



REVISTA  
LATINOAMERICANA  
DE HERPETOLOGÍA

ANFIBIOS Y REPTILES: DIVERSIDAD E HISTORIA NATURAL  
VOLUMEN 05 NÚMERO 02 ABRIL-JUNIO 2022 ISSN: 2594-2158

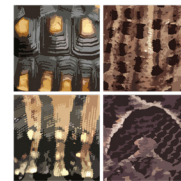




Es una publicación con el apoyo de



Asociación Herpetológica Argentina



**SBH**  
SOCIEDADE BRASILEIRA DE  
**HERPETOLOGIA**



Revista Latinoamericana de Herpetología, año 5, no.2, abril-junio 2022, es una Publicación continua editada por la Sociedad Herpetológica Mexicana A. C., Dirección: Instituto de Biología SN, Ciudad Universitaria, Coyoacán, C.P. 04510, <http://herpetologia.fciencias.unam.mx/index.php/revista>, tel. (55) 56224800 ext. 44724, [revista.latin.herpetologia@gmail.com](mailto:revista.latin.herpetologia@gmail.com), Editor responsable: Leticia Margarita Ochoa Ochoa. Reserva de derechos al Uso Exclusivo No. 04-2018-100215505800-203 ISSN: 2594-2158, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este Número, Departamento de Biología Evolutiva, Leticia Margarita Ochoa Ochoa, Facultad de Ciencias, UNAM, Ciudad Universitaria, Coyoacán, C.P. 04510, fecha de última modificación, 30/noviembre /2018.

## CONSEJO EDITORIAL

### Editor-en-Jefe

Leticia M. Ochoa Ochoa (México)

### Editoras Adjuntas

Antonieta Labra Lillo (Chile)

Adriana Manzano (Argentina)

Irene Goyenechea Mayer-Goyenechea (México)

Francisco Brusquetti (Paraguay)  
Juan Manuel Guayasamin (Ecuador)

Oscar A. Flores Villela (México)

Rodrigo Macip Ríos (México)

Marcio Martins (Brasil)

Felipe Rabanal (Chile)

Mauricio Rivera-Correa (Colombia)

Rafael O. de Sá (U.S.A.)

### English style corrector

Brett Butler (México)

### Diseño editorial

Andrea Vargas Fernández (México)

Miguel Chacón Tapia (México)

Leticia M. Ochoa Ochoa (México)

ISSN: 2594-2158 Volumen 05, Número 02, Abril-Junio 2022

Foto de portada: *Abronia campbelli*, especie endémica de Guatemala,

por: Andrés Novales,

<http://herpetologia.fciencias.unam.mx/index.php/revista>

Contacto: [revista.latin.herpetologia@gmail.com](mailto:revista.latin.herpetologia@gmail.com)

## COMITÉ EDITORIAL 2021-2023

### Editores asociados

Katyuscia Araujo-Viera (Brasil)

Pier Cacciali (Paraguay)

Alessandro Catenazzi (Perú)

Thaís Condez (Brasil)

Marissa Fabrezi (Argentina)

Armando H. Escobedo Galván (México)

Andrés R. Acosta Galvis (Colombia)

Adrián García Rodríguez (Costa Rica)

Uri Omar García Vázquez (México)

Carlos Alberto Hernández Jiménez (México)

Rafael Lara Resendiz (México)

Adrián Leyte Manrique (México)

Marco Antonio López Luna (México)

Mariana L. Lyra (Brasil)

Ricardo Itzcóatl Maldonado Reséndiz (México)

Rosario Mata López (México)

Nancy R. Mejía Domínguez (México)

Jorge E. Morales Mávil (México)

Norberto Martínez Méndez (México)

César A. Ríos Muñoz (México)

Carlos Navas (Brasil)

Ireri Suazo Ortuño (México)

Vivian Páez (Colombia)

Nicolás Pelegrin (Argentina)

Andrea Paz (Colombia)

María Laura Ponssa (Argentina)

Sean Rovito (México)

Marco A. Suárez Atilano (México)

Jenny C. Urbina (Colombia)

Anyelet Valencia-Aguilar (Colombia)

Julián Andrés Velasco Vinasco (México)

Nelson Velásquez (Chile)



revistas  
unam

Portal de revistas académicas  
y arbitradas de la UNAM



Scopus®



# CONTENIDO

## ARTÍCULOS CIENTÍFICOS

REASSESSMENT OF THE CONSERVATION STATUS OF THE CHILEAN DESERT LIZARD *LIOLAEMUS TORRESI* (NÚÑEZ, NAVARRO, GARÍN, PINCHEIRA-DONOSO & MERIGGIO, 2003, SQUAMATA, LIOLAEMIDAE): AN ENDANGERED (EN) OR NEAR THREATENED SPECIES (NT)? ..... **15**  
Jaime Troncoso-Palacios & Katherine Alarcón

