama, Chile. La riqueza aumentó de cuatro a ocho especies, comparando periodos previos y posteriores a DF. *Liolaemus atacamensis* y *L. nigromaculatus* fueron las especies más frecuentes y abundantes, seguidas por *Callopiastes maculatus* y *L. platei*. La abundancia total también aumentó en el periodo post evento (principalmente en primavera y verano), pero desfasado estacionalmente, dependiendo de las especies, y con alta variación en todas ellas. Así, *L. platei* y *C. maculatus* sólo se registraron en una estación en pre evento (frecuencia de 25%), y aumentaron a cuatro estaciones en post evento (80% de frecuencia), y en ambas hay aumento significativo de su abundancia en postDF que en preDF. En cuanto al uso de hábitats por los reptiles, éste se diversificó en el periodo post DF en relación al preDF. En el hábitat de matorral y matorral con suculentas, la riqueza y abundancia de reptiles aumenta en etapa postDF a la preDF, al igual que en las áreas desprovistas de vegetación, mientras que aparece la presencia de especies en el herbazal. En el caso de la presencia en formaciones de DF, se observa mayor riqueza para todas las estaciones postDF en relación a preDF.

Palabras claves: Abundancia; El Niño; ENSO; Hábitats; Lagartijas.

Introducción

La región de Atacama es una zona de transición entre el norte grande, extremadamente árido, y el norte chico de Chile, semi-árido. Squeo *et al.* (2008a) caracteriza esta región por sus altas temperaturas y con ciclos diurnos muy marcados, con influencia del mar que da lugar a intensas neblinas costeras las que decrecen hacia el interior de la región, salvo en valles y zonas cultivadas, y sus bajas precipitaciones concentradas en los meses de invierno, las que aumentan durante los eventos de El Niño (ENSO, Lima *et al.* 1999).

En esta región ocurre un fenómeno donde existe un desarrollo inusual y explosivo de plantas herbáceas efímeras y algunas especies leñosas, denominado desierto florido, que ocurre en años cuando la precipitación acumulada es suficiente o se presenta un único evento de lluvia que supera los 20 mm (Armesto *et al.* 1993, Chávez *et al.* 2019), debido a que el elemento limitante es la precipitación (He *et al.* 2017). Posterior a las lluvias, la germinación ocurre dentro de un mes y la máxima floración en dos meses (Armesto *et al.* 1993). La riqueza de hierbas y el banco de semillas aumenta marcadamente durante los periodos ENSO (Jaksic 2001), lo que representa un aumento notable en la disponibilidad de recursos para las redes tróficas locales (Gutiérrez 2008).

Existen pocos estudios donde se analice la respuesta de la fauna al fenómeno del desierto florido y/o a los eventos ENSO que, como ya se ha establecido, se encuentran fuertemente relacionados. En artrópodos, Cepeda-Pizarro *et al.* (2005) mostraron un incremento en la mayoría de los taxos registrados, en la composición del ensamble de taxa dominantes y entre tipo de hábitats durante el evento ENSO del año 1997. Por su parte, Vidal *et al.* (2011) estudiaron la termorregulación en la interacción depredador-presa durante el desierto florido de 2002 en la región de Atacama, el único estudio que incluye reptiles. En aves, se ha determinado que durante los años ENSO este grupo alcanza su nivel máximo en cuanto a diversidad y densidad, lo que se explica por un aumento de la producción primaria (recursos vegetales) y secundaria (principalmente artrópodos, Jaksic 2001, Jaksic & Lazo 1999). En cuanto a mamíferos (grupo con más estudios), Meserve *et al.* (1995) observaron un aumento retardado de la abundancia con relación al evento ENSO de 1991-1992 en el parque nacional Fray Jorge, y el éxito de captura de pequeños mamífe-

ros aumentó de 10% (previo al evento), a ser mayor a un 80%, donde la respuesta fue heterogénea entre las especies presentes, posiblemente relacionada a cada tipo de alimentación y su biología reproductiva. Por otra parte, Lima *et al.* (1999) establecieron que la ocurrencia de un rápido crecimiento de la población de roedores se relacionaba estadísticamente con el nivel de precipitaciones dentro del mismo año, mientras que Jaksic (2001) también sugiere que el aumento de la abundancia de roedores ocurre con un retraso de seis meses con respecto a las lluvias, y asimismo, el aumento de los depredadores tiene una respuesta con retraso de un año con respecto al aumento de pequeños mamíferos, y dicho aumento es una combinación entre la reproducción *in-situ* y la inmigración. Así, en general, se han documentado respuestas de aumento de riqueza y abundancia de artrópodos, aves y micromamíferos, pero se desconocen antecedentes de la eventual respuesta de los reptiles.

En el año 2010 se produjo un evento del desierto florido en la Región de Atacama, caracterizado por ser de mediana intensidad acumulativa, considerando el periodo desde 1983 a 2012. Comenzó en mayo y se prolongó por 165 días, con su máxima actividad el 7 de julio (Chávez *et al.* 2019); esto reafirma lo observado por Armesto *et al.* (1993) considerando que durante este año las precipitaciones de mayor intensidad fueron a mediados de mayo, acumulando entre 12,8 y 32 mm por estación de medición (DGA 2019).

En base a los antecedentes mencionados, el objetivo de este estudio fue analizar la variación de la riqueza y abundancia del ensamble de reptiles, al evento del desierto florido ocurrido el año 2010 en la Región de Atacama (en adelante DF). Es esperable que, al igual como ocurre con otros grupos de vertebrados (aves y mamíferos), tanto la riqueza como la abundancia de reptiles aumenten como consecuencia del evento de desierto florido en la región.

Materiales y métodos

El área de estudio se encuentra en el desierto de Atacama, en la región de Atacama, Norte de Chile, abarcando desde Caldera, rodeando la ciudad de Copiapó, y cruzando en algunos sectores el Valle del Río Copiapó. La altitud varía desde el nivel del mar hasta los 2.400 m s.n.m., abarcando 110 Km de poniente a oriente.

La vegetación del área de estudio incluye las formaciones matorral desértico y matorral desértico

interior, incluyendo los pisos Matorral desértico mediterráneo costero de *Heliotropium floridum* y *Atriplex clivicola*, Matorral desértico mediterráneo interior de *Skytanthus acutus* - *Atriplex deserticola* y Matorral bajo desértico tropical-mediterráneo andino de *Atriplex imbricata* (de acuerdo a Luebert & Pliscoff 2017). Durante los años secos la vegetación de estos pisos está casi completamente ausente (salvo las especies dominantes), mientras que en los años lluviosos se observa gran cantidad de plantas herbáceas y arbustos renovados (Luebert & Pliscoff 2017). La ausencia de vegetación durante los años secos se debe a la latencia de plantas anuales y geófitas bajo el suelo, como semillas o bulbos, indetectables hasta que emergen luego de las lluvias (Vidiella *et al.* 1999).

El muestreo se realizó en el marco del Estudio de Impacto Ambiental (EIA) "Optimización Proyecto Minero Cerro Casale" de la Compañía Minera Casale (2011), con nueve campañas estacionales, entre otoño 2009 a otoño 2011.

Para este estudio se consideró como unidades geográficas de estudio los ambientes cartográficos o hábitats de fauna (en adelante hábitats), definidos con información acumulativa de todas las campañas de terreno, resultando en: área desprovista de vegetación, área urbana y/o industrial, herbazal, humedal, matorral, matorral arborescente, matorral con suculentas y terreno agrícola (Tabla 1).

Para el caso de área desprovista de vegetación y herbazal, la superficie es variable dependiendo de la presencia/ausencia de desierto florido (ver Apéndice).

Las formaciones de desierto florido se definieron como tal por encontrarse dentro del Sitio Prioritario oficial Desierto Florido (Squeo *et al.* 2008b), y, fuera de él, aquellas formaciones de herbazales o matorrales con flora característica como *Cristaria* spp., *Cistanthe longiscapa*, *Argylia radiata*, *Skytanthus acutus*, y *Nolana* spp., entre otras.

El muestreo fue estratificado (Mateucci y Colma 1982) con respecto a los hábitats, y se realizaron muestreos estacionales para reptiles (799 transectos totales, incluyendo réplicas estacionales, detalles en Tabla 1).

Los transectos fueron recorridos pedestres de 200 m x 20 m (Crump & Scott 1994, Jaeger 1994, De la Maza & Bonacic 2014), con búsqueda activa entre las 9:00 y las 19:00 hrs. Para cada transecto, se anotó el número de ejemplares registrados de cada especie. Todas las eventuales capturas fueron autorizadas por el Servicio Agrícola y Ganadero.

El número de transectos realizados por hábitats (incluyendo réplicas estacionales) fue obviamente diferenciado, y asociado a su superficie, de modo de ser representativo. Así, el matorral tuvo la mayor cantidad de transectos (488), seguido por el matorral con suculentas (128), y el área desprovista de vegetación (92), mientras que los hábitats menos muestreados fueron el área urbana (4), el humedal (8) y el terreno agrícola (16; Tabla 1).

Para propósitos comparativos, se separaron las estaciones en dos grupos: uno en el periodo pre Desierto Florido (preDF en adelante), con cuatro muestreos estacionales, entre otoño 2009 a verano 2010 (con 164 transectos), y la otra en el periodo post Desierto Florido (postDF en adelante), con cinco muestreos estacionales, entre otoño 2010 (inicio de DF) a otoño 2011 (con 640 transectos).

Con el fin de analizar la variación de la disponibilidad de hábitats con vegetación del desierto florido durante los años muestreados, se utilizaron los índices EVI (Enhanced Vegetation Index) y NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), ambos índices previamente exitosos en la detección de la variación de la vegetación en desierto florido para la región de Atacama (He *et al.* 2017, Chávez *et al.* 2019).

La respuesta de los reptiles al desierto florido fue evaluada según la composición taxonómica, riqueza y abundancia. La riqueza fue definida como el número total de especies registradas, y fue comparada en relación a la estación muestreada, el hábitat y la presencia/ausencia en formaciones de desierto florido. La abundancia fue estimada como el número de individuos/número de transectos, y nuevamente se realizó el análisis por estación muestreada, hábitat y la presencia/ausencia en formaciones de desierto florido, considerando únicamente las especies más frecuentes y abundantes durante el periodo de muestreo. Para comparar los valores de riqueza y abundancia en ambos periodos (pre y post DF), se utilizaron las pruebas no paramétricas de *U* de Mann Withney y *H* de Kruskal-Wallis, con $\alpha = 0,05$ (programa Past 4).

Resultados

Análisis Estacional

La riqueza total del ensamble de reptiles en el área de estudio fue de ocho especies (Tabla 2). Se observa que en otoño 2009 y entre las campañas invierno 2010 a otoño 2011 se obtuvieron los mayores valores

Tabla 1. Descripción de cada hábitat con el número de transectos realizados para reptiles (incluyendo réplicas estacionales).

HÁBITAT	DESCRIPCIÓN	TRANSECTOS REPTILES
Área desprovista de vegetación	Ambiente con cubierta vegetal nula o individuos aislados con cobertura < 1%.	92
Área urbana y/o industrial	Ciudades, pueblos, caseríos, instalaciones industriales y/o suelos removidos por maquinaria pesada.	4
Herbazal	Domina la cobertura herbácea y la cobertura arbustiva es < 5%, las suculentas también pueden aparecer como dominantes o con cobertura > 5%.	28
Humedal	Espejo de agua rodeado de vegetación.	8
Matorral	Tipo biológico arbóreo es < 5%, el arbustivo entre 5% y 75%, y el herbáceo entre 0 y 100%.	488
Matorral arborescente	Matorral con árboles > 2 m de altura en que la cobertura arbórea está entre 5 y 10%, el tipo biológico arbustivo entre 5 y 100%, y el herbáceo entre 0 y 100%. También se consideran el estrato arbóreo tiene cobertura de copas > 10%.	35
Matorral con suculentas	Presencia de suculentas > 5% y la cobertura arbustiva está entre 5% y 100%.	128
Terreno agrícola	Zonas que al momento de realizar el levantamiento cartográfico estaban siendo utilizadas en la fruticultura.	16

de abundancia y riqueza, en tanto que en verano 2010 se registraron los menores valores para ambos parámetros. *Liolaemus atacamensis* (Müller & Hellmich 1933) y *Liolaemus nigromaculatus* (Wiegmann 1834) fueron las especies de reptiles más frecuentes y abundantes en todas las estaciones, seguidas por *Callopistes maculatus* (Gravenhorst 1838) y *Liolaemus platei* (Werner 1898), presentes en las estaciones otoño 2009 y entre las campañas invierno 2010 y otoño 2011. Las especies restantes, *Liolaemus juanortizi* (Young-Downey & Moreno 1992), *Liolaemus velosoi* (Ortiz 1987), *Microlophus atacamensis* (Donoso-Barros, 1966) y *Philodryas chamissonis* (Wiegmann 1834), fueron avistadas sólo de forma ocasional (Tabla 2), por lo que su abundancia no será analizada en detalle.

En el periodo pre desierto florido (PreDF) se observaron entre dos a cuatro especies por estación, mientras que en el periodo post desierto florido (PostDF) la riqueza aumentó hasta el doble (con dos a seis especies por estación, aunque como se indicó, cuatro especies con abundancias muy bajas, Tabla 2). En promedio, la riqueza de preDF fue de $2,50 \pm 1,00$ (media $\pm$ DS) y en postDF la riqueza fue de $4,40 \pm 1,52$, con diferencia significativa entre ambos periodos ($U = 48400$, $p = 0,049$).

En relación a la abundancia total (con alta variación entre periodos y especies), en PreDF ésta varió entre 0,19 ind/transecto (verano 2010) a 0,97

ind/transecto (otoño 2009), mientras que en PostDF, osciló entre 0,58 ind/transecto (otoño 2010) a 0,94 ind/transecto (otoño 2011; Tabla 2). En promedio, la abundancia del periodo PreDF fue de $0,61 \pm 0,33$ (media $\pm$ DS) y en postDF fue de $0,76 \pm 0,15$, con una tendencia a una diferencia (marginamente no significativa) entre ambos periodos ($U = 48399$, $p = 0,052$). Sin embargo, al comparar las distintas estaciones, se observan mayores diferencias: en otoño e invierno preDF, los valores son mayores a los de las mismas estaciones en postDF. En primavera preDF (2009) la abundancia fue de 0,75 ind/transecto, aumentando en primavera postDF a 0,88 ind/transecto, diferencia más acentuada aún en verano, con valores de 0,19 ind/transecto en preDF y de 0,69 ind/transecto en postDF (aumento de casi cuatro veces; Tabla 2).

Analizando los cambios independientemente para cada especie (todas con alta variación), *C. maculatus* en el periodo preDF sólo se registró en la estación de otoño 2009 (25% de frecuencia estacional), con una abundancia media (0,15 ind/transecto), mientras que en postDF se registró en cuatro estaciones (con una frecuencia estacional de 80%), con un máximo en primavera 2010 (con 0,34 ind/transecto) y un mínimo en otoño 2011 (con 0,04 ind/transecto; Tabla 2), y existe una diferencia significativa entre ambos periodos, siendo mayor en postDF ($0,13 \pm 0,47$; media $\pm$ DS) que en PreDF ($0,04 \pm 0,22$; $H =$

Tabla 2. Abundancia (N° de individuos/transecto) y riqueza de reptiles por estación (desierto florido en línea roja).

ESPECIE	OT09	IN09	PR09	VE10	OT10	IN10	PR10	VE11	OT11
<i>Callopistes maculatus</i>	0,15					0,06	0,34	0,10	0,04
<i>Liolaemus atacamensis</i>	0,05	0,50	0,40	0,02	0,40	0,08	0,09	0,38	0,67
<i>Liolaemus nigromaculatus</i>	0,28	0,47	0,35	0,17	0,18	0,37	0,40	0,11	0,22
<i>Liolaemus juanortizi</i>								0,01	
<i>Liolaemus platei</i>	0,03					0,21	0,05	0,10	0,01
<i>Liolaemus velosoi</i>						0,01			
<i>Microlophus atacamensis</i>								0,02	
<i>Philodryas chamissonis</i>							0,01		
ABUNDANCIA TOTAL	0,51	0,97	0,75	0,19	0,58	0,73	0,88	0,69	0,94
RIQUEZA TOTAL	4	2	2	2	2	5	5	6	4

1,53; $p = 0,009$). En el caso de *L. atacamensis* (presente en todas las estaciones, por lo que su frecuencia estacional es 100%), en preDF su abundancia fue mínima en verano 2010 (con 0,02 ind/transecto) y máxima en invierno 2009 (con 0,50 ind/transecto), en tanto que en postDF su abundancia varió entre un mínimo de 0,08 ind/transecto (invierno 2010) a un máximo de 0,67 ind/transecto (otoño 2011; Tabla 2). Para *L. atacamensis*, no hay diferencia significativa entre ambos periodos ($H = 0,17$; $p = 0,46$), con una media de $0,24 \pm 0,89$ en preDF, y $0,33 \pm 1,49$ en postDF. Para *L. nigromaculatus* (también presente en todas las estaciones), en preDF su abundancia fue mínima en verano 2010 (con 0,17 ind/transecto) y máxima en invierno 2009 (con 0,47 ind/transecto), en tanto que en postDF su abundancia varió entre un mínimo de 0,11 ind/transecto (verano 2011) a un máximo de 0,40 ind/transecto (primavera 2010; Tabla 2). Tampoco hay diferencia significativa en la abundancia de *L. nigromaculatus* entre ambos periodos ($H = 0,71$; $p = 0,09$), con una media de $0,32 \pm 0,98$ en preDF, y $0,26 \pm 1,33$ en postDF. Finalmente, *L. platei* en preDF sólo se registró en otoño 2009 (25% de frecuencia estacional), con una baja abundancia (0,03 ind/transecto), en tanto que en postDF se observó en cuatro estaciones (80% de frecuencia), con un mínimo de 0,01 ind/transecto (otoño 2011) a un máximo de 0,21 ind/transecto (invierno 2010; Tabla 2). *Liolaemus platei* mostró mayor abundancia significativa en PostDF ($0,08 \pm 0,40$) que en preDF ($0,01 \pm 0,08$; $H = 0,70$; $p = 0,01$).

En resumen, de las cuatro especies analizadas en detalle, todas presentan una alta variación numérica en sus abundancias, y dos de ellas (*C. maculatus* y *L. platei*), muestran una mayor frecuencia y una

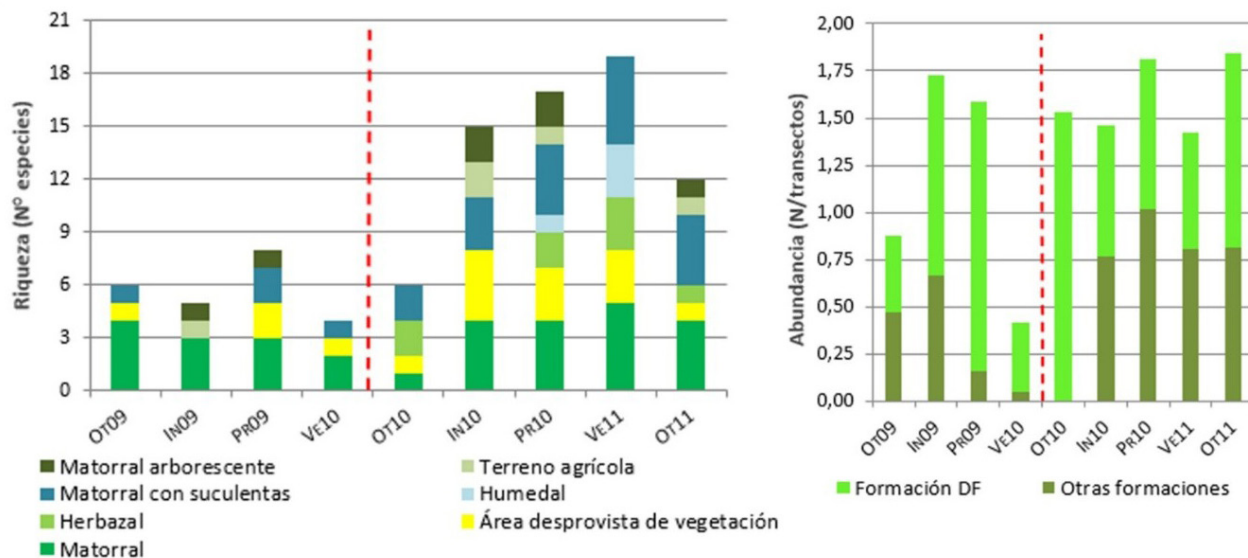
mayor abundancia significativa en postDF que en preDF.

Riqueza por hábitats y formaciones del DF

Existen diferencias de manera previa y posterior al DF en cuanto a la riqueza acumulada de reptiles por hábitat y su presencia en formaciones de DF (Fig. 1). El único hábitat con presencia de reptiles en todas las estaciones es matorral, y en este hábitat la riqueza aumenta en la etapa postDF en comparación a preDF, salvo en el caso del otoño 2010 (Fig. 1). En el hábitat área desprovista de vegetación se observa un aumento en la riqueza para la mayor parte de las estaciones postDF, al igual que en matorral con suculentas para las últimas tres estaciones (primavera 2010 a otoño 2011). Los hábitats humedal y herbazal sólo son ocupados posterior al DF con valores bajos de riqueza, mientras que para los hábitats restantes se observan variaciones de menor relevancia (Fig. 1). En el caso de la presencia en formaciones de DF, se observa mayor riqueza para todas las estaciones postDF en relación a preDF (Fig. 1).

Abundancia por hábitats y formaciones del DF

Para *C. maculatus* y *L. platei* se observa presencia durante las mismas estaciones (otoño 2009, y desde invierno 2010 a otoño 2011; Fig. 2). Sin embargo, los máximos de abundancias de cada especie se dan con una estación de diferencia, primavera 2010 para *C. maculatus* (Fig. 2) e invierno 2010 para *L. platei* (Fig. 2). *C. maculatus* estuvo presente sólo en matorral en preDF, mientras que se registró en los siete hábitats disponibles durante post DF, incluyendo dos nuevos hábitats para los reptiles de la zona: herbazales y humedales, y en este último tuvo la



mayor abundancia en primavera 2010 y verano 2011 (Fig. 2). Destaca también la abundancia en terreno agrícola en invierno 2010 y primavera 2010 (Fig. 2). Su abundancia fue mayor en formaciones de DF durante en otoño 2009 y primavera 2010 (Fig. 2). Por su parte, *L. platei* estuvo presente sólo en matorral en preDF, y se registró en cinco hábitats durante postDF, destacando invierno 2010, con una abundancia siete veces mayor en el matorral arborescente frente a terreno agrícola, el segundo hábitat donde fue más abundante (Fig. 2). Durante primavera 2010 ocupa únicamente el matorral, mientras que para otoño 2011 sólo se registró en matorral con suculentas (aunque 3 en ambas con baja abundancia; Fig. 2). Su abundancia en formaciones de DF fue menor para la mayoría de las estaciones, salvo verano 2011 (Fig. 3).

Liolaemus atacamensis y *Liolaemus nigromaculatus* se encuentran presentes en todas las estaciones muestreadas. El uso de los hábitats en ambas especies fue variable, sin embargo, ambas especies son abundantes en el herbazal para algunas estaciones postDF, mientras que no fueron observadas en dicho hábitat en preDF (Fig. 2). El hábitat de matorral con suculentas también tiene más abundancia en postDF que en preDF para ambas especies (Fig. 2). *L. atacamensis* es más abundante en formaciones de desierto florido para las estaciones postDF, salvo primavera 2010, y preDF también es más abundante en este tipo de formaciones para invierno 2009 (Fig. 2). En el caso de *L. nigromaculatus* se registra más en área

desprovista de vegetación en preDF que en postDF (Fig. 2). Finalmente, *L. nigromaculatus* es marcadamente más abundante en las otras formaciones (no de desierto florido) para todas las estaciones, tanto en preDF como en postDF (Fig. 3).