EL TRÁFICO DE LAGARTIJAS EMBLEMÁTICAS DEL GÉNERO *ABRONIA* (SQUAMATA: ANGUIDAE)... **44**  
Israel Moreno-Lara, Raciél Cruz-Elizalde, Ireri Suazo-Ortuño & Aurelio Ramírez-Bautista

POSTNATAL OSSIFICATION PATTERN AND HETEROCHRONIES IN ANDEAN GYMNOPHTHALMOIDEA LIZARDS ..... **80**  
Itza Hinumaru Torres-Vásquez, Adriana Jerez & Angélica Arenas-Rodríguez

POPULATION ECOLOGY OF THE ROUGH-FOOTED MUD TURTLE (*KINOSTERNON HIRTIPES*) IN A HIGH-ALTITUDE LOCALITY IN MICHOACÁN, MÉXICO ..... **112**  
Miriam de la Cruz Merlo, Eder Gaona Murillo & Rodrigo Macip Ríos

THERMAL BIOLOGY OF A POPULATION OF *XENOSAURUS NEWMANORUM* (SQUAMATA: XENOSAURIDAE) FROM XILITLA, SAN LUIS POTOSÍ, MEXICO: DO THEY ACTIVELY THERMOREGULATE? ..... **132**  
Francisco J. Muñoz-Nolasco, Diego M. Arenas-Moreno, Adán Bautista-del Moral, David A. Brindis-Badillo & Fausto R. Méndez-de la Cruz

REGISTROS DE SERPIENTES EN SAN BORJA (BENI-BOLIVIA) PROVENIENTES DEL CONFLICTO

HUMANO-SERPIENTE ..... **145**  
Paola De la Quintana, Enrique Seltzer & James Aparicio

## NOTAS CIENTÍFICAS

FIRST PREDATION RECORD ON THE INVASIVE LAGOMORPH *LEPUS EUROPAEUS* (LEPORIDAE) BY *BOA CONSTRICTOR* (BOIDAE) IN A SOUTHERN BRAZILIAN CERRADO PROTECTED AREA ..... **3**  
João Paulo dos Santos Vieira-Alencar, Luciana O. Furtado, Giovana Ribeiro Felício, Daniela Pinto-Coelho & Ana Paula Carmignotto

FIRST PREDATION RECORD OF *CELESTUS LEGNOTUS CAMPBELL* & CAMARILLO 1994 (SQUAMATA: ANGUIDAE) BY *LAMPROPELTIS POLYZONA* COPE, 1860 (SQUAMATA: COLUBRIDAE) IN PUEBLA, MÉXICO **11**  
Ana Laura Fernández-Rojas, Martha Anahí Güizado-Rodríguez, Durcy Mariela Rivera-Ortuño, Estefanía Ángel-Hernández & Brenda Viveros-Moreno

NUEVOS REGISTROS DE LA SERPIENTE DE CASCABEL *CROTALUS RAVUS* (SQUAMATA: VIPERIDAE) EN EL ESTADO DE HIDALGO, MÉXICO ..... **26**  
Paola Lazcano-Juárez, Ferdinand Torres-Ángeles, Ángel Aranda-Trejo, Hublester Domínguez-Vega, Nallely Morales-Capellán, Tonatiuh González-Bonilla, Rafael Canales-Pérez, Carlos A. Maciel-Mata, Miguel Borja-Jiménez & Leonardo Fernández-Badillo

ENDOPARASITISM AND FIBROSIS IN *CROTALUS TONACUS* (VIPERIDAE) FROM SIERRA GORDA QUERÉTARO, MEXICO..... **33**  
Mauricio Tepos-Ramírez, David Iván Hernández Mena, Omar Lagunas-Calvo, Valeria Ugalde-Sánchez, Ricardo-Daniel Valencia-García & Norma Hernández-Camacho

FIN A LA INCERTIDUMBRE. EXTENSIÓN DE DISTRIBUCIÓN DE *ALSODES VALDIVIENSIS* FORMAS, CUEVAS & BRIEVA, 2002 (ANURA: ALSODIDAE) HACIA EL SUR DE CHILE CONFIRMA LA PRESENCIA DEL GÉNERO EN LA ISLA GRANDE DE CHILOÉ ..... 54

Felipe E. Rabanal, Claudio Correa & Matías Gargiulo

HIGH DENSITY ROAD KILL EVENT OF *GYMNOPIA MULTIPLICATA* AND FIRST ROAD KILL REPORT OF *DERMOPHIS GLANDULOSUS*, TWO CAECILIAN SPECIES IN COSTA RICA ..... 65