Discusión y Conclusiones

La respuesta del ensamble de reptiles al evento de desierto florido de 2010 fue una mayor abundancia y riqueza (dado por *Callopistes maculatus* y *Liolaemus platei*), además de un cambio en el uso de hábitat y/o formaciones de desierto florido, desde invierno 2010 hasta fines del muestreo. Estos incrementos de riqueza y abundancia concuerdan con la respuesta de invertebrados (como los artrópodos, Cepeda-Pizarro *et al.* 2005), y vertebrados, como las aves (Jaksic & Lazo 1999, Jaksic 2001) y los micromamíferos (Meserve *et al.* 1995). Estos cambios muestran la estrecha relación entre los distintos niveles tróficos, sobre todo en estos ambientes normalmente desérticos, donde un rápido aumento de la productividad primaria (vegetación, como hierbas y plantas efímeras, producto de las lluvias), determina un subsecuente incremento de los productores secundarios (herbívoros), como los polívoros (artrópodos) y granívoros (algunas aves y micromamíferos), y luego de los productores terciarios, como los insectívoros (reptiles y algunas aves), aunque con diferentes desfases temporales,

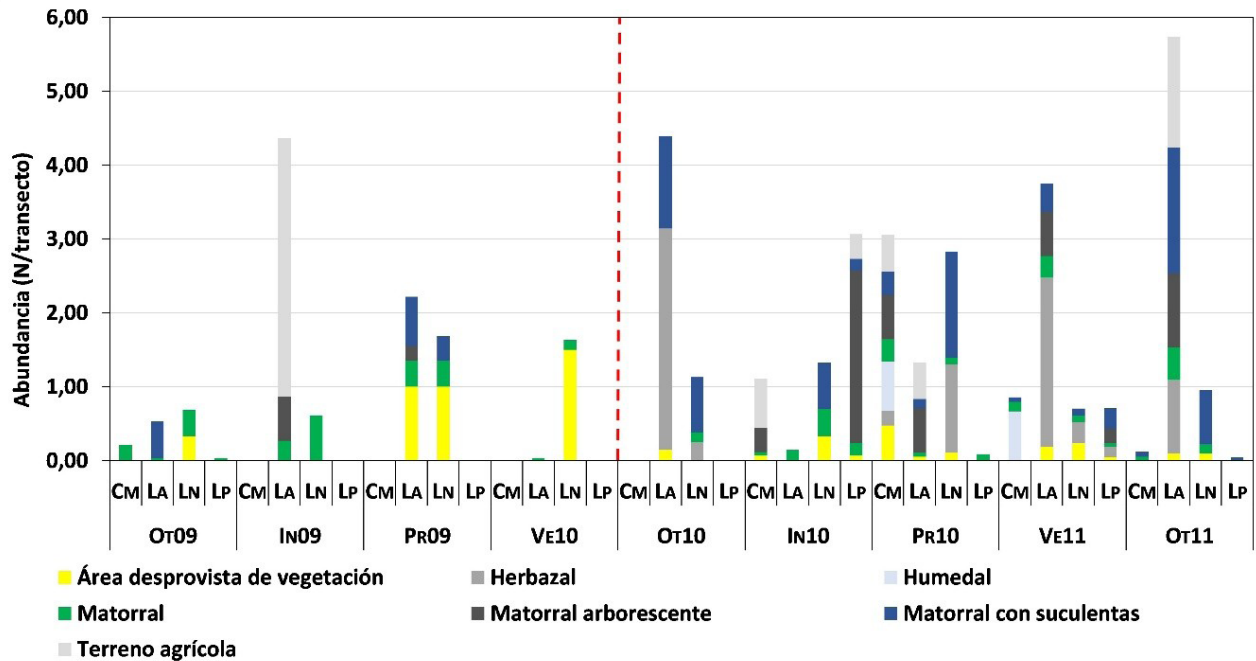


Figura 2. Abundancia de reptiles por hábitat; desierto florido en línea roja, CM: *Callopiastes maculatus*, LA: *Liolaemus atacamensis*, LN: *Liolaemus nigromaculatus*, LP: *Liolaemus platei*.

y aun dentro de los distintas clases, con respuestas especie-específicas (Jaksic 2001, Cepeda-Pizarro *et al.* 2005, Vidal *et al.* 2011).

Destaca la respuesta de las especies *Liolaemus nigromaculatus*, *Callopiastes maculatus* y *Liolaemus platei*, las dos últimas prácticamente ausentes previo al evento; con un desfase en los máximos de abundancia, estación subsiguiente para las dos primeras y estación siguiente para la última. Por su parte, la abundancia de *L. atacamensis* fue muy variable e irregular entre las estaciones y entre los distintos años muestreados, por lo que es necesario un estudio más detallado sobre esta especie, para analizar si estas variaciones en su abundancia tienen relación al efecto del desierto florido o se deben a otros factores; así, su máximo al año siguiente podría deberse a un conjunto de factores relacionados indirectamente con el evento, como la disminución de la competencia al disminuir la abundancia de las otras especies de reptiles presentes.

La respuesta de aumento de abundancia de reptiles se mantiene hasta fines del muestreo, lo que indicaría una prolongación de al menos un año. sin embargo, es necesario un muestreo más prolongado con el fin de evidenciar cuánto tiempo se prolongan los efectos, idealmente durante un año con evento de desierto florido seguido de uno con ausencia del mismo. En este sentido, el DF de 2010 fue inusual,

ya que existió un evento de DF previo, en invierno 2008, y un evento posterior de gran intensidad en invierno 2011 (Chávez *et al.* 2019). La prolongación de un año en reptiles podría explicar la riqueza en otoño 2009 que, a pesar de encontrarse previo al evento del desierto florido 2010, tuvo valores similares a otoño 2011, probablemente debido al evento de invierno de 2008, al cual todavía estaría respondiendo favorablemente.

Se observaron cambios (con muy alta variación) en las abundancias por hábitat para todos los reptiles, además la estación con máxima abundancia coincide con la estación con mayor diversificación en el uso de hábitat. Destaca, además, la ocupación de dos nuevos hábitats durante el periodo de respuesta positiva al evento de desierto florido: humedal y herbazal. Este cambio en herbazal se explica debido a que permaneció en latencia en 2009, mientras que, durante el máximo del DF la superficie con cobertura vegetal aumentó entre 4 y 16 veces (dependiendo del índice en consideración, ver Apéndice), ofreciendo una mayor disponibilidad de recursos. Las especies de reptiles más frecuentes y abundantes en herbazal fueron *Liolaemus atacamensis* y *L. nigromaculatus*, aunque no simultáneamente, seguida de *Callopiastes maculatus*. No sólo en herbazal se observa un desfase en su uso, también en matorral arborescente y con suculentas, lo que sugiere una

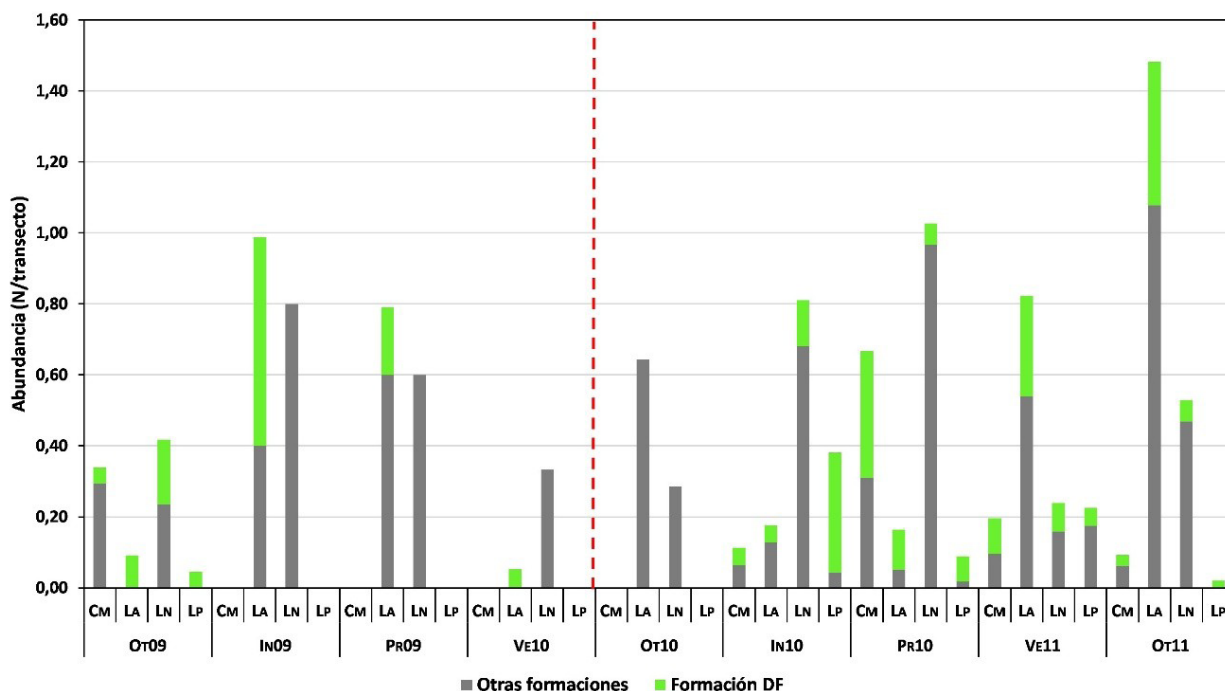


Figura 3. Abundancia de reptiles por presencia en formación de desierto florido (DF); desierto florido en línea roja, CM: *Callopietes maculatus*, LA: *Liolaemus atacamensis*, LN: *Liolaemus nigromaculatus*; LP: *Liolaemus platei*.

utilización diferenciada de los distintos recursos que los hábitats proveen durante la evolución del desierto florido. Se debe considerar que, si bien el máximo de floración ocurre a los dos meses para la mayoría de las especies, algunas especies anuales y geófitas continúan floreciendo hasta cinco meses después (Vidiella *et al.* 1999). Por otra parte, el humedal sólo fue ocupado por *C. maculatus* en las estaciones de primavera 2010 y verano 2011. Este tipo de humedal corresponde a una vega preandina a 1.845 m s.n.m., con gran diversidad de insectos y aves, además de ser un punto de reproducción del anfibio *Rhinella* sp. (Fitzinger 1826). Posiblemente, la gran diversidad de potenciales presas, como los tenebriónidos, en particular del género *Gyrinosomus*, con alta abundancia en periodos del desierto florido (Vidal *et al.* 2011), haya contribuido al uso de este hábitat por *C. maculatus*.

Finalmente, al analizar la riqueza y abundancia de reptiles en formaciones de desierto florido versus otras formaciones, se observa una marcada diferencia en la preferencia del tipo de formación. Destaca la marcada preferencia de *L. nigromaculatus* a formaciones de desierto florido durante todo el periodo de muestreo, mientras que *L. platei* pareciera hacer justo lo contrario. La diferenciación de uso de hábitats y su asociación con las formaciones

del DF en reptiles sugieren un nicho distinto para todas las especies, debido, posiblemente, a la ventaja diferenciada que cada especie puede obtener de la evolución del desierto florido debido a su biología reproductiva, su tipo de dieta e interacciones con competidores y depredadores (Meserve *et al.* 1995; Holmgren *et al.* 2006).

Este estudio aporta con antecedentes inéditos sobre la respuesta de reptiles a eventos de ENSO, y se requieren de otros muestreos y análisis de mediano a largo plazo (uno a dos años pre y post evento), para tener una visión más completa de la relación de este grupo de vertebrados con la ocurrencia de estos eventos climáticos, los que pareciera ocurrirán cada vez más frecuentemente.

Agradecimientos

A la Gerencia de Medio Ambiente de la Compañía Minera Cerro Casale, de Barrick Gold y a MWH Chile, por su apoyo logístico, durante la realización de la línea base del Proyecto Casale. Además, se agradece a todos los integrantes de Cedrem Consultores que participaron en los muestreos en terreno, y a quienes colaboraron activamente en este trabajo: María Paz Cárdenas, Jessica Labarca, Tomás Lizama, Claudia Márquez y Fernanda Norambuena. A Héctor Jiménez, por las facilidades otorgadas para

la realización de esta publicación. Al SAG, por los permisos de captura otorgados mediante Resolución Exenta N°7105/2008 con sus modificaciones N°8388/2009, 4018/2010 y 1353/2011. A Juan Luis Allendes y Víctor Bravo, por su apoyo estadístico. A un revisor anónimo, por sus sugerencias que ayudaron a mejorar notoriamente este artículo.

Literatura citada

- Armesto J., P. Vidiella & J. Gutiérrez. 1993. Plant communities of the fog-free coastal desert of Chile: plant strategies in a fluctuating environment. *Revista Chilena de Historia Natural* 66: 271-282.
- Chávez Ro, A. Moreira-Muñoz, M. Galleguillos, M. Olea, J. Aguayo, A. Latín, I. Aguilera-Betti, A. Muñoz & H. Manríquez. 2019. GIMMS NDVI time series reveal the extent, duration, and intensity of “blooming desert” events in the hyper-arid Atacama Desert, Northern Chile. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 76: 193-203.
- Compañía Minera Cerro Casale. 2011. Optimización Proyecto Minero Cerro Casale. URL: http://seia.sea.gob.cl/expediente/ficha/fichaPrincipal.php?modo=ficha&id_expediente=5854754. Accedido en Diciembre 12, 2019.
- Crump M. & N. Scott. 1994. Standard techniques for inventorying and monitoring – Visual encounter surveys. En: Heyer, W.R., Donnelly, M.A., McDiarmid, R.W., Hayek, L.C., Foster, M.S. (Eds.) *Measuring and monitoring biological diversity: Standard methods for amphibians*: 84-92. Smithsonian Institution Press, Washington, EE.UU.
- De La Maza M. & C. Bonacic (Eds.) 2014. Manual para el monitoreo de fauna silvestre en Chile. Santiago, Chile: Ediciones UC.
- DGA. 2019. Información Oficial Hidrometeorológica y de Calidad de Aguas en Línea. URL: <http://snia.dga.cl/BNAConsultas/reportes>. Accedido en Noviembre 6 y Diciembre 23, 2019.
- ESRI. 2015. ArcGIS Desktop: Release 10.3. Environmental Systems Research Institute. Redlands, California, USA. URL: <https://www.esri.com/es-es/home>.
- Gutiérrez J. 2008. El desierto florido en la Región de Atacama. En: Squeo, F.A., Arancio, G., Gutiérrez, J. (Eds) *Libro rojo de la flora nativa y de los sitios prioritarios para su conservación, Región de Atacama*: 285-290. Edición Universidad de La Serena, La Serena, Chile.
- He B., L. Huang, J. Liu, H. Wang, A. Lü, W. Jiang & Z. Chen. 2017. The observed cooling effect of desert blooms based on high-resolution Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer products. *Earth and Space Science* 4: 247-256.
- Holmgren M., P. Stapp, Cr Dickman, C. Gracia, S. Graham, Jr Gutiérrez, C. Hice, F. Jaksic, Da Kelt, M. Letnic, M. Lima, Bc López, Pl Meserve, Wb Milstead, Ga Polis, Ma Previtali, M. Richter, S. Sabaté & Fa Squeo. 2006. A synthesis of ENSO effects on drylands in Australia, North America and South America. *Advances in Geosciences* 6: 69-72.
- Jaeger R.G. (1994) Standard techniques for inventorying and monitoring – Transect sampling: 103-106. En: Heyer, W.R., Donnelly, M.A., McDiarmid, R.W., Hayek, L.C., Foster, M.S. (Eds.) *Measuring and monitoring biological diversity: Standard methods for amphibians*: 84-92. Smithsonian Institution Press, Washington, EE.UU.
- Jaksic F.M. (2001) Ecological effects of El Niño in terrestrial ecosystems of western South America. *Ecography* 24: 241-250.
- Lima M. P. Marquet & F.M. Jaksic. 1999. El niño events, precipitation patterns, and rodents outbreaks are statistically associated in semiarid Chile. *Ecography* 22: 213-218.
- Luebert F. & P. Plisioff. 2017. Sinopsis bioclimática y vegetal de Chile. Santiago, Chile: Universitaria.
- Mateucci D. & A. Colma. 1982. Metodología Para El Estudio De La Vegetación. OEA, Monografía Científica # 22, Washington. EE.UU. 168+VI pp.
- Mella J. (2017) Guía de campo Reptiles de Chile. Tomo 2: Zona norte. Peñaloza (ed.). Santiago, Chile. 316 + XVI pp.
- Qgis Development Team. 2019. QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. URL: <http://qgis.osgeo.org>.
- Squeo F.A., G. Arancio, J. Gutiérrez, L. Letelier, M.T.K. Arroyo, P. León-Lobos & L. Rentería-Arrieta. 2008A. Flora Amenazada de la Región de Atacama y Estrategias para su Conservación. Ediciones Universidad de La Serena, La Serena. viii + 72 pp.
- Squeo F.A., L. Letelier, R.A. Estevez, L.A. Cavieres, M. Mihoc, D. López & G. Arancio. 2008b. Definición de los sitios prioritarios para la conservación de la flora nativa de la Región de Atacama. En: Squeo, F.A., Arancio, G., Gutiérrez, J. (Eds) *Libro rojo de la flora nativa y de los sitios prioritarios para su conservación, Región de Atacama*: 137-163. Edición Universidad de La Serena, La Serena, Chile.
- Vidal M.A., J. Pizarro-Araya, V. Jerez & J.C. Ortiz (2011) Daily activity and thermoregulation in predator-prey interaction during the Flowering Desert in Chile. *Journal of Arid Environments* 75: 802-808.
- Vidiella, P.E., J.J. Armesto & J.R. Gutiérrez. 1999. Vegetation changes and sequential flowering after rain in the southern Atacama Desert. *Journal of Arid Environments*, 43: 449-458.
- USGS. 2019. EarthExplorer. URL: <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Accedido en Noviembre 13, 2019.

APÉNDICE I

Dependiendo de la presencia o ausencia de desierto florido, una misma unidad cartográfica, ya sea de área desprovista de vegetación (ADV) y/o herbazal, pudo variar no sólo en cobertura, sino que también en la descripción del hábitat. Es decir, algunos herbazales aparentaban ser ADV durante los años con ausencia de desierto florido y sólo fueron reconocidos como tal en su presencia.

Mediante los valores promedio de EVI y NDVI para cada polígono de ambos hábitats se definieron umbrales de floración con valores 0,06 en EVI y 0,09 en NDVI utilizando la herramienta Estadísticas de zona en QGIS (QGIS Development Team 2019). Ambos índices utilizados con éxito para detectar florecimiento en desierto florido para la región de Atacama en He *et al.* (2017) y Chávez *et al.* (2019), sin embargo, los umbrales utilizados no se ajustaron al área de estudio, probablemente por la escala utilizada en ambas publicaciones (varias regiones) y debido a que el área de estudio no se ubica en la zona de máxima expresión de floración (observación de los resultados de Chávez *et al.* 2019).

En la Figura 4 se observa que los índices EVI y NDVI se comportaron de modo similar para todas las campañas,

asimismo la superficie de muestreo de ADV y herbazal coinciden en gran medida con los índices para el año de desierto florido, mayor expresión de la vegetación durante el muestreo. En el año 2009 la superficie de herbazal fue menor que 315 Ha para ambos índices mientras ADV fue mayor a 11.000 Ha, luego, durante el desierto florido en 2010, la superficie de herbazal aumentó aproximadamente en 1.000 Ha, disminuyendo el ADV en el mismo orden; finalmente, en el año 2011 la situación se

revierte, aunque los valores de herbazal son aún más bajos que en 2009. Las diferencias entre los años sin desierto florido posiblemente se deban a las fechas de las imágenes utilizadas en el análisis, primavera en 2009 y otoño en 2011, sin embargo, estas diferencias no son relevantes al momento de esbozar el comportamiento de ambos ambientes en presencia y ausencia del fenómeno del desierto florido.

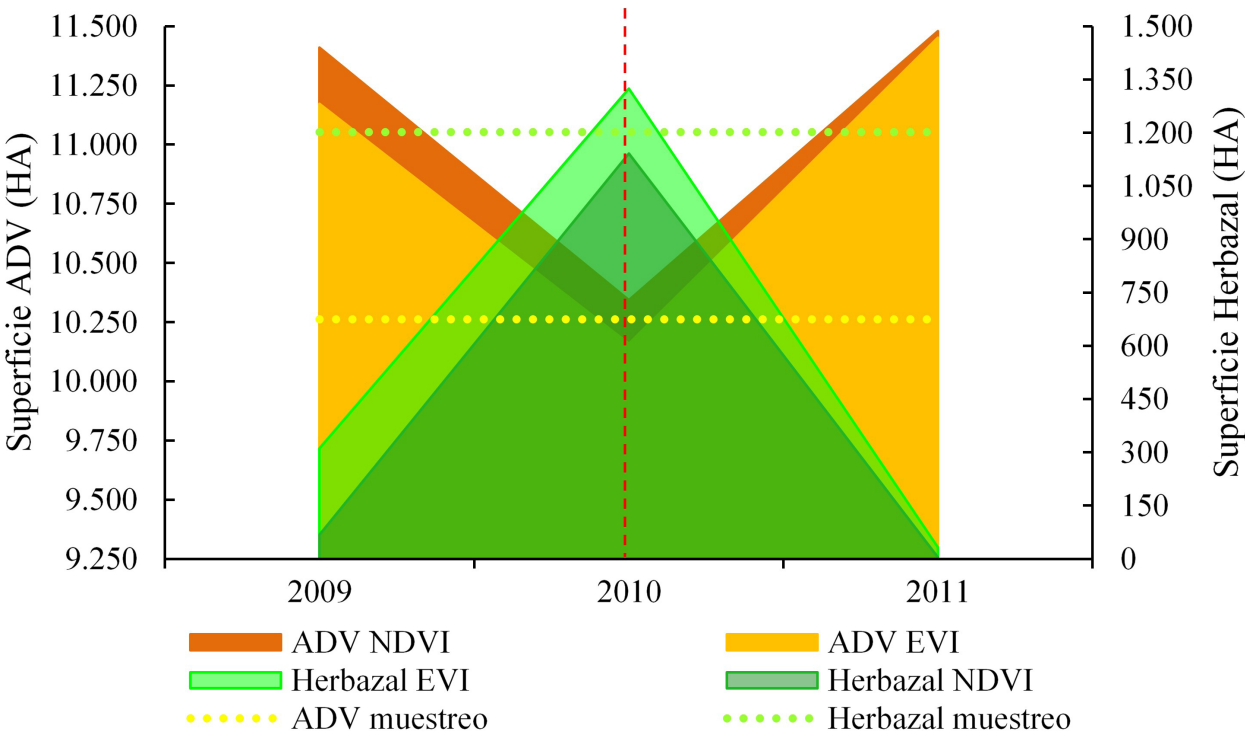


Figura 4. Superficie de los hábitats área desprovista de vegetación (ADV) y herbazal disponible por año según muestreo, EVI y NDVI (desierto florido en línea roja)

The eye in nocturnal dipsadines *Atractus crassicaudatus* and *Sibon nebulatus* (Serpentes: Dipsadinae): variations associated with lifestyle

Juan Bravo-Gómez¹, Adriana Jerez¹, Christopher K. Akcali²

¹ Laboratorio de Ecología Evolutiva, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá, Bogotá, Colombia

² North Carolina Museum of Natural Sciences, 11 West Jones Street, Raleigh, North Carolina 27601, USA

Recibido: 30 Mayo 2026

Revisado: 17 Junio 2026

Aceptado: 07 Agosto 2026

Editor Asociado: S. Quinzio

doi: 10.31017/CdH.2026.(2026-009)

ABSTRACT

Snakes possess a complete eye and share similarities with other reptiles, although they present features such as the spectacle that replaces the movable eyelid. They also exhibit interspecific variations in eye size, and spectacle and corneal thickness associated with lifestyle and diel activity. We compared ocular morphology in two nocturnal dipsadine species, the fossorial *Atractus crassicaudatus* and the arboreal *Sibon nebulatus*, using histological analyses to examine for lifestyle-associated differences. *A. crassicaudatus* has smaller eyes than *S. nebulatus*, as well as a thinner spectacle and cornea, a very small to absent anterior chamber, a subspherical lens, and thin retinal nuclear layers. *S. nebulatus* has a larger eye, thicker spectacle and cornea, a distinct anterior chamber, a spherical lens, and thick retinal nuclear layers. The suite of characters in *A. crassicaudatus* is consistent with reduced reliance on vision in a fossorial context, whereas *S. nebulatus* exhibits traits compatible with enhanced visual capacity in an arboreal setting. We conclude that dipsadine snakes exhibit morphological variations in the eye, possibly associated with lifestyle, as observed here between a fossorial and an arboreal species.

Key words: Eyeball; Habitat; Natural History; Morphology; Serpentes.

RESUMEN

Las serpientes poseen un ojo completo y comparten similitudes con otros reptiles, aunque presentan rasgos como la escama ocular que reemplaza al párpado móvil. También exhiben variaciones interespecíficas en el tamaño del ojo, y en el grosor de la escama ocular y la córnea, asociadas con el modo de vida y la actividad. Comparamos la morfología ocular en dos especies nocturnas de dipsadinos, la fosorial *Atractus crassicaudatus* y la arborícola *Sibon nebulatus*, mediante análisis histológicos para examinar diferencias asociadas con el modo de vida. *A. crassicaudatus* tiene ojos más pequeños que *S. nebulatus*, así como una escama ocular y una córnea más delgadas, una cámara anterior muy pequeña o ausente, una lente subesférica, y capas nucleares retinianas delgadas. *S. nebulatus* tiene un ojo más grande, una escama ocular y una córnea más gruesas, una cámara anterior distintiva, una lente esférica, y capas nucleares retinianas gruesas. El conjunto de caracteres en *A. crassicaudatus* es consistente con una menor dependencia de la visión en un contexto fosorial, mientras que *S. nebulatus* exhibe rasgos compatibles con una capacidad visual mejorada en un entorno arborícola. Concluimos que las serpientes dipsadinas exhiben variaciones morfológicas en el ojo, posiblemente asociadas con el modo de vida, como se observó aquí entre una especie fosorial y una arborícola.

Palabras claves: Globo ocular; Hábitat; Historia natural; Morfología; Serpentes.

Introduction

The reptilian eye shares the general bauplan of vertebrates and shows relatively modest intergroup variation (Walls, 1942; Wyneken, 2012). Typically, reptiles possess movable eyelids, a cornea, anterior chamber, pupil, iris, posterior chamber (together with the anterior chamber filled with aqueous humor), lens, vitreous chamber (with vitreous humor), and retina (Walls, 1942; Underwood, 1970).

Snake eyes differ in two major ways. First, they are externally covered by an immobile, transparent spectacle formed embryologically by fusion of the eyelids (Walls, 1942; Bellairs & Underwood, 1951; Underwood, 1970; Sivak, 1977; Da Silva *et al.*, 2014, 2015a, 2015b, 2017). This structure is thought to have evolved to provide protection against external abrasion, consistent with a fossorial origin of snakes (Walls, 1940, 1942; Da Silva *et al.*, 2014, 2017). Second, accommodation is achieved primarily by iris-driven pressure on the vitreous humor that translates the lens anteroposteriorly (Sivak, 1977), rather than by ciliary muscle deformation of the lens as in most other reptiles (Underwood, 1970; Caprette *et al.*, 2004). Notably, snakes also lack the scleral ossicles/cartilage present in several other lepidosaurs; because this scleral skeleton normally provides the rigid support needed for ciliary-driven lens deformation, its absence is thought to be mechanically linked to the reliance on lens translation rather than lens-shape change for accommodation (Walls, 1942; Underwood, 1970).

Ocular morphology varies with natural history, including lifestyle and diel activity (Brischoux *et al.*, 2010; Foureaux *et al.*, 2010; Liu *et al.*, 2012; Da Silva *et al.*, 2017, 2019; Huang *et al.*, 2022). Across 14 families (including Colubridae), nocturnal species tend to have smaller eyes than diurnal species; fossorial taxa have smaller eyes than taxa with other lifestyles; and terrestrial and arboreal species have thinner spectacles than aquatic and fossorial taxa (Da Silva *et al.*, 2017, 2019).

Internal ocular structures also vary. *Typhlops*, a fossorial genus, has reduced eyes with a thick spectacle, a rudimentary cornea, and a fused iris–ciliary body complex and lacks an anterior chamber (Foureaux *et al.*, 2010). Retinal organization also varies with ecology: fossorial and nocturnal lineages (Aniliidae, Leptotyphlopidae, Typhlopidae, Uropeltidae) often have rod-only retinas, whereas some diurnal colubrids have cone-only retinas; arboreal Boidae

and Colubridae can have duplex retinas with rods and cones (Walls, 1940; Underwood, 1970; Caprette, 2005; Hauzman *et al.*, 2014, 2017; Hauzman, 2020).

The Dipsadinae, the most diverse snake subfamily within Colubridae, provide a useful model for exploring such axes of variation, as they are widely distributed in the Americas, found in different ecosystems, and vary in lifestyle and activity patterns (Pandelis *et al.*, 2023; Uetz *et al.*, 2025). Here, we compare ocular anatomy in two nocturnal dipsadines that differ markedly in their natural history. *Atractus crassicaudatus* is a fossorial predator that actively forages for earthworms and other soft-bodied invertebrates low in root thickets, under rocks, and in other fossorial environments, whereas *Sibon nebulatus* is an arboreal snail specialist that searches for gastropods in vegetation (Paternina-Cruz & Capera, 2017; Pazmiño-Otamendi, 2020). We assessed whether the contrasting lifestyles of these species are associated with differences in eye structure. Insights from such comparisons can illuminate the evolution of snake visual systems.

Materials and methods

We examined six eyes in total: three from *A. crassicaudatus* and three from *S. nebulatus*, derived from two individuals per species. Both *A. crassicaudatus* specimens and one *S. nebulatus* specimen are housed in the Laboratorio de Biología Animal, Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá; these specimens were donated by collectors who found them dead. The second *S. nebulatus* specimen is ICN-R-14219, a preserved museum specimen from the Reptile Collection of the Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. All specimens were previously fixed in formalin and preserved in 70% ethanol.

Eye removal followed species-specific procedures. Initial attempts to excise the eye directly in *A. crassicaudatus* consistently resulted in detachment of the spectacle; therefore, a ~5 × 5 mm block encompassing the eye, skin, muscles, and bones was extracted to preserve this structure. In *S. nebulatus*, direct eye excision was possible by tracing the orbital contour with a dissecting needle to incise the integument. Next, a fine-tipped forceps was introduced at the middle-posterior region of the orbit, advanced to the innermost part of the skull, and gentle force was applied to excise the eye.

Each eye was fixed in 10% formaldehyde for 24 h, and then post-fixed in 4% formaldehyde + 2% glutaraldehyde for 24 h (Caprette, 2005). Samples were sent to the Laboratorio de Patología Veterinaria, Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá for hematoxylin–eosin histology.

The heads and eyes of the snakes were photographed on graph paper with a Zeiss Stemi 305 stereomicroscope, diameters were measured in ImageJ (v1.54, x64), and snout–vent length (SVL) was measured using a flexible measuring tape. Eye size was defined as the total globe diameter after removal. All other measurements were made perpendicular to the spectacle surface and were reported as means of five readings per structure, which were obtained from images captured on a Nexcope NE-300 microscope using ImageView (v4.11.23945, x64). Axial and equatorial lens diameters were measured along two axes defined relative to the globe, with

the axial direction running from the spectacle to the optic nerve through the center of the eye, and the equatorial direction perpendicular to the axial direction in the dorsoventral plane.

Histological terminology follows Caprette (2005), Underwood (1970), Walls (1940, 1942), and Wyneken (2012). Figures depict the highest-quality sections from one individual per species (left eye for *A. crassicaudatus*; right eye for *S. nebulatus*, specimen ICN-R-14219). We first describe *A. crassicaudatus* and then highlight differences in *S. nebulatus*.

Results

Histological features of the eye in *Atractus crassicaudatus*

Atractus crassicaudatus has a subspherical eye measuring 1.73 ± 0.21 mm in diameter (Fig. 1A). Key structures are summarized below to emphasize species-specific features.

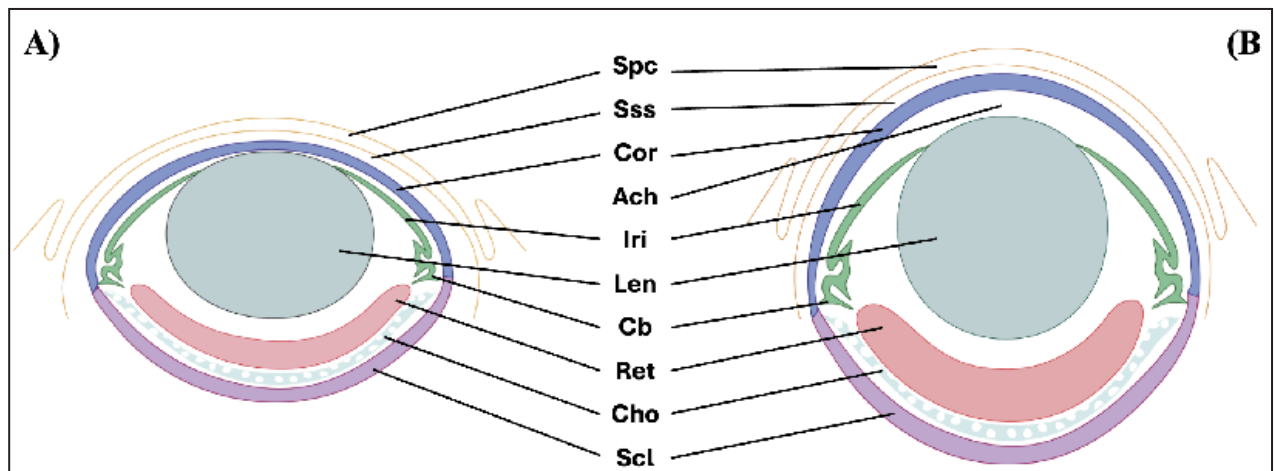


Figure 1. Structural diagram of the eye of *Atractus crassicaudatus* (A) and *Sibon nebulatus* (B). Abbreviations: Ach – anterior chamber; Cb – ciliary body; Cho – choroid; Cor – cornea; Iri – iris; Len – lens; Ret – retina; Scl – sclera; Sps – spectacle; Sss – sub-spectacular space.

The spectacle

The spectacle in *A. crassicaudatus* is shallowly curved, 33.0 ± 0.38 μm thick, and comprises three layers: outer epithelium (Oe), stroma (Str), and inner epithelium (Ine; Fig. 2A). The outer epithelium includes a germinal layer of squamous cells with granular, basophilic oval nuclei; a second squamous layer with less conspicuous nuclei; and an external, thick acellular keratin layer (Q), which was detached in two large blocks during sectioning. The stroma consists of 4–7 uniform, thin collagen lamellae with interspersed fibroblasts (Fib) bearing elongated

basophilic nuclei and occasional blood vessels. The inner epithelium is a simple squamous layer with inconspicuous, elongated nuclei that borders the sub-spectacular space separating the spectacle from the cornea (Fig. 1A).

The cornea

In *A. crassicaudatus*, the cornea lies close to the lens; the anterior chamber between the cornea and lens is therefore absent (Figs. 1A, 2C). The cornea is 25.8 ± 1.12 μm thick and includes an outer corneal epithelium (Oec) and corneal stroma/substance

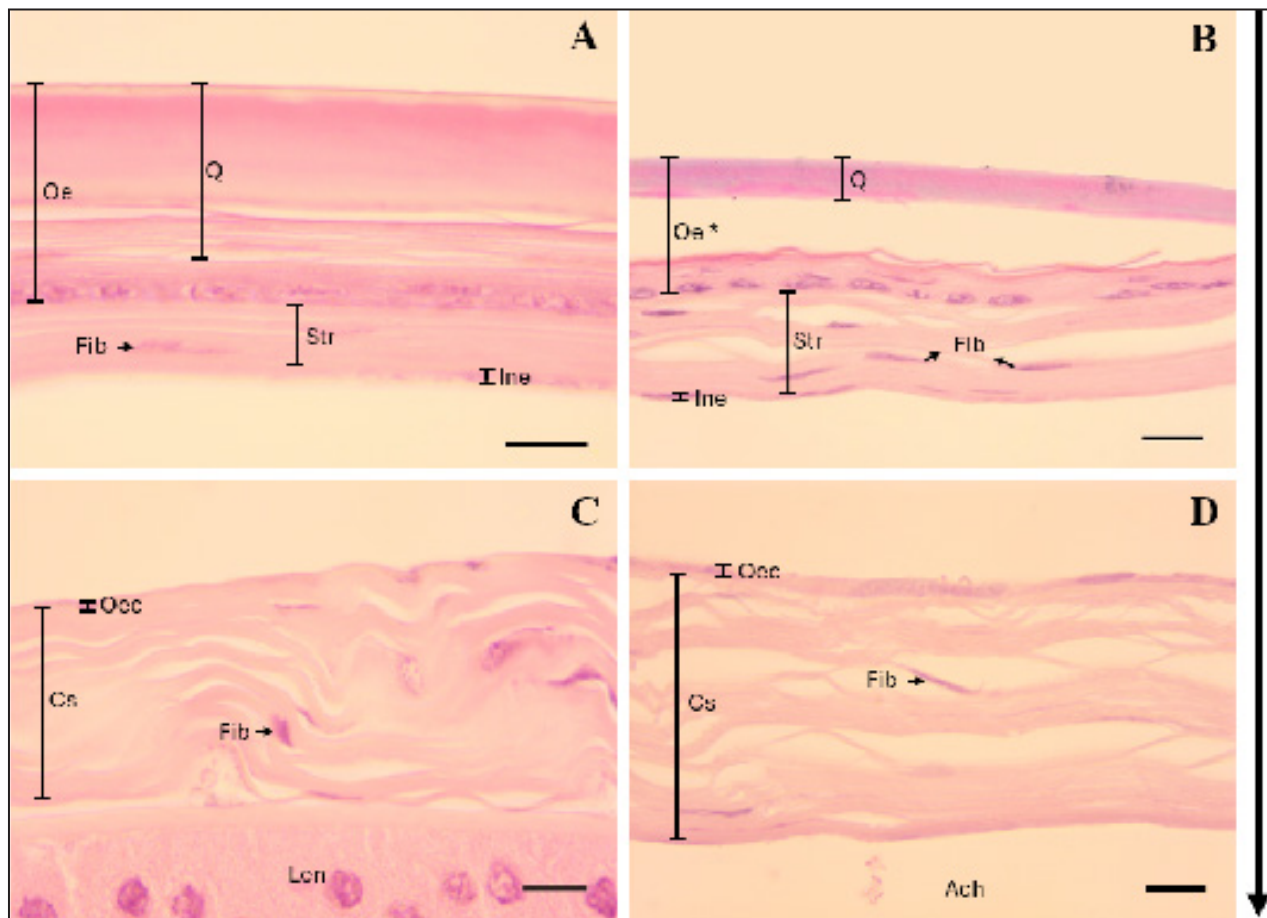


Figure 2. Cross-sections of the spectacle in *A. crassicaudatus* (A; scale bar = 10 μm) and *S. nebulatus* (B; scale bar = 25 μm), and of the cornea in *A. crassicaudatus* (C; scale bar = 7 μm) and *S. nebulatus* (D; scale bar = 10 μm). All sections stained with hematoxylin and eosin, 1000 $\times$. Abbreviations: Ach – anterior chamber; Cs – corneal substance; Fib – fibroblasts; Ine – inner epithelium; Len – lens; Oe – outer epithelium; Oec – outer corneal epithelium; Q – keratin layer; Str – stroma. The arrow indicates the direction of light entry. *In *S. nebulatus*, the keratin layer detached from the rest of the spectacle epithelium.

(Cs). The Oec is a simple squamous epithelium with fine, elongated nuclei. The corneal substance comprises 6–12 lamellae oriented parallel to the surface and showing gentle undulation; waviness increases toward the equator, forming an S-shaped pattern (Fig. 2C), with elongated fibroblast nuclei between lamellae.

Ciliary body, choroid, and sclera

The ciliary body (Cb) and iris (Iri) form a coupled iris–ciliary complex situated between the cornea (Cor) and lens (L; Figs. 1A, 3). The iris is heavily pigmented and vascularized. Peripherally, the sclera (Scl) constitutes the outer coat with 5–8 homogeneous lamellae bounded internally and externally by pigmented layers; it is thick near the ciliary body, thins equatorially, then thickens posteriorly. The choroid (Cho), between the retina (R) and sclera, is

a thin, loose, vascular layer with external pigmentation, scattered fibroblasts, and rounded lacunae (Fig. 3).

The lens

The lens is subspherical (Figs. 1A, 4A) with an axial diameter of $752 \pm 21.3 \mu\text{m}$ and an equatorial diameter of $882 \pm 25.1 \mu\text{m}$. It comprises the lens capsule (Lcap), subcapsular epithelium (Sube), and lens fiber layer (Lfib). The acellular, homogeneous capsule bounds the lens. Anteriorly, the subcapsular epithelium is tall, columnar, pseudostratified, with round basophilic nuclei situated mid-apically (Fig. 4C). Toward the equator, the epithelium grades from simple cuboidal to simple squamous and then disappears. Internally, the fiber layer consists of concentric, smooth lamellae forming a uniform structure. The apparent empty space within the lens

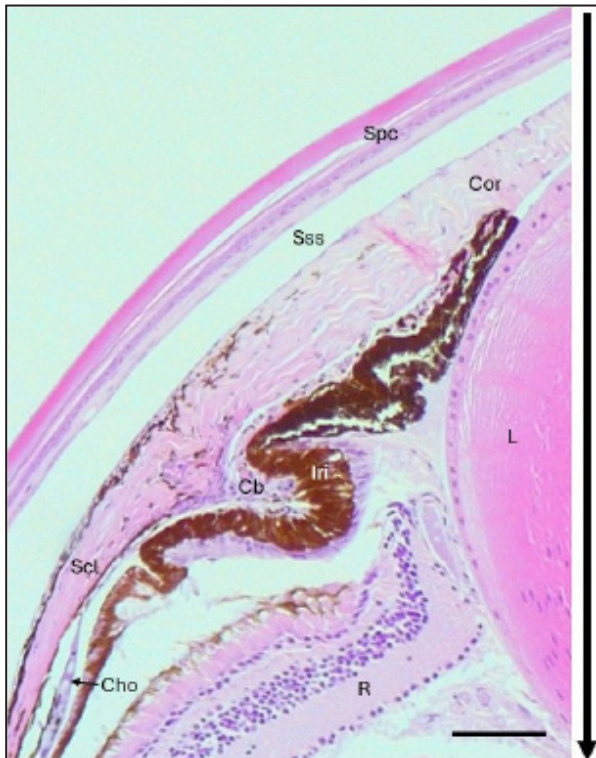


Figure 3. Cross-section of the eye of *Atractus crassicaudatus* (hematoxylin and eosin, 400 $\times$). Scale bar = 50 μ m. Abbreviations: Cb – ciliary body; Cho – choroid; Cor – cornea; Iri – iris; L – lens; R – retina; Scl – sclera; Spc – spectacle; Sss – sub-spectacular space. The arrow indicates the direction of light entry.

(Fig. 4A) is a technical artifact produced during histological processing.

The retina

The retina of *A. crassicaudatus* is 91.2 ± 7.75 μ m thick (Fig. 1A) and comprises, from the vitreal to the scleral side: ganglion cell layer (Gcl), inner plexiform layer (Plxi), inner nuclear layer (Inl), outer plexiform layer (Plxo), outer nuclear layer (Onl), and the photoreceptor layer (Phr; Fig. 5A). The Inl is 20.7 ± 2.77 μ m (4–7 rows of nuclei), and the Onl is 5.25 ± 1.61 μ m (1–2 rows).

The Phr contains small single cones (Ssc), large single cones (Lsc), and rods (Rod; Fig. 5C). Both cone types have oval inner segments wider than their outer segments, with a short myoid; Ssc have smaller inner and outer segments. Cone outer segments contact the pigmented layer, and no oil droplets were observed in the cone photoreceptors. Rods have a small, slightly globose inner segment and a long, thin outer segment.

Histological features of the eye in *Sibon nebulatus*

S. nebulatus has a spherical eye (Fig. 1B) measuring

4.47 ± 0.18 mm (Table 1). Differences relative to *A. crassicaudatus* are summarized below.

The spectacle is 82.4 ± 5.27 μ m thick (Fig. 2B; Table 1); in all sections, the keratin layer detached from the outer epithelium (Fig. 2B). The cornea is 46.8 ± 1.45 μ m thick, and lies farther from the lens owing to the presence of a distinct anterior chamber (Ach; Figs. 1, 2D). The corneal substance has 17–22 lamellae (Fig. 2D; Table 1). The sclera comprises 10–15 lamellae. Due to tissue quality, the ciliary body (Cb), iris (Iri), and choroid (Cho) were not clearly resolved. The lens (L) is large and spherical, with axial and equatorial diameters of 1905 ± 45.3 μ m and 1918 ± 54.9 μ m, respectively (Figs. 1B, 4B; Table 1). The retina (R) is thick (238 ± 25.7 μ m), with 6–8 rows of nuclei in both Inl and Onl (Fig. 5B; Table 1). Small and large single cones (Ssc, Lsc) have an extremely long myoid followed by a globose ellipsoid, and a thin outer segment (Ous). Structures compatible with double cones (Dc) were also observed, although their identity could not be unequivocally confirmed using light microscopy. Rods have short inner segments and long outer segments approaching, but not contacting, cone inner segments; thus, rod outer segments do not reach the pigmented layer (Fig. 5D).

Discussion

Overall, *A. crassicaudatus* and *S. nebulatus* share the canonical organization of the snake eye and showed no detectable intraspecific anatomical variation. Nonetheless, several structures differed in size and thickness (spectacle, cornea, lens, retina), consistent with lifestyle-linked divergence.

Eye diameter was markedly smaller in *A. crassicaudatus* than in *S. nebulatus*, both in absolute (1.73 ± 0.21 vs. 4.47 ± 0.18 mm; Table 1) and relative terms (0.143 vs. 0.281; Table 1), matching the broader pattern of smaller eyes in fossorial species and larger eyes in arboreal species (Liu *et al.*, 2012; Da Silva *et al.*, 2017). Larger eyes admit more photons (Martin, 1993), potentially aiding foraging and predator detection. Fossorial dipsadines likely rely more on chemosensory and tactile cues and face predominantly overhead predation risk (Weaver & Kardong, 2010), whereas arboreal species may benefit from vision to detect prey and threats approaching from multiple directions (Lillywhite & Henderson, 1993; Senter, 1999).

The characteristics of the spectacle of the

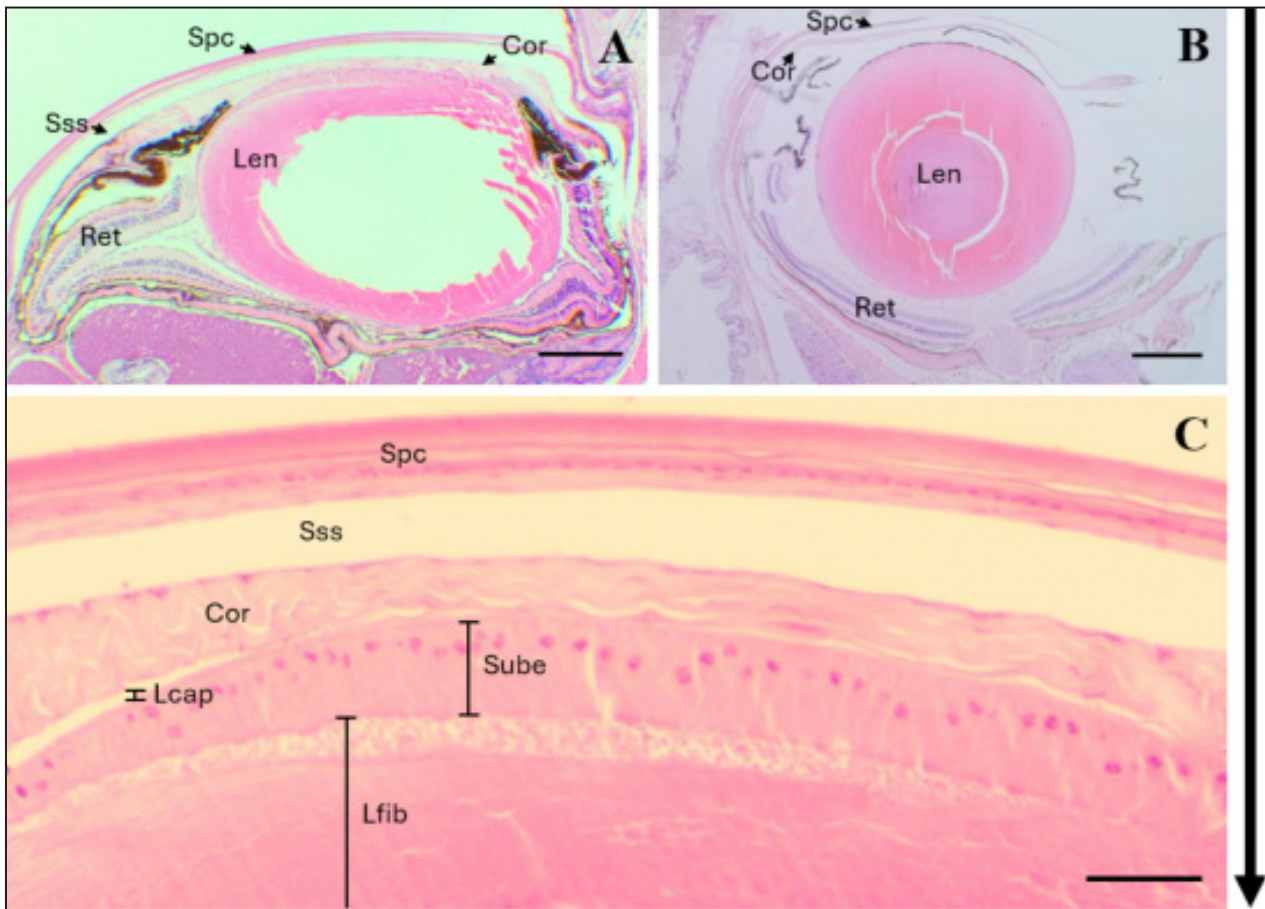


Figure 4. Eyes of (A) *Atractus crassicaudatus* (40 $\times$; scale bar = 200 μ m) and (B) *Sibon nebulatus* (40 $\times$; scale bar = 500 μ m), hematoxylin and eosin. (C) Close-up of *A. crassicaudatus* lens layers (100 $\times$; scale bar = 50 μ m). Abbreviations: Cor – cornea; Len – lens; Lcap – lens capsule; Lfib – lens fibers; Ret – retina; Spc – spectacle; Sss – sub-spectacular space; Sube – subcapsular epithelium. The arrow indicates the direction of light entry.

dipsadines in our study were consistent with those observed in previous studies (Da Silva *et al.*, 2014, 2015a, 2015b). Absolute spectacle thickness was lower in *A. crassicaudatus* (33.0 μ m) than in *S. nebulatus* (82.4 μ m), but the relative value (thickness/eye size) was slightly higher in *A. crassicaudatus* (19.075 vs. 18.434). Da Silva *et al.* (2017) reported that fossorial species have a greater relative thickness of the spectacle compared with arboreal species, and even species with other lifestyles. Our findings are consistent with this pattern, indicating that fossorial snakes tend to possess relatively thicker spectacles than arboreal taxa, presumably reflecting higher protective demands (Walls, 1940; Da Silva *et al.*, 2017).

The characteristics of the cornea of the dipsadines in our study were also consistent with those observed in previous studies (Pchelyakov, 1981; Da Silva *et al.*, 2019). However, differences in thickness were found, as *S. nebulatus* presents a thicker cornea

than *A. crassicaudatus* in absolute terms (46.8 $\pm$ 1.45 μ m vs. 25.8 $\pm$ 1.12 μ m). This pattern has been reported in snakes based on relative values, where arboreal species exhibit a thicker cornea compared to species with other lifestyles (Da Silva *et al.*, 2019). However, this was not observed in *A. crassicaudatus* and *S. nebulatus* (Table 1). Future studies are needed to explore how lifestyle influences corneal variation across a broader diversity of dipsadines, as well as clarify the functional role of the cornea.