Daniela Salazar-Sánchez

AN UPDATED REVIEW OF THE GEOGRAPHICAL DISTRIBUTION OF *LIOLAEMUS XANTHOVIRIDIS* (SQUAMATA: LIOLAEMIDAE) ..... 73

Paula C. Escudero, María A. González Marín, Mariana Morando & Luciano J. Avila

PETROGLIFO DE TORTUGA MARINA EN EL CERRO DE LA CONTADURÍA EN SAN BLAS, NAYARIT 107

Fabio G. Cupul-Magaña & Joseph B. Mountjoy

PARENTAL CARE AND CLUTCH SIZE OF *PRISTIMANTIS REICHLI* (ANURA: STRABOMANTIDAE) FROM BOLIVIA ..... 123

Oliver Quinteros-Muñoz & Rodrigo Aguayo

COMUNICACIÓN ACÚSTICA EN LA PRIMERA ETAPA DE VIDA DE LA TORTUGA DEL RÍO MAGDALENA: *PODOCNEMIS LEWYANA* ..... 127

Jennifer Sofía Del Río-García<sup>1</sup>

REPORTE DEL AMPLEJO DE UNA PAREJA DE *DRYOPHYTES EXIMIUS* (HYLIDAE) DENTRO DE UN BALDE DE AGUA.....154

Janet Elizabeth Osnaya-Becerril, Roberto Tenorio-Mendoza & Matías Martínez-Coronel

## NOTAS DE DISTRIBUCIÓN

*TELMATOBIVUS CULEUS* (ANURA: TELMATOBIIDAE) 1

Dennis X. Huisa-Balcon, Victor E. Ramos R., Luis Castillo R. & Roberto K. Elías P.

NEW RECORD ON THE GEOGRAPHIC DISTRIBUTION OF *BOLITOGLOSSA EREMA*

(PLETHODONTIDAE) IN THE SUBTROPICAL HUMID FOREST OF JALAPA, GUATEMALA ..... 38

Daniel J. Núñez-Robles, José A. Gutiérrez-Godoy, Melvin Flores-Turcios, José J. Meléndez-López, Flor M. Morales-Arroyo, María A. Santa Cruz-Huard, Luis González-Martínez & Daniel Ariano-Sánchez

NUEVO REGISTRO MUNICIPAL DE *INDOTYPHLOPS BRAMINUS* (DAUDIN, 1803) EN EL ESTADO DE HIDALGO, MÉXICO ..... 41

Jonatan Job Morales García & Angel Daen Morales García

CONFIRMACIÓN DE UNA NUEVA LOCALIDAD DE *TELMATOBUFFO VENUSTUS* PHILIPPI, 1899 EN LA PRECORDILLERA ANDINA DE LA REGIÓN DE ÑUBLE, CHILE ..... 68

Nicolás González-Véliz, Manuel Valdés-Puga, Pablo Espinoza-Carbullanca, José M. Serrano-Serrano & Nelson A. Velásquez

*BOANA PULCHELLA* (ANURA: HYLIDAE) EN PARAGUAY: NUEVOS HALLAZGOS LUEGO DE MÁS DE TRES DÉCADAS ..... 102

Griselda Zárate-Betzel, Karina Núñez, Medes Mendoza, Fátima Ortíz, Patricia Salinas & Andrea Weiler

*INDOTYPHLOPS BRAMINUS* (TYPHLOPIDAE) EN EL NOROESTE DE BAJA CALIFORNIA, MÉXICO .142

Jorge H. Valdez-Villavicencio, César García-Valderrama & Jorge Ayon

NUEVOS REGISTROS DE *BOTHROPS ASPER* (SERPENTES:VIPERIDAE) EN ABANGARES, GUANACASTE ..... 158

Pablo Marín-Pacheco, Juan De Dios Astorga Acuña, Miguel Ángel Matarrita Herrera, Diego Coto-González & Emanuel Rodríguez Rojas



# TELMATOBIUS CULEUS (ANURA: TELMATOBIIDAE)

DENNIS X. HUISA-BALCON.<sup>1,2,\*</sup>, VICTOR E. RAMOS R.<sup>3</sup>, LUIS CASTILLO R.<sup>3,5</sup> & ROBERTO K. ELÍAS P.<sup>3,4</sup>

<sup>1</sup>Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre SERFOR - ATFFS Puno, Perú.

<sup>2</sup>Asociación para la Conservación de la Biodiversidad PRO CARNIVOROS, Perú.

<sup>3</sup>Denver Zoological Foundation, Denver, Colorado, USA.

<sup>4</sup>Universidad Peruana Cayetano Heredia, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Laboratorio de Vida Silvestre, Lima, Perú.

<sup>5</sup>Asociación GRUPO RANA, Lima, Perú.