The reptilian eye, like that of other vertebrates, typically possesses an anterior chamber between the cornea, iris, and lens, which contains aqueous humor (Wyneken, 2012). In the present study, a distinct anterior chamber was observed in *S. nebulatus*, whereas *A. crassicaudatus* lacked this space entirely. The absence of an anterior chamber in *A. crassicaudatus* has also been reported in other fossorial organisms, such as blind snakes (*Typhlops*) and amphisbaenians

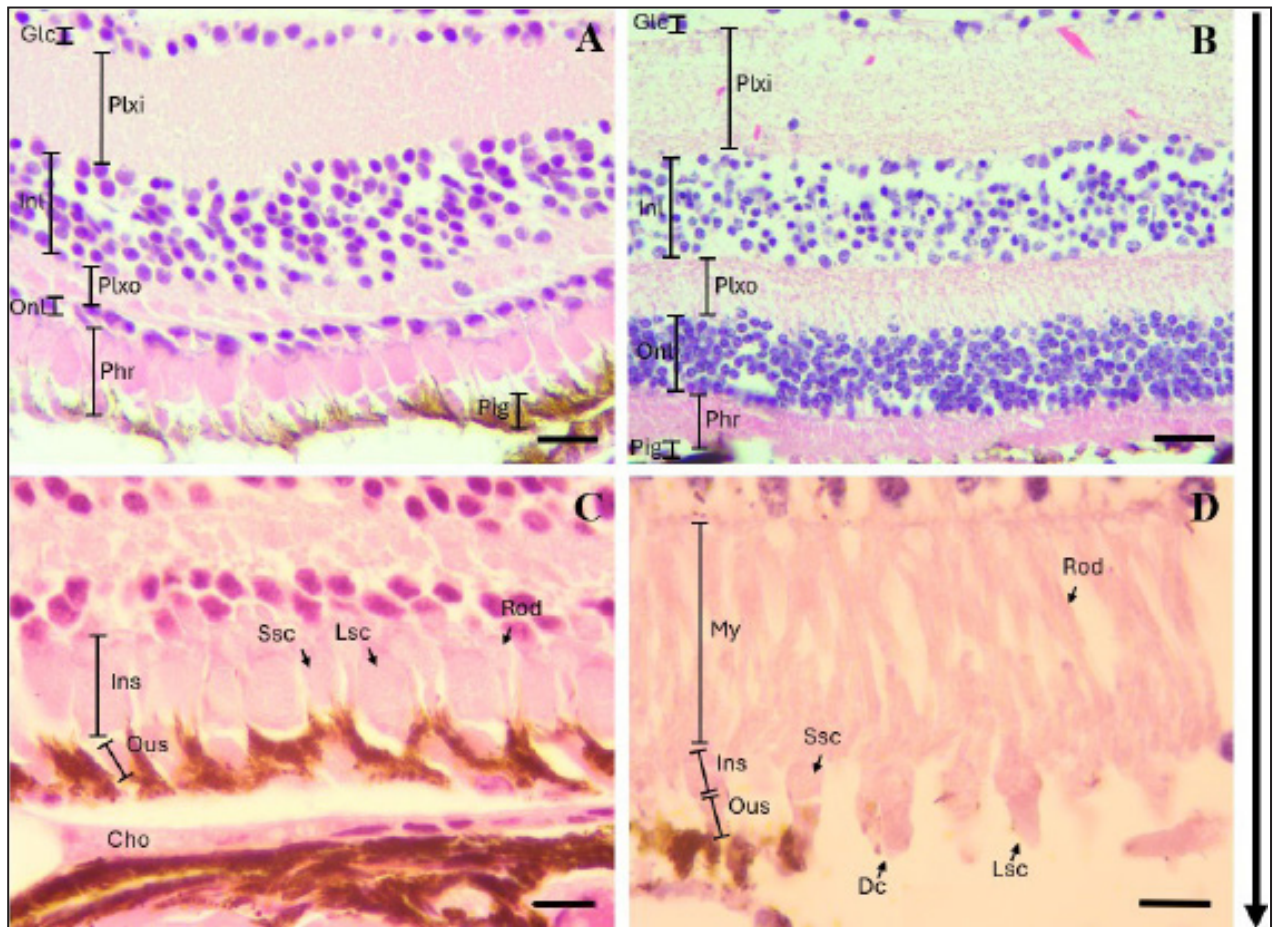


Figure 5. Retinas of (A) *Atractus crassicaudatus* (400 $\times$; scale bar = 15 μ m) and (B) *Sibon nebulatus* (100 $\times$; scale bar = 30 μ m), hematoxylin and eosin. Photoreceptors at higher magnification in (C) *A. crassicaudatus* and (D) *S. nebulatus* (1000 $\times$; scale bar = 10 μ m). Abbreviations: Cho – choroid; Dc – double cone; Gcl – ganglion cell layer; Inl – inner nuclear layer; Ins – inner segment; Lim – limiting membrane; Lsc – large single cone; Ont – outer nuclear layer; Ous – outer segment; Phr – photoreceptor layer; Plg – pigmented layer; Plxi – inner plexiform layer; Plxo – outer plexiform layer; Rod – rod; Ssc – small single cone. The arrow indicates direction of light entry.

(Foureaux *et al.*, 2010). In contrast, the presence of an anterior chamber in *S. nebulatus* is consistent with visual evidence from cranial imagery published by Zaher *et al.* (2014), in which a clear separation between the cornea and lens can be observed, although ocular anatomy was not the focus of that study. The lack of aqueous humor associated with the absence of this chamber may reduce light refraction through the eye. Such a condition may reflect the reduced reliance on vision that characterizes many fossorial vertebrates, where subterranean environments impose low-light conditions and favor the reduction or simplification of visual structures (Walls, 1942). However, because our observations are based on preserved specimens and histological sections, the apparent absence of the anterior chamber should be interpreted with caution. Tissue fixation, dehydration, sectioning, and mounting can cause shrinkage

or distortion of soft ocular tissues, potentially reducing the size of the anterior chamber. Although the anterior chamber was absent in all examined specimens of *A. crassicaudatus*, future studies using fresh material or in vivo imaging techniques will be necessary to determine whether this condition represents a true anatomical feature or is partially influenced by tissue processing.

Lens shape differed in *A. crassicaudatus* (subspherical) and *S. nebulatus* (spherical). Both lens shapes have been observed in various snake species, including in species in the family Colubridae (Walls, 1940; Sivak, 1977; Foureaux *et al.*, 2010). Spherical lenses may increase refractive power (Sivak, 1977) but can introduce spherical aberrations (Caprette, 2005; Mouy, 2024). Thus, *A. crassicaudatus* may experience less accommodative distortion despite lower lens power, whereas *S. nebulatus* may attain

Table 1. Main qualitative and quantitative differences in the eye between *Atractus crassicaudatus* and *Sibon nebulatus*. *Relative thickness of the structure, calculated as absolute thickness divided by eye size. **Relative eye size, calculated as total eye size divided by head size.

Difference	Structure	Measurement	<i>A. crassicaudatus</i>	<i>S. nebulatus</i>
Qualitative	Eye	Eye shape	Subspherical	Spherical
	Anterior chamber	Presence/absence	Absent	Present
	Lens	Lens shape	Subspherical	Spherical
Quantitative	Body	SVL (mm)	285 ± 24	536 ± 57
	Head	Head size (mm)	12.07 ± 0.87	15.92 ± 1.06
	Eye	Total eye size (mm)	1.73 ± 0.21	4.47 ± 0.18
		Relative eye size	0.143**	0.281**
	Spectacle	Total spectacle thickness (µm)	33.0 ± 0.38	82.4 ± 5.27
		Relative spectacle thickness	19.075*	18.434*
	Cornea	Total corneal thickness (µm)	25.8 ± 1.12	46.8 ± 1.45
		Relative corneal thickness	14.913*	10.470*
	Lens	Axial diameter (µm)	752 ± 21.3	1905 ± 45.3
		Equatorial diameter (µm)	882 ± 25.1	1918 ± 54.9
	Retina	Total retinal thickness (µm)	91.2 ± 7.75	238 ± 25.7
		Inner nuclear layer thickness (µm)	20.7 ± 2.77	46.0 ± 1.75
		Inner nuclear layer row	4 – 7	6 – 8
		Outer nuclear layer thickness (µm)	5.25 ± 1.61	43.0 ± 2.36
		Outer nuclear layer row	1 – 2	6 – 8

greater power at the cost of greater vulnerability to spherical aberrations. Direct measurements of refractive indices and power are needed to evaluate these trade-offs. The difference in lens shape should also be interpreted with caution. Because all specimens in our study were collected post-mortem, differences in lens shape might stem from differential axial shrinkage, which would disproportionately affect smaller-eyed species such as *A. crassicaudatus* compared with *S. nebulatus*. In our sections, the eye of *A. crassicaudatus* (Fig. 4A) appeared more compressed axially compared with that of *S. nebulatus* (Fig. 4B).

The retinal characteristics were consistent with those observed in various other snakes (Caprette, 2005; Hauzman *et al.*, 2014, 2017; Hauzman, 2020). The photoreceptors observed in both species were generally consistent with the types described by Underwood (1970). However, because their identification was based solely on light microscopy, the

presence of double cones in *S. nebulatus* could not be unequivocally confirmed. The two species differed markedly in the thickness of the outer nuclear layer (Onl), which was thin (1–2 rows) in *A. crassicaudatus* and thick (6–8 rows) in *S. nebulatus* (Table 1). The Onl houses the nuclei of photoreceptors; therefore, a thicker Onl generally reflects a greater number of photoreceptors, greater photoreceptor convergence, and increased photosensitivity under dim-light conditions (Hauzman *et al.*, 2017). Accordingly, the thick Onl observed in *S. nebulatus* is consistent with previous studies for 11 nocturnal colubrids and may facilitate the detection of prey and predators in vegetation at night (Hauzman *et al.*, 2017; Hauzman, 2020). In contrast, despite also being nocturnal, *A. crassicaudatus* exhibited a remarkably thin Onl. This finding is inconsistent with the greater Onl thickness observed in nocturnal versus diurnal colubrids reported in Hauzman *et al.* (2017). However, this

finding appears consistent with quantitative retinal data reported by Hauzman (2014) for the congeneric *Atractus reticulatus*, which differed markedly from other nocturnal dipsadines examined, such as *Dipsas bucephala*, *Oxyrhopus guibei*, and *Sibynomorphus mikanii*. Specifically, *A. reticulatus* displayed the lowest mean photoreceptor density and rod density among all nocturnal species, a photoreceptor-to-ganglion cell convergence ratio below that of any other nocturnal species, and a ganglion cell density within the range of diurnal species (Hauzman, 2014). These data suggest that a reduced Onl may be characteristic of the genus *Atractus* rather than an anomaly of a single species, and that the thin Onl we observed in *A. crassicaudatus* reflects a retinal organization shaped by its fossorial ecology rather than diel activity alone. As a fossorial species, *A. crassicaudatus* likely relies less on visual information and more on chemical and tactile cues while moving and foraging underground, where light availability is extremely limited (Walls, 1940). In contrast, the arboreal *S. nebulatus* depends on vision to navigate vegetation and detect prey under nocturnal light conditions, where a rod-dense retina would remain advantageous. These observations suggest that retinal organization may vary with lifestyle, in addition to diel activity, and this axis of variation deserves further investigation.

Conclusion

In sum, we explored the anatomical features of the eye in two nocturnal species of dipsadine snakes with different lifestyles. These species share an overall ocular blueprint similar to that of other vertebrates (Wyneken, 2012) with little interspecific variation (Walls, 1942; Underwood, 1970) yet differ predictably in multiple traits associated with fossorial versus arboreal habits. *A. crassicaudatus* has a small eye, a thin cornea, a subspherical lens, and a thin outer layer of nuclei in the retina, features likely associated with a fossorial lifestyle. *S. nebulatus* has a large eye, a thick cornea, a spherical lens, and a thick outer layer of nuclei in the retina, features associated with an arboreal lifestyle. In conclusion, there are differences in eye anatomy among snake species of the family Colubridae, particularly within Dipsadinae, which may be associated with variation in their natural history, such as their lifestyle. This study highlights the need for additional studies that integrate morphological, ecological, functional, and evolutionary approaches.

Acknowledgments

We thank the Laboratorio de Biología Animal, Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá, and the Colección Nacional de Reptiles of the Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá, for access to specimens and facilities. We are also grateful to Martha Calderón for assistance with specimen collection and laboratory procedures, and to Carolina Martínez for the illustration of the snake eyes. We also thank the reviewers for their valuable comments and suggestions, which greatly improved the quality of this paper.

Literature cited

- Bellairs, A.D. & Underwood, G. 1951. The origin of snakes. *Biological Reviews* 26: 193-237.
- Brischoux, F.; Pizzato, L. & Shine, R. 2010. Insights into the adaptive significance of vertical pupil shape in snakes. *Journal of Evolutionary Biology* 23: 1878-1885.
- Caprette, C.L. 2005. Conquering the cold shudder: The origin and evolution of snake eyes. The Ohio State University. Columbus.
- Caprette, C.L.; Lee, M.S.Y.; Shine, R.; Mokany, A. & Downhower, J.F. 2004. The origin of snakes (Serpentes) as seen through eye anatomy. *Biological Journal of the Linnean Society* 81: 469-482.
- Da Silva, M.A.O.; Bertelsen, M.F.; Heegaard, S. & Garner, M.M. 2015a. Ophidian spectaculitis and spectacular dysecdysis: A histologic description. *Veterinary Pathology* 52: 1220-1226.
- Da Silva, M.A.O.; Bertelsen, M.F.; Wang, T.; Prause, J.U.; Svahn, T. & Heegaard, S. 2015b. Comparative morphology of the snake spectacle using light and transmission electron microscopy. *Veterinary Ophthalmology* 19: 285-290.
- Da Silva, M.A.O.; Gade, J.T.; Damsgaard, C.; Wang, T.; Heegaard, S. & Bertelsen, M.F. 2019. Morphology and evolution of the snake cornea. *Journal of Morphology* 280: 821-834.
- Da Silva, M.A.O.; Heegaard, S.; Wang, T.; Gade, J.T.; Damsgaard, C. & Bertelsen, M.F. 2017. Morphology of the snake spectacle reflects its evolutionary adaptation and development. *BMC Veterinary Research* 13: 119.
- Da Silva, M.A.O.; Heegaard, S.; Wang, T.; Nyengaard, J.R. & Bertelsen, M.F. 2014. The spectacle of the ball python (*Python regius*): A morphological description. *Journal of Morphology* 275: 489-496.
- Foureaux, G.; Egami, M.I.; Jared, C.; Antoniazzi, M.M.; Gutierrez, R.C. & Smith, R.L. 2010. Rudimentary eyes of squamate fossorial reptiles (Amphisbaenia and Serpentes). *Anatomical Record* 293: 351-357.
- Hauzman, E. 2014. Ecologia e evolução do sistema visual de serpentes Caenophidia: estudos comparativos da morfologia retiniana e genética de opsinas. Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo.
- Hauzman, E. 2020. Adaptations and evolutionary trajectories of the snake rod and cone photoreceptors. *Seminars in Cell & Developmental Biology* 106: 86-93.
- Hauzman, E.; Bonci, D.M.O.; Grotzner, S.R.; Mela, M.; Liber, A.M.P.; Martins, S.L. & Ventura, D.F. 2014. Comparative study of photoreceptor and retinal ganglion cell topography

- and spatial resolving power in Dipsadidae snakes. *Brain, Behavior and Evolution* 84: 197-213.
- Hauzman, E.; Bonci, D.M.O.; Suárez-Villota, E.Y.; Neitz, M. & Ventura, D.F. 2017. Daily activity patterns influence retinal morphology, signatures of selection, and spectral tuning of opsin genes in colubrid snakes. *BMC Evolutionary Biology* 17: 249.
- Huang, M.C.W.; Liao, C.P.; Chou, C.C.; Lin, J.W. & Huang, W.S. 2022. Size of snake eyes correlates with habitat types and diel activity patterns. *Frontiers in Ecology and Evolution* 9: 821965.
- Lillywhite, H.B. & Henderson, R.W. 1993. Behavioral and functional ecology of arboreal snakes: 1-48. In: Seigel, R.A. (ed.), *Snakes: Ecology and behavior*. McGraw-Hill. New York.
- Liu, Y.; Ding, L.; Lei, J.; Zhao, E. & Tang, Y. 2012. Eye size variation reflects habitat and daily activity patterns in colubrid snakes. *Journal of Morphology* 273: 883-893.
- Martin, G.R. 1993. Producing the image: 5-24. In: *Vision, brain and behaviour in birds*. MIT Press. Cambridge.
- Mouy, H. 2024. The function of red and banded patterns in snakes: The eyes of the beholders—also, the function of bands in fish. *Biological Journal of the Linnean Society* 142: 452-467.
- Pandelis, G.G.; Grundler, M.C. & Rabosky, D.L. 2023. Ecological correlates of cranial evolution in the megaradiation of dipsadine snakes. *BMC Ecology and Evolution* 23: 1-20.
- Paternina-Cruz, R. & Capera, V. 2017. *Atractus crassicaudatus* – Serpiente sabanera: 7-13. In: *Catálogo de Anfibios y Reptiles de Colombia*. Asociación Colombiana de Herpetología. Bogotá.
- Pazmiño-Otamendi, G. 2020. *Sibon nebulatus*. Versión 2022.0. Available in: <http://bioweb.bio/faunaweb/reptiliaweb/FichaEspecie/Sibon%20nebulatus>. Last Access: 17 June 2025.
- Pchelyakov, V.F. 1981. Structural peculiarities of the cornea of the reptilian eye. *Neuroscience and Behavioral Physiology* 11: 367-370.
- Senter, P. 1999. The visibility hypothesis: An explanation for the correlation between habitat and defensive display in snakes. *Herpetological Review* 30: 213.
- Sivak, J.G. 1977. The role of the spectacle in the visual optics of the snake eye. *Vision Research* 17: 293-298.
- Underwood, G. 1970. The eye: 1-93. In: Gans, C. (ed.), *Biology of the Reptilia*. Academic Press. London.
- Uetz, P.; Freed, P.; Aguilar, R.; Reyes, F.; Kudera, J. & Hošek, J. 2025. The Reptile Database. Available in: <http://www.reptile-database.org>. Last access: 17 June 2025.
- Walls, G.L. 1940. Ophthalmological implications for the early history of the snakes. *Copeia* 1940: 1-7.
- Walls, G.L. 1942. The vertebrate eye and its adaptive radiation. Cranbrook Institute of Science. Bloomfield Hills.
- Weaver, R.E. & Kardong, K.V. 2010. Behavioral responses to potential prey through chemoreception by the sharp-tailed snake (*Contia tenuis*). *Northwestern Naturalist* 91: 58-62.
- Wyneken, J. 2012. Reptilian eyes and orbital structures. In: *Proceedings of the Association of Reptilian and Amphibian Veterinarians*.
- Zaher, H.E.D.; de Oliveira, L.; Grazziotin, F.G.; Campagner, M.; Jared, C.; Antoniazzi, M.M. & Prudente, A.L.C. 2014. Consuming viscous prey: A novel protein-secreting delivery system in neotropical snail-eating snakes. *BMC Evolutionary Biology* 14: 58.

New records of *Lachesis rhombeata* and *Bothrops bilineatus* (Squamata, Viperidae) in the Atlantic Forest of Minas Gerais state, Southeast Brazil

Clodoaldo Lopes de Assis¹, Maria Clara Nascimento², Alexander Zaidan de Souza³, Mateus Meiras Martins³, Celso Henrique Varela Rios⁴, Renato Neves Feio³, Fabiano Rodrigues de Melo⁵

¹ Instituto Catuauá de Conservação da Natureza, 36802-066, Carangola, MG, Brazil.

² Laboratório de Quiropterologia Neotropical, Instituto de Ciências Naturais, Humanas e Sociais, Universidade Federal do Mato Grosso, 78550-728, Sinop, MT, Brazil.

³ Museu de Zoologia João Moojen, Departamento de Biologia Animal, Universidade Federal de Viçosa, 36570-900, Viçosa, MG, Brazil.

⁴ Hileia Consultoria Ambiental, 05580-050, São Paulo, SP, Brazil.

⁵ Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Viçosa, 36570-900, Viçosa, MG, Brazil.

Recibida: 28 Enero 2026

Revisada: 02 Febrero 2026

Aceptada: 07 Septiembre 2026

Editor Asociado: P. Carrasco

doi: 10.31017/CdH.2026.(2026-01)

ABSTRACT

Several snake species with broad geographic distributions tend to exhibit less concerning conservation statuses when assessed at large spatial scales. However, when evaluated at a regional scale, a markedly more concerning scenario may emerge. In this context, we updated the regional distribution map of *Lachesis rhombeata* and *Bothrops bilineatus*, encompassing the state of Minas Gerais in southeastern Brazil. Although new areas of occurrence were identified for both species, available records remain scarce, indicating that they are rare within the state. Moreover, a substantial proportion of the records is historical, and many of the localities where these records were obtained no longer provide suitable ecological conditions for the persistence of these species. Considering this evidence, we suggest that both species face a critical conservation scenario at the state level.

Key Words: Wallacean Shortfall; Snakes; Atlantic Forest Bushmaster; Green Jararaca; Conservation.

Updating species occurrence data is essential for addressing knowledge gaps in biodiversity and reducing the Wallacean shortfall, that is the lack of information about geographic distribution of species (Hortal *et al.*, 2015). In this context, new records provide valuable insights for identifying priority areas for conservation (Smith *et al.*, 2014; Assis *et al.*, 2024) and for protecting specific taxonomic groups (e.g., Roberto and Loebmann, 2016). For snakes, such data have already contributed to the development of more comprehensive and accurate distribution maps,

serving as a crucial tool for understanding patterns and informing conservation strategies (Guedes *et al.*, 2014; Moura *et al.*, 2017; Nogueira *et al.*, 2019).

Several species of South American snakes exhibit a broad geographic distribution, spanning extensive areas within a single biome and, in some cases, extending across multiple biomes (Nogueira *et al.*, 2019). For many of these species, comprehensive assessment suggests a conservation status of least concern (Gutiérrez-Cárdenas *et al.*, 2021; Silveira *et al.*, 2021; Catenazzi *et al.*, 2021). However, when

evaluated at a regional scale, a more concerning scenario emerges. This is the case for the Atlantic Bushmaster *Lachesis rhombeata* (Wied, 1824) and Green Jararaca *Bothrops bilineatus* (Wied-Neuwied, 1821) (Squamata, Viperidae). While both species occur in the Atlantic Forest of southeastern and northeastern Brazil, only *B. bilineatus* currently presents a broader distribution that also includes the Amazon rainforest (Nogueira *et al.*, 2019).

The snake *B. bilineatus* is predominantly arboreal, being found active on vegetation at night and resting on this substrate during the day (Turci *et al.*, 2009; Fonseca *et al.*, 2021). Its green coloration provides effective camouflage within the vegetation canopy (Argôlo, 2004; Campbell and Lamar, 2004). In the Atlantic Forest, the species attains a maximum total length of 90 centimeters (Argôlo, 2004), with females typically reaching larger body sizes than males (Campbell and Lamar, 2004). Its prey includes amphibians, reptiles, and mammals (Venegas *et al.*, 2019), and both adults and juveniles may employ caudal luring while hunting (Fonseca *et al.*, 2019).

Regarding the South American bushmaster, this taxon has historically been treated under a broader taxonomic concept. It was formerly regarded as a single, widely distributed species, *Lachesis muta*, occurring in both the Amazon and Atlantic Forest (Hoge, 1965; Fernandes *et al.*, 2004; Nogueira *et al.*, 2019). However, a recent taxonomic revision based on genomic, morphological, venomous, and ecological evidence recognized the Atlantic Forest population as a distinct species, *Lachesis rhombeata* (Hamdan *et al.*, 2024). This species is among the largest vipers in the world, exceeding 2 meters, and is characterized by a yellowish body marked with dark blotches, giving it a distinctive coloration (Liais, 1872; Campbell and Lamar, 2004; Padrón *et al.*, 2023). It is strongly associated with forested habitats, including both primary and secondary forests, and generally avoids extensively open areas (Padrón *et al.*, 2023). The species also occurs in cacao and rubber plantations, provided that these are contiguous with forested areas or retain a dense understory vegetation structure (Argôlo, 2004; Padrón *et al.*, 2023).

Despite their wide geographic ranges, neither species is included in the current Brazilian Red List (MMA, 2026). Of the two species, only *Lachesis rhombeata* has an assessment published on the IUCN Red List. However, this assessment was conducted more than 25 years ago, when the taxon was treated as the Atlantic Forest-endemic subspecies *Lache-*

sis muta rhombeata and classified as Vulnerable (VU) (Martins & Marques, 2000). Therefore, the assessment does not reflect the current recognition of *L. rhombeata* as a distinct species (Hamdan *et al.*, 2024). The recent taxonomic validation of these snake species therefore highlights its evolutionary and geographic distinctiveness and underscores the urgency of distributional studies such as the present one, which provide essential baseline data for future conservation assessments.

Within the Brazilian Atlantic Forest, however, both species are already included on state red lists, indicating population declines or possible local extinction, though *Lachesis rhombeata* is still listed under the name *L. muta* (Rocha *et al.*, 2000; Espírito Santo, 2022). The Atlantic Forest, a recognized biodiversity hotspot, has suffered continuous deforestation since colonial times and is now highly fragmented (Resende *et al.*, 2018), placing forest-dependent species at increased risk (Galetti *et al.*, 2021).

In this context, and from a regional perspective, the distribution of snakes such as *Bothrops bilineatus* and *Lachesis rhombeata* should be regularly updated. This effort is essential for future assessments of their conservation status and for identifying priority areas for their protection. Therefore, we report new and recent records and provide a geographic distribution map for both species within the Atlantic Forest of the Minas Gerais state, southeastern Brazil.

To develop the distribution map of these snake species, we consulted the evidence contained in the studies of Machado *et al.* (1998), Feio and Caramaschi (2002), Fernandes *et al.* (2004), Dias *et al.* (2008), Nogueira *et al.* (2019), Bernarde *et al.* (2021), Cavalcante *et al.* (2022), and Hamdan *et al.* (2024). We incorporated records obtained from rural residents or nature-appreciating observers (occasional records), provided they were accompanied by photographic evidence allowing for unequivocal species identification. We also included records obtained directly from researchers during fieldwork (license SISBIO 72874-1). Additionally, we examined the herpetological collection of the Museu de Zoologia João Moojen (MZUFV) at the Universidade Federal de Viçosa, located in the municipality of Viçosa, Minas Gerais.

We report eight records of *Bothrops bilineatus* from seven localities in the state of Minas Gerais, Brazil, at elevations ranging from 191 to 791 meters ($\bar{x}$ = 559 m), with most records obtained between 2000 and 2021 (Table 1). Of these, fieldwork yielded

Table 1. Details of records of *Bothrops bilineatus* and *Lachesis rhombeata* in the State of Minas Gerais, Southeast Brazil. Legend: (1) literature record, (2) occasional records, (3) fieldwork, (4) herpetological collection of the Museu de Zoologia João Moojen, (*) protected area, (IBSP) Instituto Butantan - São Paulo, (MZUFV) Museu de Zoologia João Moojen - Universidade Federal de Viçosa - Minas Gerais.

Municipality	Locality	Coordinates		Alt.	Record year or accession to the collection	Source	Evidence
<i>Bothrops bilineatus</i>							
Alto Jequitibá	Estação Presidente Soares	-20.425	-41.967	656	-	1	IBSP 629
Marliéria	* Parque Estadual do Rio Doce	-19.683	-42.513	282	2005	1	Photo
Periquito	Estação Pedra Corrida	-19.093	-42.156	191	-	1	IBSP 9571
Teófilo Otoni	-	-17.867	-41.51	407	-	1	IBSP920-1
Jordânia	* RPPN Mata do Passarinho	-15.783	-40.511	739	2016	3 (new record)	Photo
Jordânia	* RPPN Mata do Passarinho	-15.783	-40.508	731	2021	3 (new record)	Photo
Salto da Divisa	* Parque Estadual Alto do Cariri	-16.3	-39.983	679	2000	1, 4	MZUFV 1028
Santa Maria do Salto	* Parque Estadual Alto do Cariri	-16.411	-40.062	791	2004	1, 4	MZUFV 1133
<i>Lachesis rhombeata</i>							
Muriaé	Bom Jesus da Cachoeira	-21.26	-42.404	296	1980	1	MZUFV 1357
Carangola	-	-20.733	-42.029	421	1934	1	IBSP 8439, 8429
Lajinha	-	-20.151	-41.623	494	1968	1	IBSP 29283
?	Rio Doce	-20.244	-42.898	416	1949	4 (new record?)	MZUFV 329
Caratinga	* RPPN Miguel Feliciano Abdala	-19.733	-41.817	435	1985	1	IBSP 9
Marliéria	* Parque Estadual do Rio Doce	-19.763	-42.631	290	1949	1	?
Periquito	Estação Pedra Corrida	-19.1	-42.167	191	1936	1	IBSP 64668
Tumiritinga	Estação Cachoeirinha	-18.975	-41.642	136	1934-1935	1	IBSP 8650, 8683, 9308-10, 9320
Itueta	Cachoeirinha	-19.389	-41.25	197	-	1	?
Almenara	Fazenda São Miguel	-16.142	-40.985	860	2016	2 (new record)	Photo
Jordânia	* RPPN Mata do Passarinho	-15.778	-40.516	866	2009	3 (new record)	Photo
Bandeira	Fazenda Mombuca	-15.8	-40.533	602	2002	1	A skin was observed by the authors

two records from a previously undocumented locality for the species within the Reserva Particular do Patrimônio Natural Mata do Passarinho in the Vale do Jequitinhonha mesoregion, northeastern Minas Gerais (Fig. 1A and Fig. 2). This reserve preserves a well-structured fragment of Atlantic Forest, and both records were made within a stretch of well-preserved riparian forest. The first record, obtained in 2016, involved an individual observed approximately 1.5 meters above the ground, perched close to a stream. The second, recorded on January 18, 2021, also occurred along the riparian corridor, with the snake positioned at an estimated height of 3.7 meters above the ground.

In the case of *Lachesis rhombeata*, we recorded its presence in twelve distinct localities in the state of Minas Gerais, at elevations ranging from 136 to 860 meters ($\bar{x}$ = 392 m), with the oldest record dating back to 1934 and the most recent from 2016 (Table 1). Of these records, two revealed new areas of occurrence for *L. rhombeata* in the state of Minas Gerais, within the Vale do Jequitinhonha mesoregion (Fig 1 B, C and Fig. 2). The first was obtained on February 22, 2009, when SD photographed an adult in the leaf litter inside a well-preserved forest within the protected area of the Reserva Particular do Patrimônio Natural Mata do Passarinho, in the municipality of Jordânia. The second record was



Figure 1. *Bothrops bilineatus* recorded in the Reserva Particular do Patrimônio Natural Mata do Passarinho, municipality of Jordânia (A); *Lachesis rhombeata* recorded in the municipalities of Almenara (B) and Jordânia (C); skin of *L. rhombeata* collected in 1949 at the “Rio Doce” locality (MZUFV 329).

obtained on October 22, 2016, when PMD, MBL, and OPR photographed an adult approximately 2 m in length in the municipality of Almenara. The snake was active during the morning and was moving through a forest fragment adjacent to the Reserva Biológica da Mata Escura, approximately 2 km from this protected area. In contrast, we consider three records to be dubious due to inconsistencies in the available data.

Here, we update the distribution map of *Bothrops bilineatus* and *Lachesis rhombeata* in the Brazilian state of Minas Gerais by providing new occurrence localities and highlighting the timing of the records for these snakes. In the case of *B. bilineatus*, our results indicate that its occurrences in Minas Gerais are scarce. However, we report new, recent, and recurrent records in the northeastern portion of the state, where significant remnants of Atlantic Forest still persist. This arboreal species, which has been reported as rare in snake assemblages, depends on well-preserved forests and is likely affected by deforestation in the biome (Argôlo, 2004; Bernarde *et al.* 2021). Considering the current status of the Atlantic Forest in Minas Gerais (Fundação SOS Mata Atlântica and INPE, 2025), the limited number of records, combined with the species' ecological traits, supports its inclusion in a state-level threat category. Although this recommendation had been previously proposed (Feio and Caramaschi, 2002), the species is not currently listed in the official state Red List (COPAM, 2010), in contrast to its conservation status in other parts of the Atlantic Forest. For example, in southeastern Brazil, *B. bilineatus* is considered likely extinct in the state of Rio de Janeiro and critically endangered in Espírito Santo (Rocha *et al.*, 2000; Espírito Santo, 2022). A similar situation is observed in the Northeast Region, where the species is listed as vulnerable in the states of Bahia and Pernambuco (SEMA, 2017; SEMAS, 2017).

For *Lachesis rhombeata*, the context of its conservation status at the state level is unusual. The species was previously categorized as Critically Endangered in Minas Gerais (COPAM, 1995; Machado *et al.*, 1998), yet, despite the absence of new confirmed records, it is currently omitted from the official state Red List (COPAM, 2010). Unsurprisingly, our results indicate that records of *L. rhombeata* in Minas Gerais are not only scarce but most of them date back to before 1985, suggesting a critical conservation scenario for this species in the region. This pattern aligns with its natural history. This forest-dwelling species has a

home range of approximately 10 hectares (Padrón *et al.*, 2023) and depends on well-preserved forest habitats, especially in lowland areas (Liais, 1872; Argôlo, 2004), environments that are currently rare in Minas Gerais (Fundação SOS Mata Atlântica and INPE, 2025). It is also noteworthy that there have been no recent reports of such a conspicuous snake, characterized by its large body size (exceeding 2 meters) and striking coloration (Hoge, 1965; Argôlo, 2004). These traits make *L. rhombeata* a highly noticeable species in forest environments, and its presence was already notable in the early 19th century. Historical accounts describe it as a highly feared species, often shot by hunters (Wied-Neuwied, 1824), and even regarded as the only snake in Brazil that actively attacks humans (Liais, 1872). In contrast, despite the widespread adoption of citizen science platforms and the increasing availability of photographic devices (Durso *et al.*, 2021), we were able to document only two record of *L. rhombeata* in the state, which the last occurred nine years ago. Even in areas where it was historically reported, no recent observations exist, underscoring the current rarity of this species in Minas Gerais.

For the records of *Lachesis rhombeata* with uncertain occurrence, we considered either the absence of evidence or the inconsistency of the available evidence. For the municipality of Ituaeta, for example, the literature provides no evidence supporting the presence of this snake, despite this locality being included in recent reviews of the species' distribution (see Nogueira *et al.*, 2019; Hamdan *et al.*, 2024). A similar situation applies to the area currently protected by the Parque Estadual do Rio Doce, where since the 1990s the literature has indicated the presence of *L. rhombeata* (formerly *L. muta*) without support from observational, digital, or physical evidence (Machado *et al.*, 1998; Nogueira *et al.*, 2019; Hamdan *et al.* 2024; Signorelli *et al.* 2024). The origin of this record is likely associated with a skin deposited in the Museu de Zoologia João Moojen of the Universidade Federal de Viçosa (MZUFV 329). This skin corresponds to a specimen collected in 1949 at a locality referred to as "Rio Doce" by a hunter named Borges, a resident of the municipality of Viçosa (Fig. 1D). At that time, Rio Doce was a small district (currently a municipality) located approximately 50 km from Viçosa; conversely, the Parque Estadual do Rio Doce had only recently been established and was then known as the "Parque Florestal Estadual do Rio Doce." Borges hunted throughout the state

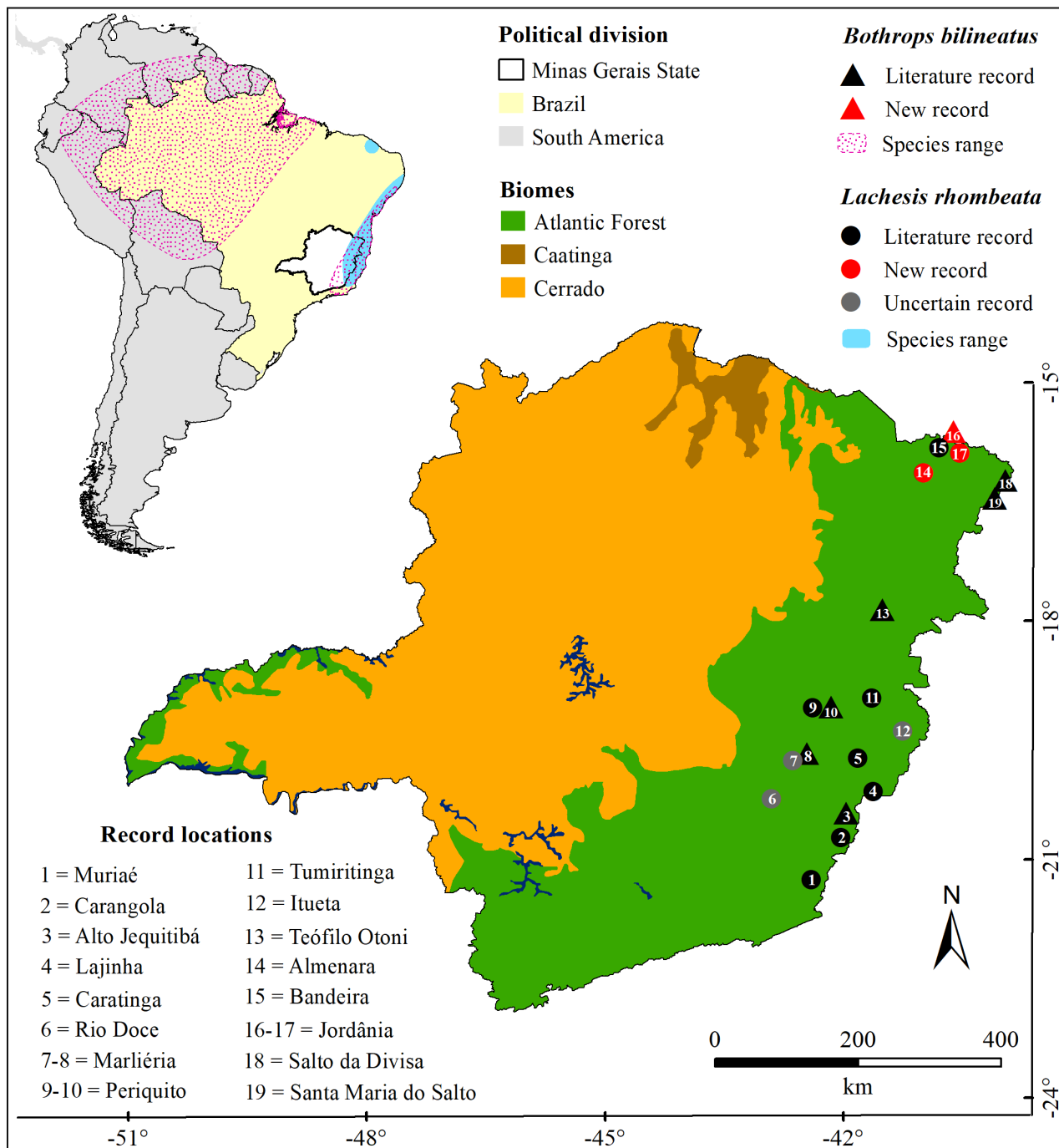


Figure 2. Distribution of *Lachesis rhombeata* and *Bothrops bilineatus* in State of Minas Gerais, Southeast Brazil.

of Minas Gerais, including the forests along the Rio Doce River basin, within which these localities are situated (J. L. Pontes, personal communication). In this context, it is not possible to determine the exact origin of this *L. rhombeata* skin, as both localities could have been designated as “Rio Doce.”

In conclusion, our results indicate that records of these snakes in Minas Gerais are scarce and restricted to the southeastern, eastern, and northeastern portions of the state, primarily in low to mid el-

evation areas. However, their historical distribution does not appear to correspond to their current range. In the southeastern and eastern regions, particularly within the mesoregions of Zona da Mata and Vale do Rio Doce, many of the localities where historically recorded have undergone severe environmental degradation. Except for Parque Estadual do Rio Doce (a protected area where *Bothrops bilineatus* were documented) most of the remaining areas no longer sustain suitable habitats for these species.

Conversely, recent records of these snakes have been concentrated in the northeastern of the state. This region, known as the Vale do Jequitinhonha, harbors significant fragments of Atlantic Forest within protected areas such as the Reserva Particular do Patrimônio Natural Mata do Passarinho, Parque Estadual Alto do Cariri, and Reserva Biológica da Mata Escura. Currently, these sites represent the main strongholds for the persistence of these species in Minas Gerais state. Thus, the data indicate that both species face a critical conservation scenario at the state level, with greater severity for *Lachesis rhombeata*.

Acknowledgments

We are grateful to Sueli Damasceno (SD), Petrônio Mamed David (PMD), Moysés Bossi Lima (MBL), and Oswaldo Pereira Resende (OPR) for providing records and photos of *Lachesis rhombeata* from the Vale do Jequitinhonha. Henrique Caldeira Costa for his assistance with the dates of species records, and to José Lelis Pontes, Henrique Folly, and Rômulo Ribon for historical information on the snakes. We also thank Victor Almeida, Filipe Almeida, Pedro Prado, Luiz Carmo, and Miguel Relvas for their valuable assistance during fieldwork.

Literature cited

- Argôlo, A.J.S. 2004. *Serpentes dos cacauais do sudeste da Bahia*. Editora Editus. Ilhéus.
- Assis, CL; Valadão, RM; Mendonça, SHST; Peçanha, ELS; Costa, HC; Novaes, CM; Barros, TF; Rodrigues, LS; Gasparini, JL & Feio, RN. 2024. Extensive sampling and citizen science expand the distribution of the threatened freshwater turtle *Ranacephala hoguei* (Mertens, 1967). *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 96: e20240484.
- Bernarde, PS; Pucca, MB; Mota-da-Silva, A; Fonseca, WL; Almeida, MRN; Oliveira, IS *et al.* 2021. *Bothrops bilineatus*: an arboreal pitviper in the Amazon and Atlantic Forest. *Frontiers in Immunology* 12: 1–16.
- Campbell, J.A. & Lamar, W.W. 2004. *The Venomous Reptiles of the Western Hemisphere*. Comstock Publishing Associates, Ithaca.
- Catenazzi, A; Cisneros-Heredia, DF; Hoogmoed, MS & Nogueira, CC. 2021. *Bothrops bilineatus*. *The IUCN Red List of Threatened Species* 2021: e.T15203567A15203579. Available at: <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2021-3.RLTS.T15203567A15203579.en>. Accessed on 26 June 2026.
- Cavalcante, T.; Freire-Filho, R.; Andrade-Oliveira, J.A.; Lima, L.S. de; Cassiano-Lima, D.; Fernandes-Ferreira, H. & Gonzalez, R.C. 2022. An unexpected record of the Green Jararaca, *Bothrops bilineatus* (Wied-Neuwied, 1821) in Ceará State, northeastern Brazil. *Herpetology Notes* 15: 867–871.
- COPAM – Conselho Estadual de Política Ambiental. 1995. Deliberação COPAM nº 041, de 20 de dezembro de 1995. Lista de espécies ameaçadas de extinção da fauna do estado de Minas Gerais. *Diário do Executivo*. Disponível em: <https://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=5538>. Último acesso: 6 de setembro de 2025.
- COPAM – Conselho Estadual de Política Ambiental. 2010. Deliberação Normativa 147, 30 de abril de 2010. Lista de espécies ameaçadas de extinção da fauna do estado de Minas Gerais. *Diário do Executivo*. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=13192>. Último acesso: 6 de setembro de 2025.
- Dias, LG; Feio, RN & Santos, PS. 2008. New record of *Bothriopsis bilineata* (Wied, 1825) (Serpentes, Viperidae) in the Atlantic Forest of Minas Gerais, with a discussion on its conservation. *Lundiana: International Journal of Biodiversity* 9: 75–76.
- Durso, AM; Ruiz de Castañeda, R; Montalcini, C; Mondardini, MR; Fernandez-Marques, JL; Grey, F *et al.* 2021. Citizen science and online data: opportunities and challenges for snake ecology and action against snakebite. *Toxicon* 9–10.
- Espírito Santo. 2022. Decreto nº 5237-R, de 25 de novembro de 2022. Declara as espécies de fauna ameaçadas de extinção no Estado do Espírito Santo e dá outras providências. *Diário Oficial dos Poderes do Estado* 25.870: 1–13. Vitória. Disponível em: https://iema.es.gov.br/Media/iema/FAUNA/Decreto%205237-R_2022.pdf. Último acesso: 6 de setembro de 2025.
- Feio, RN & Caramaschi, U. 2002. Contribuições ao conhecimento da herpetofauna do nordeste do estado de Minas Gerais, Brasil. *Phyllomedusa* 1: 105–111.
- Fernandes, D.S.; Franco, F.L. & Fernandes, R. 2004. Systematic revision of the genus *Lachesis* Daudin, 1803 (Serpentes: Viperidae). *Herpetologica* 60: 245–260.
- Fonseca, W.L.; Oliveira, A.S.; Correa, R.R. & Bernarde, PS. 2019. Caudal luring in the Neotropical two-striped forest pitviper *Bothrops bilineatus smaragdinus* Hoge, 1966 in the western Amazon. *Herpetology Notes* 12: 365–374.
- Fundação SOS Mata Atlântica & INPE. 2025. *Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica: período 2023–2024*. São Paulo.
- Galetti, M; Gonçalves, F; Villar, N; Zipparro, VB; Paz, C; Mendes, C *et al.* 2021. Causes and consequences of large-scale defaunation in the Atlantic Forest: 297–324. Em: Marques, MCM & Grelle, CEV (eds.), *The Atlantic Forest: History, Biodiversity, Threats and Opportunities of the Mega-diverse Forest*. Springer.
- Guedes, TB; Sawaya, RJ & Nogueira, CC. 2014. Biogeography, vicariance and conservation of snakes of the neglected and endangered Caatinga region, north-eastern Brazil. *Journal of Biogeography* 41: 919–931.
- Gutiérrez-Cárdenas, P; Rivas, G; Caicedo, JR; Ouboter, P; Hoogmoed, MS & Murphy, J. 2021. *Lachesis muta*. *The IUCN Red List of Threatened Species* 2021: e.T62254A44946798. Available at: <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2021-3.RLTS.T62254A44946798.en>. Accessed on 26 June 2026.
- Hamdan, B; Seixas, VC; Nunes, GL; Oliveira, G; Bonatto, SL; Vidal, A; Pires, ES & Zingali, RB. 2023. The Brazilian Atlantic bushmaster *Lachesis* (Linnaeus, 1766) mitogenome with insights on snake evolution and divergence (Serpentes: Viperidae: Crotalinae). *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 95: e20220973.
- Hoge, A.R. 1965. Preliminary account on neotropical crotalinae

- (Serpentes, Viperidae). *Memórias do Instituto Butantan* 32: 109–184.
- Hortal, J; Bello, F; Diniz-Filho, JAF; Lewinsohn, TM; Lobo, JM & Ladle, RJ. 2015. Seven shortfalls that beset large-scale knowledge of biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 46: 523–549.
- Liais, E. 1872. *Climats, géologie, faune et géographie botanique du Brésil*. Garnier Frères. Paris.
- Machado, ABM; Fonseca, GAB; Machado, RB; Aguiar, LMS & Lins, LV. 1998. *Livro vermelho das espécies ameaçadas de extinção da fauna de Minas Gerais*. Fundação Biodiversitas. Belo Horizonte.
- MMA – Ministério do Meio Ambiente. 2026. Lista Nacional de Espécies Ameaçadas de Extinção. *Diário Oficial da União* 111-B: Seção 1.
- Moura, MR; Argôlo, AJS & Costa, HC. 2017. Historical and contemporary correlates of snake biogeographical subregions in the Atlantic Forest hotspot. *Journal of Biogeography* 44: 640–650.
- Martins, M & Marques, O.A.V. 2000. *Lachesis muta ssp. rhombeata*. The IUCN Red List of Threatened Species 2000: e.T39903A10281034. Available at: <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2000.RLTS.T39903A10281034.en>. Accessed on 26 June 2026.
- Nogueira, CC; Alencar, JPSV; Argôlo, AJS; Arredondo, JC; Arzamendia, V *et al.* 2019. Atlas of Brazilian snakes: verified point locality maps for mitigating the Wallacean shortfall in a megadiverse snake fauna. *South American Journal of Herpetology* 14: 1–274.
- Padrón, DF; Mebert, K; Pareja-Mejía, D; Bauer, A; Vasconcelos, LDF; Correia, D *et al.* 2023. Living in a mosaic of Brazilian Atlantic Forest and plantations: spatial ecology of five bushmaster *Lachesis muta* (Viperidae: Crotalinae). *Ethology Ecology & Evolution* 35: 530–550.
- Rezende, C.L.; Scarano, F.R.; Assad, E.D.; Joly, C.A.; Metzger, J.P.; Strassburg, B.B.N.; Tabarelli, M.; Fonseca, G.A. & Mittermeier, R.A. 2018. From hotspot to hopespot: an opportunity for the Brazilian Atlantic Forest. *Perspectives in Ecology and Conservation* 16: 208–214.
- Roberto, I. & Loebmann, D. 2016. Composition, distribution patterns, and conservation priority areas for the herpetofauna of the state of Ceará, northeastern Brazil. *Salamandra* 52: 134.
- Rocha, CFD; Van Sluys, M; Puerto, G; Barros-Filho, JDF; Neo, RRSF & Melgarejo, A. 2000. Répteis: 79–87. Em: Bergallo, HG; Rocha, CFD; Alves, MAS & Van Sluys, M (eds.), *A fauna ameaçada de extinção do estado do Rio de Janeiro*. UERJ. Rio de Janeiro.
- SEMA – Secretaria do Meio Ambiente da Bahia. 2017. Portaria nº 37, de 15 de agosto de 2017. Lista oficial das espécies da fauna ameaçadas de extinção do estado da Bahia. Disponível em: <http://www.ba.gov.br/meioambiente/noticia/2024-02/12321/sema-publica-lista-de-especies-da-fauna-ameacadas-de-extincao-do-estado-da>. Último acesso: 6 de janeiro de 2026.
- SEMAS – Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade. 2017. Resolução nº 1, de 15 de maio de 2017. Lista estadual oficial de espécies da fauna ameaçadas de extinção – répteis. *Diário Oficial do Estado de Pernambuco*. Disponível em: <http://www2.cprh.pe.gov.br/wp-content/uploads/2025/02/Resolucao-SEMAS-no-01-2017.pdf>. Último acesso: 6 de janeiro de 2026.
- Signorelli, L.; André, Y.; Ribeiro, B.R.; Costa, H.C.; Guidoni, K.; Bicalho, M.B. & Abreu-Jardim, T.P.F. 2024. Anfíbios e répteis: 26–53. En: Ribeiro, B.R.; Martins, E.; Silva, R.A. da & Loyola, R. (orgs.), *Livro Vermelho da Biodiversidade Terrestre da Bacia do Rio Doce*. Volume II: Fauna. Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável. Rio de Janeiro.
- Silveira, A.L.; Prudente, A.L.C.; Argôlo, A.J.S.; Abrahão, C.R.; Nogueira, C.C.; Barbo, F.E.; Costa, G.C.; Pontes, G.M.F.; Colli, G.R.; Zaher, H.; Borges-Martins, M.; Martins, M.R.C.; Oliveira, M.E.; Passos, P.G.H.; Bérnils, R.S.; Sawaya, R.J.; Cechin, C.T.Z. & Guedes da Costa, T.B. 2021. *Clelia plumbea*. The IUCN Red List of Threatened Species 2021: e.T203443A2765502. Available at: <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2021-3.RLTS.T203443A2765502>. pt. Last accessed: 25 January 2026.
- Smith, P; Cacciali, P; Scott, N; Del Castillo, H; Pheasey, H & Atkinson, K. 2014. First record of the globally threatened Cerrado endemic snake *Philodryas livida* (Amaral, 1923) from Paraguay. *Cuadernos de Herpetología* 28: 169–171.
- Turci, L.C.B.; Albuquerque, S.; Bernarde, P.S. & Miranda, D.B. 2009. Uso do habitat, atividade e comportamento de *Bothriopsis bilineatus* e de *Bothrops atrox* (Serpentes: Viperidae) na floresta do rio Moa, Acre, Brasil. *Biota Neotropica* 9: 197–206.
- Venegas, P.J.; Chávez-Arribasplata, J.C.; Almora, E.; Grilli, P. & Duran, V. 2019. New observations on diet of the South American two-striped forest-pitviper *Bothrops bilineatus smaragdinus* (Hoge, 1966). *Cuadernos de Herpetología* 33: 29–31.
- Wied-Neuwied, MAP, Prinz zu. 1824. *Abbildungen zur Naturgeschichte Brasiliens* (Heft 8). Landes-Industrie-Comptoir.

Corrigendum to “A new species of the *Liolaemus nigroviridis* group from the Andes of Central Chile (Iguania: Liolaemidae)” to comply with the International Code of Zoological Nomenclature (ICZN)

Jaime Troncoso-Palacios¹ & Francisco Contreras-Piderit²

¹ Núcleo Interdisciplinario de Fisiología, Biofísica y Fisiopatología, Instituto de Ciencias Biomédicas (ICBM), Facultad de Medicina, Universidad de Chile, Independencia 1027, Santiago, Chile.

² ASPAM S.A., Av. Nueva Providencia N° 1860, Of. 143, Santiago de Chile.

Recibida: 07 Septiembre 2025

Revisada: 10 Febrero 2026

Aceptada: 10 Febrero 2026

Editor Asociado: S. Quinteros

doi: 10.31017/CdH.2026.(2026-003)

ABSTRACT

Troncoso-Palacios and Contreras-Piderit published in the Acta Zoológica Lilloana the description of a new species of the lizard genus *Liolaemus*. However, the ZooBank LSID was inadvertently omitted from the original publication. In order to fulfill the Art. 8.5.3 of the International Code of Zoological Nomenclature, here we provide a corrigendum to make the name nomenclaturally available.

Key words: ZooBank; Nomenclature; Availability; Taxonomy.

RESUMEN

Troncoso-Palacios y Contreras-Piderit publicaron en Acta Zoológica Lilloana la descripción de una nueva especie del género de lagartijas *Liolaemus*. Sin embargo, el LSID de ZooBank fue inadvertidamente omitido en la publicación original. A fin de cumplir los requerimientos del Art. 8.5.3 del Código Internacional de Nomenclatura Zoológica, aquí proveemos una corrigenda para hacer el nombre nomenclaturalmente disponible.

Palabras claves: ZooBank; Nomenclatura; Disponibilidad; Taxonomía.

Nomenclatural act

Liolaemus nigrodorsum sp. nov.

Troncoso-Palacios & Contreras-Piderit

Zoobank LSID: urn:lsid:zoobank.org:pub:11C28C34-B16E-4542-B1E9-D40AC530C7E3

Holotype: SSUC Re 787. Adult male. Collected in the ski center El Arpa (32°39'31"S – 70°28'46"W, 2604 m above sea level), approximately 21 km NE Los Andes city, Valparaíso Region, Chile. Collectors: J. Troncoso-Palacios and F. Contreras. January 11, 2021.

Paratypes: SSUC Re 788–90, three males. SSUC Re 791–93, three females. SSUC Re 794, juvenile. Same data as the holotype. SSUC Re 005–06. Two males. SSUC Re 001–04. Four juveniles. Ski center El Arpa (32°39'S – 70°28'W). Collectors: F. Torres-Pérez and G. Lobos. September 10, 2003. Figures in Troncoso-Palacios and Contreras-Piderit (2023). Types are placed in the Flora y Fauna Collection of the Pontificia Universidad Católica de Chile.

Diagnosis and Description. Morphology is detailed in Troncoso-Palacios and Contreras-Piderit (2023),

Author for correspondence: jtroncosopalacios@gmail.com

following the Art. 13.1.1. of the Code (to be available, a name must be accompanied by a diagnosis or a bibliographic reference to it). Below we provide a brief summary of the diagnosis.

Liolaemus nigrodorsum sp. nov. exhibits the morphological features of the *L. nigroviridis* group (Troncoso-Palacios and Contreras-Piderit, 2023), which are robust lizards with black dorsal stripes and yellow dorsal scales, males have precloacal pores and are larger than females. Compared with the other species of the *L. nigroviridis* group, *L. nigrodorsum* sp. nov. can be distinguished as follow. Males of *L. campanae* have an orange or yellow background color on the occipital band (broad and extending between the lateral fields) and light green on the lateral fields, with thin black stripes forming a reticulation; in contrast, males of *L. nigrodorsum* sp. nov. have yellow or white background color on the occipital band (broad and extending between the lateral fields) and yellow on the lateral fields (light green is absent or is inconspicuous, restricted to the sides of the neck and the dorsal base of the tail), with thick black stripes forming a reticulation or almost complete melanism on the occipital band area. *Liolaemus nigrodorsum* sp. nov. is larger than *L. fuscus* (maximum SVL = 78.8 mm vs 52.3 mm). The males of *L. nigroviridis* always have thin black stripes forming a reticulation, whereas the males of *L. nigrodorsum* sp. nov. have thick black stripes forming a reticulation or nearly complete dorsal melanism. *Liolaemus nigrodorsum* sp. nov. is smaller than *L. uniformis* (SVL = 78.8 mm vs 89.1 mm) and the latter lacks dorsal pattern.

Distribution. This species is currently known only from the type locality at El Arpa ski center, approximately 21 km NE of Los Andes, Valparaíso Region, Chile. It has been recorded between 2604

m (32°39'31"S – 70°28'46"W) and 3059 m a.s.l. (32°39'24"S – 70°28'01"W).

Etymology. The name of this species is a combination of “nigro”, from the Latin word “*niger*” (black) and “*dorsum*” (back). The specific epithet refers to the color pattern of the males.

This corrigendum is published in a journal with valid ISSN: 1852-5768.

Since the original description of *Liolaemus nigrodorsum* was published in another journal, an attempt was made to coordinate the publication of the corresponding nomenclatural correction through the original editorial venue. As no response was received within the necessary timeframe, and following the invitation of Dr. Sebastián Quinteros to regularize cases involving publications lacking a ZooBank LSID, this corrigendum is published herein in order to ensure compliance with the requirements of the International Code of Zoological Nomenclature. This action is intended solely to ensure the nomenclatural availability and priority of the species name, thereby contributing to taxonomic stability. The omission of the ZooBank LSID in the case of *Liolaemus nigrodorsum* represents an isolated technical oversight and does not affect the nomenclatural validity of the authors' previous taxonomic contributions, which were published in accordance with the applicable provisions of the International Code of Zoological Nomenclature.

Literature cited

Troncoso-Palacios, J. & Contreras, F. 2023. “A new species of the *Liolaemus nigroviridis* group from the Andes of Central Chile (Iguania: Liolaemidae)”. *Acta Zoológica Lilloana* 67: 233-259.

First record of melanism in *Tomodon dorsatus* (Duméril, Bibron & Duméril, 1854) (Serpentes: Dipsadidae: Tachymenini)

Eduarda V. Mata¹, Kailane C. Silva¹, Marcella D. A. Souza², Evandro D. M. Lucena³, Henrique C. Costa^{1,4}

¹ Laboratório de Herpetologia, Departamento de Zoologia, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Juiz de Fora, 36036-900, Juiz de Fora, Minas Gerais, Brazil.

² Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, Universidade Federal de Viçosa, 36570-900, Viçosa, Minas Gerais, Brazil.

³ Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista, 15054-000, São José do Rio Preto, São Paulo, Brazil.

⁴ Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação da Natureza, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Juiz de Fora, 36036-900, Juiz de Fora, Minas Gerais, Brazil.

Recibida: 26 Febrero 2026

Revisada: 28 Julio 2026

Aceptada: 21 Septiembre 2026

Editor Asociado: S. Quinzio

doi: 10.31017/CdH.2026.(2026-04)

ABSTRACT

Melanism, characterized by the excessive production of dark pigments, is a well-documented phenomenon in snakes, although its ecological and evolutionary causes remain poorly understood in Neotropical species. During curatorial work in the Herpetological Collection of the Universidade Federal de Juiz de Fora - Reptiles (CHUFJF), three melanistic specimens of *Tomodon dorsatus* collected between 2007 and 2009 in the municipality of Cristina, Minas Gerais, Brazil, were recorded. The specimens, all adult males, exhibited predominantly black body coloration with small whitish ventral areas. The presence of multiple records from the same locality suggests that melanism may be a recurrent and geographically restricted phenotype within this population. These data expand current knowledge of chromatic variation in the species and highlight the importance of population, ecological, and genetic studies to better understand the mechanisms and frequency of melanism in this group.

Key Words: Snakes; Phenotypic Variation; Scientific Collections; Pigmentation.

RESUMEN

El melanismo, caracterizado por la producción excesiva de pigmentos oscuros, es un fenómeno bien documentado en serpientes, aunque sus causas ecológicas y evolutivas permanecen poco comprendidas en especies neotropicales. Durante el trabajo curatorial en la Colección Herpetológica de la Universidade Federal de Juiz de Fora - Reptiles (CHUFJF) se registraron tres ejemplares melanísticos de *Tomodon dorsatus*, colectados entre 2007 y 2009 en el municipio de Cristina, Minas Gerais, Brasil. Los individuos examinados, todos machos adultos, presentaron una coloración corporal predominantemente negra, con pequeñas áreas ventrales blanquecinas. La presencia de múltiples registros de la misma localidad sugiere que el melanismo puede constituir un fenotipo recurrente y geográficamente restringido en esta población. Estos datos amplían el conocimiento sobre la variación cromática de la especie y destacan la importancia de estudios poblacionales, ecológicos y genéticos para comprender los mecanismos y la frecuencia del melanismo en este grupo.

Palabras claves: Serpientes; Variación Fenotípica; Colecciones Científicas; Pigmentación.

Melanism is defined by the excessive production and accumulation of dark pigments in the skin of animals, and may have genetic or environmental causes (Kettlewell, 1973; Majerus, 1998; True, 2003; Gilhen & Scott, 2014). In vertebrates, pigmentation is regulated by specialized cells known as chromatophores (Bechtel, 1978). Among ectothermic animals, chromatophores are classified into four types: melanophores, which synthesize melanin; erythrophores, which produce red pigments; xanthophores, responsible for yellow pigmentation; and iridophores, which reflect light to produce iridescent coloration (Bechtel, 1978; Rosenblum *et al.*, 2004; Kuriyama *et al.*, 2020). Phenotypically, melanism is expressed on a gradient that ranges from localized patterns of black pigment to the complete darkening of the body (True, 2003).

In snakes, melanism is a well-documented phenomenon, frequently associated with adaptive functions such as thermoregulation (Kettlewell, 1973; Bechtel, 1978; Gibson & Falls, 1979, 1988; Trullas *et al.*, 2007). Dark pigmentation enhances solar radiation absorption, allowing melanistic individuals to reach optimal body temperatures more quickly in cooler environments, thereby enabling extended activity periods and improved physiological performance (Trullas *et al.*, 2007), as proposed by the thermal melanism hypothesis (Bogert, 1949). However, Borteiro *et al.* (2021) suggest that aberrant hyperpigmentation does not seem to confer significant advantages for thermoregulation in Neotropical snakes, given its low frequency in diurnal terrestrial species. More recently, Sahlean *et al.* (2025) proposed that melanism in snakes should follow Gloger's rule (see Delhey *et al.*, 2019), according to which dark pigmentation tends to increase in more humid environments, possibly conferring advantages related to camouflage, since such environments are generally more shaded and densely vegetated.

Despite these hypotheses, the ecological and evolutionary factors underlying melanism in snakes remain poorly understood, with few ecological and physiological studies exploring its adaptive relevance. This gap is particularly evident among Neotropical snakes, given the high species richness (Roll *et al.*, 2017) and the contrast with studies carried out in other regions (Lorion *et al.*, 2008; Martínez-Freiria *et al.*, 2020; Storniolo *et al.*, 2023; Sahlean *et al.*, 2025), whose geoclimatic differences may impose distinct selective pressures on the expression of melanism. Therefore, occasional records

are important sources of data to support future studies of melanism.

During curatorial work in the Herpetological Collection of the Universidade Federal de Juiz de Fora - Reptiles (CHUFJF), we observed three melanistic specimens of the snake species *Tomodon dorsatus* (Duméril, Bibron & Duméril, 1854), collected by Alvaro F. B. Junqueira between 2007 and 2009 in the municipality of Cristina (22.21°S, 45.26°W), Minas Gerais, southeastern Brazil (Fig. 1; Tab. 1). *Tomodon dorsatus* is a South American Tachymenini snake species, whose distribution includes Brazil, Argentina, Paraguay, and Uruguay (Nogueira *et al.*, 2019). It is a diurnal, terrestrial species occurring in humid tropical forests and riparian woodlands, capable of adapting to areas that have undergone anthropogenic alteration (Bizerra, 1998; Marques *et al.*, 2001, 2019). In most specimens, the dorsum is yellowish olive-brown with small dark transverse blotches; a black postocular stripe extends obliquely to the mouth corner, and two dark bands on the posterior part of the head are separated by a pale median stripe; venter and tail are light olive to grayish with irregular dark blotches (Fig. 2) (Williams & Vera, 2023; Verrastro & Borges-Martins, 2025).

The melanistic specimens examined are adult males, exhibiting a predominantly black body coloration (Fig. 1). Specimens CHUFJF 1826 and CHUFJF 1829 show the gular region and the anterior third of the medial portion of the ventral scales as slightly whitish (Fig. 1B, D), whereas in specimen CHUFJF 1827 these areas are entirely white, extending as subtle whitish blotches to the cloacal region (Fig. 1D). The specimens exhibited similar scale count patterns (Tab. 2), with the loreal scale absent in CHUFJF 1826 and CHUFJF 1827 and present on the left side of the head in CHUFJF 1829. Although the absence of the loreal scale is considered a diagnostic character of *T. dorsatus*, its presence represents a morphological variation previously documented within the species (Abegg *et al.*, 2017).

The region of Cristina is characterized by remnants of Atlantic Forest and is located at about 1,025 meters above sea level, with an average annual temperature of 20.5 °C and average annual precipitation of 1,591 mm (Roldão *et al.*, 2012). The observation of three melanistic specimens of *T. dorsatus* from the same locality suggests the existence of a population with a relative frequency of melanistic individuals. Studies with other snake species indicate that some populations may present significant proportions

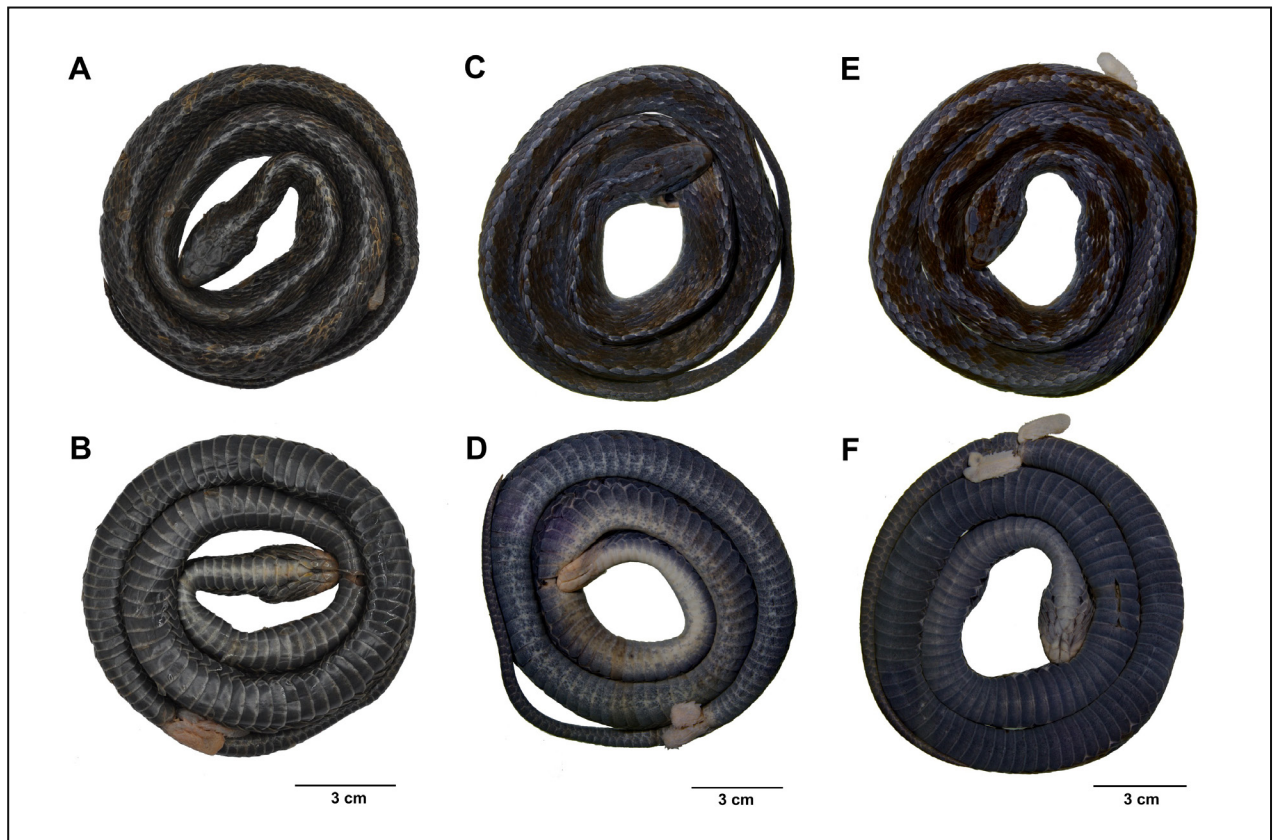


Figure 1. Adult male melanistics of *Tomodon dorsatus*. Specimens CHUFJF 1826 (dorsal A, ventral B), CHUFJF 1827 (dorsal C, ventral D), and CHUFJF 1829 (dorsal E, ventral F).

Table 1. Data on the three melanic specimens of *Tomodon dorsatus* from Cristina, Minas Gerais, Brazil. SVL = snout-vent length; TL = tail length.

Specimen	Sex	SVL (mm)	TL (mm)	Collection date
CHUFJF 1826	male	435	118	7 Nov. 2007
CHUFJF 1827	male	673	149	11 Sep. 2007
CHUFJF 1829	male	564	147	10 Sep. 2009

of individuals with this phenotype (Jablonski & Kautman, 2017; Storniolo *et al.*, 2023), as observed in *Natrix tessellata*, in which about 50% of the population of Lake Sevan, in Armenia, consists of melanistic individuals (Tuniyev *et al.*, 2011). Within the context of the tribe Tachymenini, Walker (1945), in his revision of the *Tachymenis chilensis* complex (currently *Galvarinus chilensis*), described a Chilean form characterized by a “great development of melanin” originally named *T. chilensis melanura*. This form was considered extremely localized, being known only from the vicinity of Máfil, in Valdivia Province, southern Chile, suggesting that, at least in specific micro-localities, melanism could cons-

titute a distinctive and geographically restricted phenotype.

The records presented here expand the knowledge of chromatic variation in *Tomodon dorsatus* and suggest that melanism in the population from the municipality of Cristina may represent a recurrent and localized phenotypic characteristic, as observed for the population of *Galvarinus chilensis* in southern Chile. Although the current data do not allow causal inferences, they indicate the need for future studies integrating population, ecological, and genetic approaches to better understand the mechanisms and expression of this phenotype in certain populations of Tachymenini species.



Figure 2. Adult *Tomodon dorsatus* in life, showing the typical non-melanistic coloration. Photograph by Tomaz Nascimento de Melo / iNaturalist [<https://www.inaturalist.org/observations/145350098>] / CC BY-NC-ND 4.0

Table 2. Scale count data for the three melanistic specimens of *Tomodon dorsatus*. Dorsal scale rows are given at the neck, midbody, and near the tail, respectively. Bilateral scale counts are given as right/left.

	CHUFJF 1826	CHUFJF 1827	CHUFJF 1829
Dorsal scale rows	17/17/15	17/17/15	17/17/15
Ventrals	137	139	136
Subcaudals	60	60	59
Supralabials	7/7	7/7	7/7
Infralabials	9/9	9/9	8/9
Preocular	1/1	1/1	1/1
Postocular	2/2	2/2	2/2
Loreal scale	Absent	Absent	Present on left side

Acknowledgments

EVM is a scholarship recipient, and KCS is a volunteer in a professional training program at Universidade Federal de Juiz de Fora (project TPA.25.1.18/0135). MDAS receives a Master's scholarship from Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), and EDML receives a PhD scholarship from Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

Literature cited

Abegg, A.D.; Entiauspe-Neto, O.M.; Ortiz, F.R.; Rosa, C.M. & Borges, L.M. 2017. Presence of loreal scale in *Tomodon*

dorsatus (Serpentes: Dipsadidae). *Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão (Nova série)* 39: 1-10.

Bechtel, H.B. 1978. Color and pattern in snakes (Reptilia, Serpentes). *Journal of Herpetology* 12: 521-535.

Bizerra, A. 1998. História natural de *Tomodon dorsatus* (Serpentes: Colubridae). Unpublished PhD thesis, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brazil.

Bizerra, A., Marques, O. & Sazima, I. 2005. Reproduction and feeding of the colubrid snake *Tomodon dorsatus* from south-eastern Brazil. *Amphibia-Reptilia* 26: 33-38.

Bogert, C.M. 1949. Thermoregulation in reptiles, a factor in evolution. *Evolution* 3: 195-211.

Borteiro, C.; Abegg, A.D.; Oda, F.H.; Cardozo, D.E.; Kolenc, F.; Etchandy, I. & Baldo, J.D. 2021. Aberrant colouration in wild snakes: case study in Neotropical taxa and a review of

- terminology. *Herpetology Notes* 14: 124-138.
- Delhey, K. 2019. A review of Gloger's rule, an ecogeographical rule of colour: definitions, interpretations and evidence. *Biological Reviews* 94: 1294-1316.
- Gibson, A.R. & Falls, J.B. 1979. Thermal biology of the common garter snake *Thamnophis sirtalis* (L.). II. The effects of melanism. *Oecologia* 43: 99-109.
- Gibson, A.R. & Falls, J.B. 1988. Melanism in the common garter snake: a Lake Erie phenomenon: 233-245. In: Downhower, J. E. (ed.), Lake Erie. Springer. New York.
- Gilhen, J. & Scott, F.W. 2014. Melanistic diversity in the Maritime gartersnake, *Thamnophis sirtalis pallidulus*, in Nova Scotia, Canada. *The Canadian Field-Naturalist* 128: 63-71.
- Jablonski, D. & Kautman, J. 2017. Melanism in *Natrix tessellata* (Serpentes: Colubridae) from Slovakia. *Herpetology Notes* 10: 173-175.
- Kettlewell, B. 1973. The evolution of melanism: the study of a recurring necessity. Clarendon Press. Oxford.
- Kuriyama, T.; Murakami, A.; Brandley, M. & Hasegawa, M. 2020. Blue, black, and stripes: evolution and development of color production and pattern formation in lizards and snakes. *Frontiers in Ecology and Evolution* 8: 1-14.
- Lorion, S.; Bonnet, X.; Brischoux, F. & De Crignis, M. 2008. Is melanism adaptive in sea kraits? *Amphibia-Reptilia* 29: 1-5.
- Majerus, M.E.N. 1998. Melanism: evolution in action. Oxford University Press. Oxford.
- Marques, O.A.V.; Eterovic, A. & Sazima, I. 2001. Serpentes da Mata Atlântica: guia ilustrado para a Serra do Mar. Holos. Ribeirão Preto.
- Marques, O.A.V.; Eterovic, A. & Sazima, I. 2019. Serpentes da Mata Atlântica: guia ilustrado para as florestas costeiras do Brasil. Ponto A. São Paulo.
- Martínez-Freiria, F.; Toyama, K.S.; Freitas, I. & Kaliontzopoulou, A. 2020. Thermal melanism explains macroevolutionary variation of dorsal pigmentation in Eurasian vipers. *Scientific Reports* 10: 16122.
- Nogueira, C.C.; Argôlo, A.J.S.; Arzamendia, V.; Azevedo, J.A.; Barbo, F.E.; Bérnils, R.S.; Bolochio, B.E.; Borges-Martins, M.; Brasil-Godinho, M.; Braz, H.; Buononato, M.A.; Cisneros-Heredia, D.F.; Colli, G.R.; Costa, H.C.; Franco, F.L.; Giraudo, A.; Gonzalez, R.C.; Guedes, T.; Hoogmoed, M.S. & Marques, O.A.V. 2019. Atlas of Brazilian snakes: verified point-locality maps to mitigate the Wallacean shortfall in a megadiverse snake fauna. *South American Journal of Herpetology* 14(Special Issue 1): 1-274.
- Roldão, A.F.; Santos, J.G. & Oliveira, L.A. 2012. Correlação entre variáveis climáticas (altitude, temperatura e precipitação) na mesorregião sul e sudoeste de Minas Gerais. *Revista Geonorte* 1: 515-525.
- Roll, U.; Feldman, A.; Novosolov, M.; Allison, A.; Bauer, A.M.; Bernard, R. & Meiri, S. 2017. The global distribution of tetrapods reveals a need for targeted reptile conservation. *Nature Ecology & Evolution* 1: 1677-1682.
- Rosenblum, E.B.; Hoekstra, H.E. & Nachman, M.W. 2004. Adaptive reptile color variation and the evolution of the Mc1r gene. *Evolution* 58: 1794-1808.
- Sahlean, T.C.; Martin, R.A.; Spaseni, P.; Gherghel, I. & Strugariu, A. 2025. Melanism in polymorphic terrestrial snakes: a meta-analysis and systematic review. *Journal of Biogeography* 52: 27-41.
- Storniolo, F.; Mangiacotti, M.; Zuffi, M.A.; Scali, S. & Sacchi, R. 2023. Large-scale phenotypic characterisation of *Hierophis viridiflavus* (Squamata: Serpentes): climatic and environmental drivers suggest the role of evolutionary processes in a polymorphic species. *Evolutionary Ecology* 37: 419-434.
- Trevine, V.C.; Grazziotin, F.G.; Giraudo, A.; Sallaberry-Pincheira, N.; Vianna, J.A. & Zaher, H. 2022. The systematics of Tachymenini (Serpentes: Dipsadidae): an updated classification based on molecular and morphological evidence. *Zoologica Scripta* 51: 643-663.
- True, J.R. 2003. Insect melanism: the molecules matter. *Trends in Ecology & Evolution* 18: 640-647.
- Trullas, S.C.; Van Wyk, J.H. & Spotila, J.R. 2007. Thermal melanism in ectotherms. *Journal of Thermal Biology* 32: 235-245.
- Tuniyev, B.; Tuniyev, S.; Kirschey, T. & Mebert, K. 2011. Notes on the dice snake, *Natrix tessellata*, from the Caucasian Isthmus. *Mertensiella* 18: 343-356.
- Verrastro, L. & Borges-Martins, M. 2025. Anfíbios e répteis do Pampa. TheMediaGroup. Rio Grande do Sul.
- Walker, W.F. 1945. A study of the snake *Tachymenis peruviana* Wiegmann and its allies. *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology* 96: 1-56.
- Williams, J.D.; Vera, D.G. & Povedano, H. 2023. Serpientes de la Argentina: guía completa. Editorial LBN. Buenos Aires.

New records of malformations of anuran limbs from Paraguay

Olivia Atlas Flores^{1,2}, Matthew Thomas Owen¹, Wendy Yael Kobrinsky¹, Melissa Morrisson^{1,3}, Paul Smith^{1,4}

¹ Fundación Para La Tierra, Centro IDEAL, Pilar, Dpto. Ñeembucú, Paraguay.

² Oregon State University, Oregon, USA.

³ Queen's University Belfast, Belfast, Northern Ireland.

⁴ FAUNA Paraguay, Encarnación, Paraguay.

Recibida: 20 Octubre 2025

Revisada: 10 Junio 2026

Aceptada: 10 Julio 2026

Editor Asociado: J. Goldberg

doi: 10.31017/CdH.2026.(2025-38)

ABSTRACT

Morphological abnormalities in anuran amphibians have been documented throughout South America. Here, we report on six individual anuran morphological abnormalities in five species (*Rhinella dorbignyi*, *Pseudis platensis*, *Chacophrys pierottii*, *Elachistocleis bicolor*, and *Physalaemus cuvieri*) from two Paraguayan departments (Ñeembucú and Boquerón). We briefly discuss potential implications of malformation of the limbs and associated causes, identifying avenues of future research on this topic in Paraguay.

Key Words: Amphibians; Abnormalities; South America.

Amphibians are widely recognized as ecological indicators due to their increased sensitivity to environmental stressors (Alford and Richards, 1999). Throughout their life cycle amphibians inhabit both aquatic and terrestrial habitats exposing their highly permeable skin to hazards in both environments (Blaustein and Johnson, 2003). Exposure to environmental hazards can leave anurans at a higher risk of developing morphological abnormalities which can be associated with impaired mobility, increased vulnerability and decreased overall fitness (Blaustein and Johnson, 2003). While the direct causes of morphological abnormalities differ by case, the

four main theories suggest exposure to: increased UV-B radiation (Spolyarich *et al.*, 2010), chemical pollutants (Loeffler *et al.*, 2001; Gardiner *et al.*, 2003), parasitic infection (Johnson *et al.*, 1999), and predation (Ballengée and Sessions, 2009; Reeves *et al.*, 2010). It is important to note that the appearance of an abnormality does not identify its cause and that more complex studies are required to determine the root causes of high levels of abnormalities in any given population (Meteyer, 2000).

Reports of malformations exist in South America from Argentina (Attademo *et al.*, 2005; Peltzer *et al.*, 2011; Agostini *et al.*, 2013; Guerra and

Aráoz, 2016), Brazil (Pedroso-Santos *et al.*, 2017; Silva-Soares *et al.*, 2017; Ascoli-Morrete *et al.*, 2019; Jorgewich-Cohen *et al.*, 2019; Carmo *et al.*, 2021; Diaz-Ricaurte *et al.*, 2025), Colombia (Zuluaga-Isaza *et al.*, 2017, Molina-Betancourt *et al.*, 2022), Venezuela (Barrio-Amorós *et al.*, 2010), Ecuador (Ramírez-Jaramillo, 2019; Figueroa-Coronel *et al.*, 2025), Paraguay (Brouard and Smith, 2014; Pett *et al.*, 2019) and Uruguay (Gobel *et al.*, 2022). In Paraguay, the most common documented abnormalities are Ectrodactyly (33%), Ectromelia (25%), and Brachydactyly (21%), (Table 1).

In this study, we report morphological abnormalities of the limbs in five anuran species from Paraguay: *Rhinella dorbignyi* (Duméril and Bibron, 1841); *Pseudis platensis*, Gallardo, 1961; *Chacophrys pierottii* (Vellard, 1948); *Elachistocleis bicolor* (Guérin-Méneville, 1838); and *Physalaemus cuvieri* (Fitzinger, 1826). Individuals with limb abnormalities were collected from Ñeembucú department and observed in Boquerón department of Paraguay. Specimen examinations were based on external observation under an AmScope SZM stereo microscope. All collected individuals were euthanized according to Simmons (2002) and deposited in the Colección Zoológica de Para La Tierra (CZPLT) registered by the Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADES). Our classification of abnormalities follows Meteyer (2000) and Henle *et al.*, (2017); (Table 1).

Rhinella dorbignyi (Bufonidae): CZPLT-H 2559 10th of July, 2024 Estancia Santa Ana, Ñeembucú department (26.85238, 58.04756). Ectromelia of the tibiae fibulare on the left hindlimb (Fig. 1A). CZPLT-H 2278 25th of August, 2021 Estancia Santa Ana, Ñeembucú department (-26.841990, -58.029140). Hemimelia with only the basal extension of the tibiofibula present on the left forelimb with ectrodactyly of 4 digits and brachydactyly of the one remaining digit (Fig. 1B).

Pseudis platensis (Hylidae): CZPLT-H 2175 4th of June, 2021 Yegros Paso, Ñeembucú department

(-26.864994, -58.274092). Ectromelia of the tibiae and fibulare on the right hindlimb (Fig. 1C).

Chacophrys pierottii (Ceratophryidae): 23rd of November, 2023 Fortin Toledo, Bonquerón department (-22.3538092, -60.3405092). An individual photographed with ectromelia of the tibiae and fibulare on the left hindlimb (Fig. 1D).

Elachistocleis bicolor (Microhylidae): CZPLT-H 1591 22nd of September, 2023 off Ruta IV near Pilar, Ñeembucú department (26.84991, 58.22940). The individual pictured has tarsal antroversion as well as Ectrodactyly of 2 missing digits and brachydactyly on its remaining 3 shortened digits (Fig. 1E).

Physalaemus cuvieri (Leptodactylidae): CZPLT-H 2675 23rd of August, 2025 Yegros Paso, Ñeembucú department (-58.272785, -26.865158). Brachydactyly of the left hindlimb with 5 metatarsal bones present but shortened (Fig. 1F).

These are the first records of morphological abnormalities for *R. dorbignyi*, *P. platensis*, *P. cuvieri*, and *C. pierottii* and increase the number of cases documented within two Paraguayan departments (Fig. 2). The only previously published records within these departments were of *Rhinella dypticha* and *Leptodactylus latrans* from Ñeembucú department and *Elachistocleis haroi* from Boquerón department (Pett *et al.*, 2019). Previously published records of *E. bicolor* from Paraguay were from San Pedro department, where a low frequency of abnormalities within the area was noted (Brouard and Smith, 2014).

Increasing anthropogenic land use in Paraguay has disrupted ecosystem services (Pavetti and Saito, 2012), diminishing habitat quality and leaving amphibians more susceptible to environmental hazards. Assessing amphibian populations within the remaining disturbed and natural ecosystems can determine the impact on their developmental patterns. However, amphibian malformations are often observed long after the developmental disruption occurred (Meteyer, 2000), making it difficult to attribute them to a single cause. Although environmental hazards such as pesticide runoff and

Table 1. Classification and description of morphological abnormalities observed in this paper, adapted from Meteyer (2000) and Henle *et al.*, (2017).

Condition	Description
Brachydactyly	Abnormal shortness of one or more digits
Ectrodactyly	Complete absence of one or more digits
Ectromelia	Complete absence of one or more bones
Hemimelia	Shortness of the bone with the distal limb and foot present



Figure 1. Photographs of individual anurans with morphological abnormalities, A) *Rhinella dorbignyi* CZPLT-H 2278 (hemimelia of the left forelimb) B) *Rhinella dorbignyi* CZPLT-H 2559 (ectromelia of the left hindlimb), C) *Pseudis platensis* CZPLT-H 2175 (ectromelia of the right hindlimb), D) *Chacophrys pierottii* (ectromelia of the left hindlimb), E) *Elachistocleis bicolor* CZPLT-H 1591 (tarsal antroversion, ectrodactyly and brachydactyly of the right hindlimb), F) *Physalaemus cuvieri* CZPLT-H 2675 (brachydactyly of the left hindlimb). Photographs taken by: A, B, C (Fundación Para La Tierra), D (Paul Smith), E, F (Matthew Owen)

shifts in land use practices (Alford and Richards, 1999) are frequently implicated, other issues including parasitic trematodes and ultraviolet radiation (Blaustein and Johnson, 2003) may also contribute to such abnormalities. A population is considered to be healthy when the occurrence of abnormalities is below 5% (Blaustein and Johnson, 2003). Although reports in Paraguay have not documented levels

exceeding this threshold, there is room to evaluate the causation and relationship of these abnormalities with environmental stressors.

Acknowledgments

The authors are grateful to CCCI for permission to work at Fortín Toledo and Don Barrios for authorization to conduct research at Estancia Santa Ana.

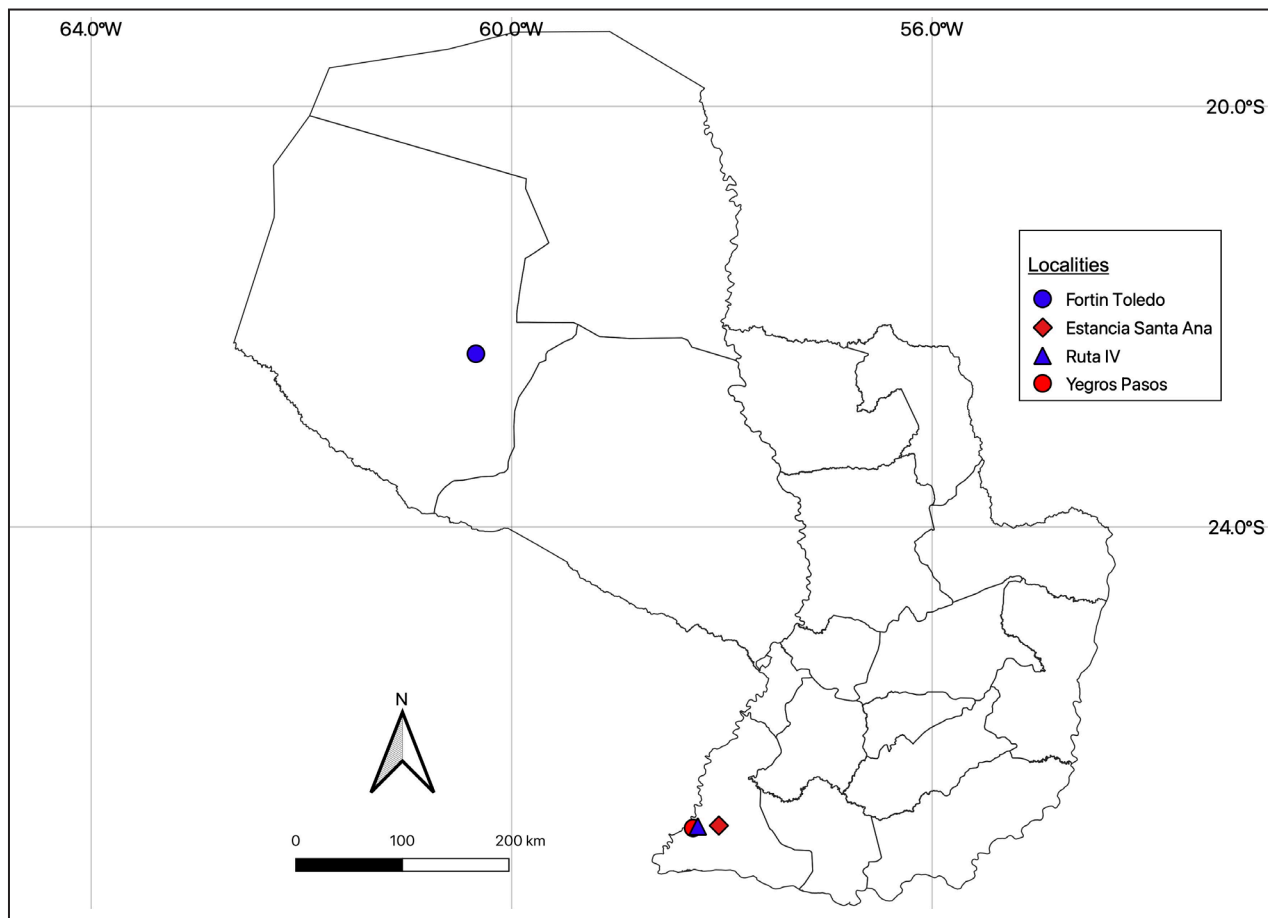


Figure 2. Geographical localities of morphological abnormalities recorded in this paper. Blue circle: Fortín Toledo (*C. pierottii*), Red Circle: Yegros Paso (*P. platensis*, *P. cuvieri*), Blue Triangle: Ruta IV (*E. bicolor*), Red Square: Estancia Santa Ana (*R. dorbignyi*).

Fundación Para La Tierra is grateful to the estate of Don Julio Contreras for their continuing support. PS is grateful to the SISNI program of CONACyT Paraguay.

Literature cited

- Agostini, M.G.; Kacolicis, F.; Demetrio, P.; Natale, G.S.; Bonetto, C. & Ronco, A.E. 2013. Abnormalities in amphibian populations inhabiting agroecosystems in northeastern Buenos Aires Province, Argentina. *Diseases of Aquatic Organisms*. 104: 163-171
- Alford, R.A. & Richards, S.J. 1999. Global amphibian declines: a problem in applied ecology. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 30: 133-165
- Ascoli-Morrete, T.; Signor, E.; Santos-Pereira, M. & Zanella, N. 2019. Morphological abnormalities in anurans from southern Brazil. *Austral Ecology*. 44: 1025-1029
- Attademo, A.M.; Peltzer, P.M. & Lajmanovich, R.C. 2005. Amphibians occurring in soybean and implications for biological control in Argentina. *Agriculture, Ecosystems and Environments*. 106: 389-394
- Ballengée, B. & Sessions, S.K. 2009. Explanations for missing limbs in deformed amphibians. *Journal of Experimental Zoology (Mol. Dev. Evol.)* 312: 1-10
- Barrio-Amorós, C.L.; Rivas, G.A.; Molina, C.; Santos, J.C.; Kaiser, H. 2010. Intraspecific variation in the endangered frog *Mannophryne riveroi* (Anura, Dendrobatidae, Aromobatinae), with comments on coloration and natural history. *Herpetological Notes* 3: 151-160.
- Blaustein, A.R. & Johnson, P.T. 2003. The complexity of deformed amphibians. *Frontiers in Ecology and the Environment*. 1: 87-94
- Brouard, J.P. & Smith, P. 2014. *Elachistocleis bicolor* (Amphibia: Anura: Microhylidae) and *Eupemphix nattereri* (Amphibia: Anura: Leuiperidae): Morphological abnormalities from Reserva Natural Laguna Blanca, Paraguay. *Herpetología Brasileira*. 3: 85-87
- Carmo, L.F.; Guimarães, S.O.; Miguel, I.R.; Pinna, P.H.; Fernandes, D.S. & Woitovich-Cardoso, M. 2021. High prevalence of anomalies in *Nyctimantis brunoi* (Anura: Hylidae) from a restinga protected area in southeastern Brazil. *Phyllomedusa*. 20: 165-179
- Díaz-Ricuarte, J.C.; Vieira-Alencar, J.P.S.; Golnich, M.P.; Navarro-Morales, A. & Martins, M. 2025. Frogs with faulty feet: hindlimb anomalies in the Lesser Escuerzo Toad, *Odontophrynus reigi* (Rosset *et al.* 2021), and the Muller's Termite Frog, *Dermatonotus muelleri* (Boettger, 1885), in the Brazilian Cerrado. *Herpetology Notes*. 18: 93-98
- Figuroa-Coronel, E.; Tietge, M. & Peñaherrera-R, P. 2025.

- First Report of Limb Abnormalities in the Mashpi Stream Frog, *Hyloscirtus mashpi* (Anura: Hylidae). *Reptiles and Amphibians*. 32: e23093.
- Gardiner, D.; Ndayibagira, A.; Grün, F. & Blumberg, B. 2003. Deformed frogs and environmental retinoids. *Pure and Applied Chemistry*. 75: 2263-2273
- Gobel, N.; Laufer, G.; Kacevas, N.; Carabio, M.; Merni, R.; Rosano, A.; Mendieta, F.; Pineda, G. & Bergós, F. 2022. Morphological abnormalities in amphibians in and adjacent to Esteros de Farrapos e Islas del Río Uruguay National Park, Uruguay. *Herpetological Conservation and Biology*. 17: 573-581
- Guerra, C. & Araújo, E. 2016. Amphibian malformations and body condition across an agricultural landscape of northwest Argentina. *Diseases of Aquatic Organisms*. 121: 105-116
- Henle, K.; Dubois, A. & Vershinin, V. 2017. A review of anomalies in natural populations of amphibians and their potential causes. *Mertensiella*. 25: 57-164
- Johnson, P.T.J.; Lunde, K.B.; Ritchie, E.G. & Launer, A.E. 1999. The effect of trematode infection on amphibian limb development and survivorship. *Science*. 284: 802-804
- Jorgewich-Cohen, G.; Cavalcanti, I.R.S. & André, Kanasiro. 2019. Abnormalities in hylid frogs: a case study of schizodactyly in the striped snouted tree frog, *Scinax squalirostris* (Lutz, 1925) (Amphibia: Anura: Hylidae). *Herpetology Notes*. 12: 1015-1018
- Loeffler, K.; Stocum, D.L.; Fallon, J.F. & Meteyer, C.U. 2001. Leaping lopsided: a review of the current hypotheses regarding etiologies of limb malformations in frogs. *The Anatomical Record*. 265: 228-245
- Meteyer, C.U. 2000. Field guide to malformations of frogs and toads with radiographic interpretations. U.S. Geological Survey BSR 2000-0005, 20p, <https://pubs.er.usgs.gov/publication/53882>
- Molina-Betancourt, K.J.; Serna-Botero, V. & Marín-Martínez, M. 2022. New records of limb malformations in the endemic Palm Rocket Frog, *Rheobates palmatus* (Anura: Aromobatidae), from Colombia. 2022. *Herpetology Notes*. 15: 229-232
- Pavetti, A. & Saito, O. 2012. Changes in land use and ecosystem services in Paraguay. *Proceedings of Annual Meeting of Environmental Systems Research*. 40: 331-337
- Pedroso-Santos, F.; Sanches, P.; de Sousa, J. & Costa-Campos, E. 2017. Morphological abnormality in *Leptodactylus podicipinus* (Cope, 1862) (Anura: Leptodactylidae) in an urban area of north Brazil, Eastern Amazon. *Boletín Asociación Herpetológica Española* 28: 70-72
- Peltzer, P.; Lajmanovich, R.; Sanchez, L.; Attademo, A.; Junges, C.; Bionda, C.; Martino, A.L. & Basso, A. 2011. Morphological abnormalities in amphibian populations from the mid- eastern region of Argentina. *Herpetológica Conservation and Biology*. 6: 432-442
- Pett, B.L.; Sarvary, J.; Davis, H-P.; Smith, P. & Atkinson, K. 2019. Records of morphological abnormalities of Anuran limbs from Paraguay. *Cuaderno de Herpetología*. 33: 79-82
- Ramírez-Jaramillo, S.M. 2019. First report on the presence of malformations in seven species of frogs (Amphibia, Anura) of tropical rainforest in Ecuador. *Latin American Journal of Herpetology* 2: 34-40
- Reeves, M.K.; Jensen, P.; Dolph, C.L.; Holyoak, M. & Trust, K.A. 2010. Multiple stressors and the cause of amphibian abnormalities. *Ecological Monographs*. 80: 423-440
- Silva-Soares, T. & Mônico, A. 2017. Hind Limb malformation in the tree frog *Corythomantis greeningi* (Anura: Hylidae). *Phyllomedusa: Journal of Herpetology* 16: 117-120
- Simmons, J.E. 2002. Herpetological collecting and collections management. Revised Edition. Herpetological Circulars. Society for the Study of Amphibians and Reptiles, Salt Lake City, Utah.
- Spolyarich, N.; Hyne, R.V.; Wilson, S.P.; Palmer, C.G. & Byrne, M. 2011. Morphological abnormalities in frogs from a rice-growing region in NSW, Australia, with investigations into pesticide exposure. *Environmental Monitoring and Assessment*. 172: 397-407
- Zuluaga-Isaza, J.C.; Marín-Martínez, M.; Díaz-Ayala, R.F.; Rojas-Morales, J.A. & Ramírez-Castaño, V.A. 2017. First records of limb malformations in a cane toad, *Rhinella marina* (Anura: Bufonidae), and a Palm Rocket Frog, *Rheobates palmatus* (Anura: Aromobatidae), from Colombia. *IRCF Reptiles & Amphibians*. 24: 132-134

Extensión de distribución de *Leptodactylus macrosternum* Miranda-Ribeiro, 1926 (Anura: Leptodactylidae) al Departamento de Río Negro, República Oriental del Uruguay

Sebastián Gómez Barboza¹

¹ Oh Uruguay. Reconquista 410 - apto 1104. CP 11.000, Montevideo, Uruguay.

Localidad.– Puerto Viejo, Departamento de Río Negro (32°38'15" S, 58°08'49" W, 8 m altitud). Colector: S. Gómez-Barboza, H. Vargas. Un ejemplar hembra adulto de 8,7 cm de longitud hocico-cloaca, fue colectado el 25 de octubre de 2025, en una zona de camping, próximo a la costa del Río Uruguay (Fig. 1); se encuentra depositado en la colección herpetológica del Museo Nacional de Historia Natural de Montevideo (MNHN 10001).

Comentarios.– *Leptodactylus macrosternum* (Miranda-Ribeiro, 1926) está ampliamente distribuida en el centro-este de Sudamérica (Magalhães *et al.*, 2020). Al momento de este trabajo la distribución conocida para la especie en Uruguay se limita al extremo noroeste, en los límites más australes de su distribución. Fue confirmada su presencia para este país por Vaz-Ferreira *et al.* (1984), en los Departamentos de Artigas y Salto. Posteriormente Núñez *et al.* (2004) agregan unas pocas localidades muy cercanas. La nueva localidad extiende la distribución conocida en el país aproximadamente 139 km hacia el sur, sobre la planicie del Río Uruguay. Si bien la herpetofauna característica del noroeste de Uruguay ha sido históricamente poco estudiada, se han sugerido fenómenos de expansión reciente hacia el sur; de varias especies de anfibios de la misma como *Scinax nasicus* y *Dendropsophus nanus* (Laufer *et al.*, 2021). El presente hallazgo sugiere que muy probablemente también sea el caso de *L. macrosternum*, extendiéndose hacia el sur, si bien el Río Uruguay no constituye una barrera relevante para especies de anfibios que habitan la margen occidental del mismo (Gudynas, 1984; Rodríguez de Almeida *et al.*, 2025). La extensión de la distribución de *L. macrosternum* en Uruguay refuerza el criterio de considerar a la especie a nivel local como Preocupación menor (Carreira & Maneyro, 2015).

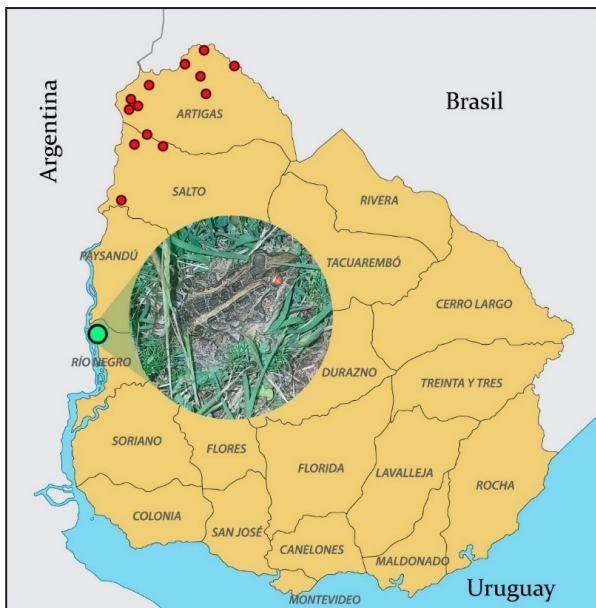


Figura 1. Localidades conocidas de *Leptodactylus macrosternum* en Uruguay. Las localidades previamente conocidas en los Departamentos de Artigas y Salto se indican en rojo, en base a Núñez *et al.* (2004). El registro inédito de la localidad Puerto Viejo, Departamento de Río Negro se señala en color verde junto a la foto *in situ* del ejemplar colectado (MNHN 10001).

Agradecimientos

A Hernán Vargas por su apoyo durante las salidas de campo en Río Negro y a Sebastián Ferreira por la confección del mapa.

Literatura citada

- Carreira, S. & Maneyro, R. 2015. Lista Roja de los Anfibios y Reptiles del Uruguay. Una evaluación del estado de conservación de la herpetofauna de Uruguay sobre la base de los criterios de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. Dirección Nacional de Medio Ambiente, Montevideo.
- Gudynas, E. 1984. Sobre el Río Uruguay como barrera biogeográfica para anfibios, y la significación de la presencia de *Leptodactylus chaquensis* Ceí, 1950 (Anura, Leptodactylidae) en el Uruguay. *Boletín de la Sociedad Zoológica del Uruguay* (2ª época) 2: 78-89.
- Laufer, G., Gobel, N., Kacevas, N., Lado, I., Cortizas, S., Carabio, M., Arrieta, D., Prigioni, C., Borteiro, C. & Kolenc, F. 2021. Updating the distributions of four Uruguayan hylids (Anura: Hylidae): recent expansions or lack of sampling effort? *Amphibian & Reptile Conservation* 15: 1-10.
- Magalhães, F.M., Lyra, M.L., Carvalho, T.R., Baldo, D., Brusquetti, F., Burella, P., Colli, G.R., Gehara, M.C., Giaretta, A.A., Haddad, C.F.B., Langone, J.A., López, J.A., Napoli, M.F., Santana, D.J., de Sá, R.O. & Garda, A. 2020. Taxonomic review of South American Butter frogs: phylogeny, geographic patterns, and species delimitation in the *Leptodactylus latrans* species group (Anura: Leptodactylidae) *Herpetological Monographs* 34: 131-177.
- Núñez, D., Maneyro, R., Langone, J. & de Sá, R.O. 2004. Distribución geográfica de la fauna de anfibios del Uruguay. *Smithsonian Herpetological Information Service* 134: 1-34.
- Rodríguez de Almeida, G., Gómez Barboza Silveira, S., Gonzalo Rodríguez, G. Barrasso, D.A., Borteiro, C. & Kolenc, F. 2025. A new addition to the frog fauna of Uruguay, *Physalaemus cristinae* Cardozo et al., 2023 (Anura, Leptodactylidae). *Cuadernos de Herpetología* 39: 47-53.
- Vaz-Ferreira, R., de Sá, R., Achaval, F. & Gehrau, A. 1984. *Leptodactylus podicipinus* (Cope, 1862) y *Leptodactylus chaquensis* Ceí, 1950 (Anura, Leptodactylidae), en el Uruguay. *Boletín de la Sociedad Zoológica del Uruguay* (2ª época) 2: 72-77.

Recibida: 09 Abril 2026
Revisada: 02 Julio 2026
Aceptada: 10 Agosto 2026
Editor Asociado: C. Borteiro

doi: 10.31017/CdH.2026.(2026-19)

© 2026 por los autores, licencia otorgada a la Asociación Herpetológica Argentina. Este artículo es de acceso abierto y distribuido bajo los términos y condiciones de una licencia Atribución-No Comercial 4.0 Internacional de Creative Commons. Para ver una copia de esta licencia, visite <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

Atractus nigricaudus Schmidt & Walker, 1943 (Squamata: Dipsadidae) first record from Bolivia

Oliver Quinteros-Muñoz^{1,2}, Pedro Gómez-Murillo¹

¹ Museo de Historia Natural Alcide d'Orbigny, Casilla 843, Cochabamba, Bolivia.

² Centro de Investigación y Conservación de Anfibios Amenazados de Bolivia – K'ayra, Cochabamba, Bolivia.

Locality. – Bolivia, Cochabamba, Carrasco National Park, Sehuencas, (-17.446544° ; -65.270047° , 2100 m a.s.l., Fig. 1). An adult female of *Atractus nigricaudus* (Fig. 2), was registered and collected (MHNC-R 3251). The specimen was found dead among the leaf litter near on an unpaved road adjacent to a

mature secondary mountain forest in the Yungas ecoregion by Jorge Espinoza on December 2024. The specimen was collected under permit MMA-YANMABCCGDF/DGBAP/MEG N° 0053/2019 issued by Ministerio de Medio Ambiente y Aguas and deposited in the herpetological collection of

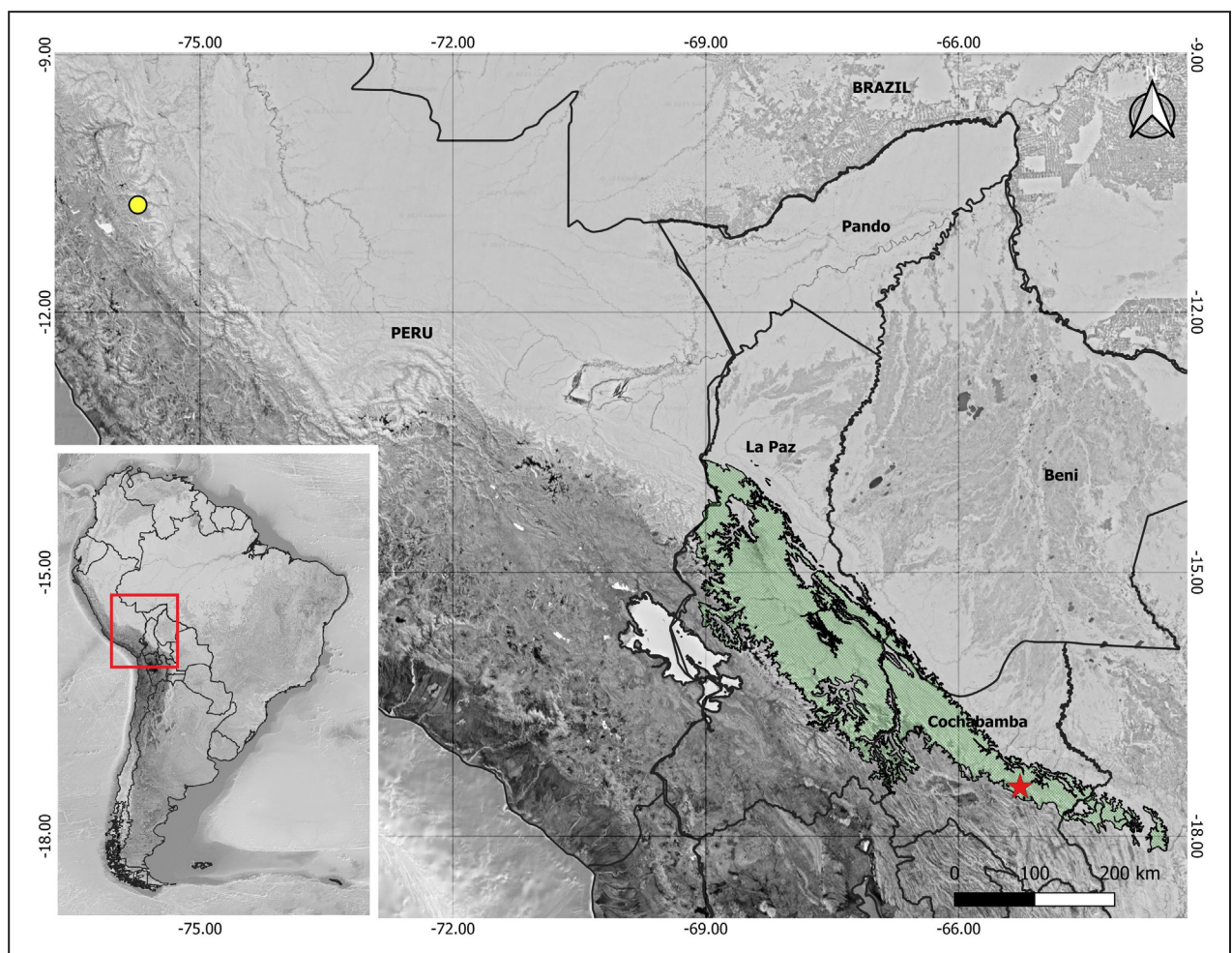


Figure 1. Geographic distribution of *Atractus nigricaudus*. Yellow circle represents the previously known distribution in Peru according Schmidt & Walker (1943) and Aguilar (2017). Red star corresponds the new record (MHNC-R 3251) in Cochabamba, Bolivia for the Yungas ecoregion (green cross line).

the Museo de Historia Natural Alcide d'Orbigny (MHNC-R), Cochabamba, Bolivia.

Comments. - The complex and diverse genus of neotropical snakes *Atractus* Wagler 1828, is composed of more than 150 species, distributed from Panama to Argentina (Myers, 2003; Passos *et al.*, 2013; Melo-Sampaio *et al.*, 2021; Uetz *et al.*, 2025; Esqueda *et al.*, 2025). However, many species remain known only from their type series or from geographically restricted regions (Passos *et al.*, 2019). This is do as the cryptic habits of these types of snakes limit their knowledge in the literature and scientific collections

(Silva, 2004). In Bolivia, 8 species are recognized (Gómez-Murillo *et al.*, 2025): *A. albuquerquei* Cunha & Nascimento, 1983; *A. bocki* Werner, 1909; *A. elaps* (Günther, 1858); *A. emmeli* (Boettger, 1888); *A. latifrons* (Günther, 1868); *A. major* Boulenger, 1894; *A. snethlageae* Cunha & Nascimento, 1983; and *A. torquatus* (Duméril *et al.*, 1854).

Atractus nigricaudus Schmidt & Walker, 1943 is a species categorized as Least Concern by the IUCN (Aguilar, 2017). This species is known only from the type locality: Huachon, in the upper part of the Paucartambo valley, Cerro de Pasco, Junín, Peru



Figure 2. Female specimen (MHNC-R 3251) of *Atractus nigricaudus* in preservative, from Sehuencas Carrasco National Park, Cochabamba, Bolivia. Left: lateral (top), dorsal (middle) and ventral (bottom) views of head. Right dorsal (top) and ventral (bottom) views of body. Scale bar (head only) = 10 mm.

(Schmidt & Walker, 1943; Aguilar, 2017). It is a very poorly known species, so new information about it is of great importance, through which conservation actions can be established.

During the review of the snake's collection from the Yungas ecoregion housed in the herpetological collection of the Museo de Historia Natural Alcide d'Orbigny, Cochabamba, Bolivia, we found an adult specimen of *Atractus nigricaudus* collected in December 2024. Here we describe the presence of *A. nigricaudus* for the first time in Bolivia. This record extends its geographic distribution more than 1350 km southeast of its nearest recorded locality in Peru and we provide an updated distribution map for this species.

The voucher specimen (MHNC-R 3251, Fig. 2) was deposited in the herpetological collection at the Museo de Historia Natural Alcide d'Orbigny in Cochabamba, Bolivia. The specimen was identified using the descriptions of Schmidt & Walker (1943), Rivera-González (2009) and the photographs of the holotype (MCZ 45909, Fig. 3) available in the database of the Museum of Comparative Zoology at Harvard University (MCZ). Morphological terminology and abbreviations of the morphometric traits follow Melo-Sampaio *et al.* (2021). To provide an updated distribution of this species, we checked data on the presence of *Atractus nigricaudus* from the literature (Schmidt & Walker, 1943; Aguilar, 2017). The final map of the currently known distribution of the species was built on cartographic information from the IUCN (Aguilar, 2017).

We identified this specimen as *A. nigricaudus* using the following characteristics according to Schmidt & Walker (1943): (1) small ground snake with a moderately stout body (SVL=480 mm, TL=561 mm), a small head barely distinguishable from the neck, and a short tail; (2) maxillary teeth 8; (3) postoculars 2; (4) temporals 1+2; (5) supralabials 6, the third and fourth entering the eye; (6) infralabials 7, the first four in contact with the single pair of chin shields; (7) dorsal scales 17-17-17; (8) ventrals 156; (9) cloacal plate single; (10) subcaudals 26; (11) dorsal background brown with black-marked scales; vertebral line black and two faint lateral lines on each side converging into one on the tail; (12) head brown, mottled black, with a longitudinal black stripe through the eye and a transverse one on the nape; (13) venter coloration yellowish, mottled black, and on each side a faint row of discontinuous stripes along its entire length; (14) tail mottled black with dark edges to the scales. Meristic

characters of the specimens of *Atractus nigricaudus* from Peru and Bolivia are in Table 1.

Rivera-González (2009) presents a comparative information on *Atractus nigricaudus* and *Atractus pausiscutatus*, very similar species whose distribution is very close (approximately 50 km apart) and both described by Schmidt & Walker (1943). *Atractus pausiscutatus*, the holotype was found in Carpapata, Junin, and *Atractus nigricaudus* with type locality in Huachón, Pasco. Although the author finds the same differences as Schmidt & Walker (1943), between the number of ventral scales, ventral coloration, and the relationship between the size of the frontal scale and the distance of that scale from the tip of the snout, these identified characters do not offer significant differences to separate these two species. Thus, only the presence of *Atractus nigricaudus* is recognized for Peru, and this species is also valid for the present comparison.

The record presented here of *Atractus nigricaudus* is of special interest for taxonomic and conservation issues. The specimen identified as *A. nigricaudus* from Sehuenas in Bolivia confirms the presence of this species in the country and extends the geographical distribution of this snake approximately 1350 km southeast of the nearest locality in Huachon, Peru (Schmidt & Walker, 1943; Aguilar, 2017). The Bolivian record of *A. nigricaudus* shows that the species has an even wider distribution. It is also possible that it is uncommon or rare in Bolivia. This record also confirms that the species inhabits the Yungas of Bolivia. According to Quinteros-Muñoz *et al.* (2022), these types of forests (Yungas) play a very important role, as they act as a "green corridor" between Peruvian Yungas and the Yungas of Bolivia, thus allowing the dispersal of this species to the more southern habitats of South America.

Atractus nigricaudus is a species with restricted distribution and is only known from its type locality in Peru (Schmidt & Walker, 1943; Aguilar, 2017) (Fig. 1). We name the Bolivian population presented here *Atractus nigricaudus*; however, to better understand and clarify the status of the species and its possible "geographic variation" from a geographically distant population, a detailed integrative and molecular approach is necessary.

Finally, this record, housed in a museum, highlights the importance of repositories such as scientific collections. They are of great importance as they contribute to the exchange and increase of scientific knowledge and, much more importantly,



Figure 3. In preservative, holotype MCZ 45909 of *Atractus nigricaudus* Schmidt & Walker, 1943 collected in Peru. Left: dorsal (top and bottom) views of body. Right lateral (top), dorsal (middle) and ventral (bottom) views of head. © President and Fellows of Harvard College (licensed under <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>).

serve as custodians of timeless treasures that are part of our natural heritage (Koch *et al.*, 2019).

Acknowledgments

We thank to the Carrasco National Park and its

park rangers for their invaluable work to benefit the conservation of our biological wealth. D. Barrozo, R. Carpio and E. Pérez for their constant support during fieldwork. We also thank L. F. Esqueda for his help with species identification and the and the

Table 3. Meristic characters of the specimens of *Atractus nigricaudus*: Holotype (MCZ45909) from Peru and the new record (MHNC-R 3251) from Bolivia.

	Holotype: MCZ 45909	MHNC-R 3251
Sex	Female	Female
DSR	17-17-17	17-17-17
SVL	335	480
TL	367	561
TTL	32	81
Postoculars	2	2
Temporals	1-2	1-2
Ventrals	157	156
Subcaudals	19	26
Supralabials (SL)	7	6
SL contact the orbit	third and fourth	third and fourth
Infralabials (IL)	7	7
IL contact first pairs of chin-shields	first four	first four
Maxillary teeth	-	8
Anal plate	single	single

anonymous revisors for critically reading and commenting on this manuscript.

Literature cited

- Aguilar, C. 2017. *Atractus nigricaudus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2017: e.T48617406A48617418. S.T48617406A48617418.en. Accessed on 23 July 2025.
- Esqueda, L.F.; Rojas-Runjaic, F.J.; Prudente, A.; Bazó, S.; Navarrete, L.F.; Carmargo-Sillet, E.; Ortiz, J.C.; Correa, C.; Guerrero, P. & Urrea, F. 2025. A first phylogenetic and taxonomic approach to sleepyhead snakes from Venezuela (Dipsadidae: Atractus), with the description of two new Andean species. *Organisms Diversity & Evolution* 25: 1-37.
- Gómez-Murillo, P.; Quinteros-Muñoz, O.; Domic, E.; Camacho, T.; Rojas-Estrada, R.; Arellano-Martín, I.; Aguayo, R.; Gonzales, L.; Esqueda, L.F.; Urdiales, C.; Lizarro, D.E.; Cortez, E.; Ocampo, M.; Reichle, S.; Jiménez-Robles, O.; Carpio, R.; Entiauspe-Neto, O.M.; Rivas, L.R.; Llobet, A.; Miranda-Calle, A.B.; Aguilar-Kirigin, A.J. & De la Riva, I. 2025. Catalogue of the reptiles (Reptilia) of Bolivia: Checklist, distribution and literature. *Cuadernos de Herpetología* 39 (Suppl. 1): 2-185.
- Harvard University, Museum of Comparative Zoology. 2018. MCZbase, Museum of Comparative Zoology, Harvard University. Occurrence Dataset. <http://digir.mcz.harvard.edu/ipt/resource?r=mczbase>.
- Koch, C.; Martins, A. & Schweiger, S. 2019. A century of waiting: description of a new *Epictia* Gray, 1845 (Serpentes: Leptotyphlopidae) based on specimens housed for more than 100 years in the collection of the Natural History Museum Vienna (NMW). *PeerJ* 7: e7411.
- Melo-Sampaio, P.R.; Passos, P.; Prudente, A.L.C.; Venegas, P.J. & Torres-Carvajal, O. 2021. Systematic review of the polychromatic ground snakes *Atractus snethlageae* complex reveals four new species from threatened environments. *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research* 59: 718-747.
- Myers, C.W. 2003. Rare snakes—five new species from eastern Panama: reviews of northern *Atractus* and southern *Geophis* (Colubridae: Dipsadinae). *American Museum Novitates* 3391: 1-47.
- Passos, P.; Kok, P.J.R.; Albuquerque, N.R. & Rivas, G. 2013. Groundsnakes of the Lost World: a review of *Atractus* (Serpentes: Dipsadidae) from the Pantepui region, northern South America. *Herpetological Monographs* 27:52-86.
- Passos, P.; Scanferla, A.; Melo-Sampaio, P.R.; Brito, J. & Almendáriz, A. 2019. A giant on the ground: another large-bodied *Atractus* (Serpentes: Dipsadinae) from Ecuadorian Andes, with comments on the dietary specializations of the goo-eaters snakes. *Anais Da Academia Brasileira De Ciências* 91: e20170976.
- Quinteros-Muñoz, O.; Carpio, R.; Pérez, E. & Gómez-Murillo, P. 2022. First formal evidence and distribution extension of *Erythrolamprus macrosomus* (Amaral, 1936) (Serpentes: Dipsadidae) in Bolivia. *Holotipus revista di zoologia sistematica e tassonomia* III(2): 23-30.
- Rivera-González, D.E. 2009. Estudio comparativo entre especies del género *Atractus* (Colubridae: Dipsadinae) del Perú: análisis de sus relaciones fenéticas utilizando caracteres de la morfología externa, morfometría y merística. Escuela Académico Profesional de Ciencias Biológicas. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Schmidt, K.P. & Walker, W.F. 1943. Three new snakes from the Peruvian Andes. *Zoological Series of Field Museum of Natural History Chicago* 24: 297-327.

O. Quinteros-Muñoz & P. Gómez-Murillo. — *Atractus nigricaudus* in Bolivia

Silva, J.J. 2004. Las serpientes del género *Atractus* Wagler, 1828 (Colubridae, Xenodontinae) en la Amazonia Colombiana. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 28: 409-446.

Uetz, P.; Freed, P.; Aguilar, R.; Reyes, F.; Kudera, J. & Hošek, J. (eds.). 2025. The Reptile Database, <http://www.reptile-database.org>. Accessed on 10 August 2025.

Recibida: 31 Agosto 2025
Revisada: 05 Noviembre 2025
Aceptada: 31 Julio 2026
Editor Asociado: S. Quinzio

doi: 10.31017/CdH.2026.(2025-030)

© 2026 por los autores, licencia otorgada a la Asociación Herpetológica Argentina. Este artículo es de acceso abierto y distribuido bajo los términos y condiciones de una licencia Atribución-No Comercial 4.0 Internacional de Creative Commons. Para ver una copia de esta licencia, visite <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

CUADERNOS *de* HERPETOLOGÍA

VOLUMEN 40 - NÚMERO 2 - SEPTIEMBRE 2026

ojs.aha.org.ar - aha.org.ar

VOLUMEN 40 - NÚMERO 2

- Un maestro, un amigo, un naturalista: adiós a Gustavo José Scrocchi Manfrini (1956–2026)
Alejandro R. Giraudo, Fernando Lobo 141
- TRABAJOS
- Cambios en la riqueza y abundancia de reptiles a un evento del Desierto Florido en la Región de Atacama, Chile
Sandra Marambio N., Jorge Mella Á. 145
- The eye in nocturnal dipsadines *Atractus crassicaudatus* and *Sibon nebulatus* (Serpentes: Dipsadinae): variations associated with lifestyle
Juan Bravo-Gómez¹, Adriana Jerez, Christopher K. Akcali 155
- NOTAS
- New records of *Lachesis rhombeata* and *Bothrops bilineatus* (Squamata, Viperidae) in the Atlantic Forest of Minas Gerais state, Southeast Brazil
Clodoaldo Lopes de Assis, Maria Clara Nascimento, Alexander Zaidan de Souza, Mateus Meiras Martins, Celso Henrique Varela Rios, Renato Neves Feio, Fabiano Rodrigues de Melo 165
- Corrigendum to “A new species of the *Liolaemus nigroviridis* group from the Andes of Central Chile (Iguania: Liolaemidae)” to comply with the International Code of Zoological Nomenclature (ICZN)
Jaime Troncoso-Palacios, Francisco Contreras-Piderit 173
- First record of melanism in *Tomodon dorsatus* (Duméril, Bibron & Duméril, 1854) (Serpentes: Dipsadidae: Tachymenini)
Eduarda V. Mata, Kailane C. Silva, Marcella D. A. Souza, Evandro D. M. Lucena³, Henrique C. Costa 175
- New records of malformations of anuran limbs from Paraguay
Olivia Atlas Flores, Matthew Thomas Owen, Wendy Yael Kobrinsky, Melissa Morrison, Paul Smith 181
- NOVEDADES ZOOGEOGRÁFICAS
- Extensión de distribución de *Leptodactylus macrosternum* Miranda-Ribeiro, 1926 (Anura: Leptodactylidae) al Departamento de Río Negro, República Oriental del Uruguay
Sebastián Gómez Barboza 187
- Atractus nigricaudus* Schmidt & Walker, 1943 (Squamata: Dipsadidae) first record from Bolivia
Oliver Quinteros-Muñoz, Pedro Gómez-Murillo 189



Miembro de Publication Integrity & Ethics



Revista de la Asociación Herpetológica Argentina

Indizada en:

Zoological Record, Directory of Open Journals, Latindex, Periódica.
Ebsco, Academic Journal Database, Biblat. e-revistas, Cite Factor,
Universal Impact Factor, Sedir, InfoBase Index.