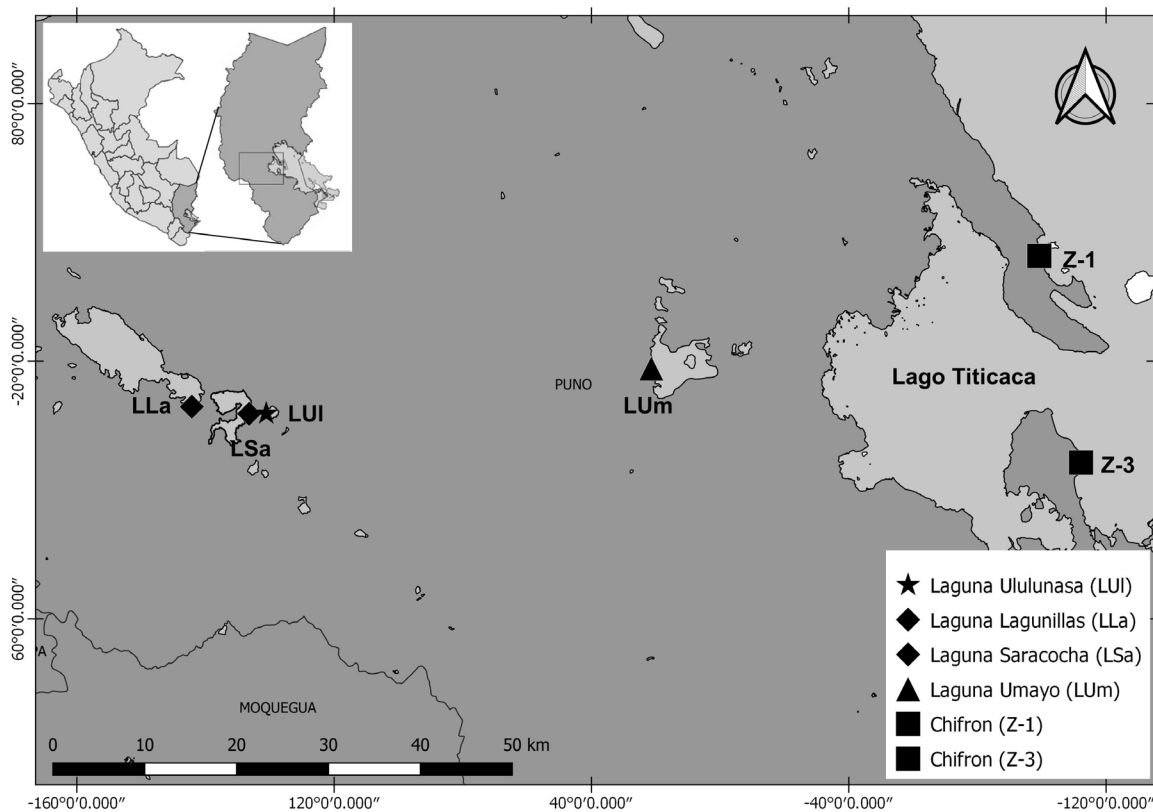
\*Correspondence: [dhuisa@serfor.gob.pe](mailto:dhuisa@serfor.gob.pe), [dennis.bhd@gmail.com](mailto:dennis.bhd@gmail.com)

Received: 2021-10-21. Accepted: 2022-03-07. Published: 2022-04-14.

Editor: Francisco Brusquetti, Paraguay.

Perú: Puno: Laguna Altoandina Ululunasa (Alonso) (15.784053 S; 70.600024 O; Datum WGS 84; 4283 m s.n.m.). 30 de mayo de 2019. *Telmatobius culeus* es la única especie del género distribuida en el Lago Titicaca y lagunas altoandinas adyacentes de la Región de Puno, como Saracocha, Umayo, Chajchora, Arapa, así como

en el Río Ilave (IUCN SSC Amphibian Specialist Group, 2020; Fig. 1). En relación a los registros históricos de Vellard (1951) y Vellard (1991), el presente registro se encuentra a 1.864 km NE de la laguna Saracocha, a 8.131 km de la laguna Lagunillas y a 41.873 km O de la laguna Umayo. En relación a los registros más actuales



**Figure 1.** Locality records of *Telmatobius culeus*: Laguna Ululunasa (LUI), new record; Lagunas Lagunillas Complex (LLa), Laguna Saracocha (LSa); Laguna Umayo (LUm); Chifron (Z-1 and Z-3).

**Figura 1.** Localidades de registro de *Telmatobius culeus*: Laguna Ululunasa (LUI), nuevo registro; Complejo de Lagunas Lagunillas (LLa); Laguna Saracocha (LSa); Laguna Umayo LUm; Chifron (Z-1 y Z-3)



**Figure 2.** Photographic record of an individual of *Telmatobius culeus* in its underwater habitat (MZFC-HE-IMG-453), the characteristics of the species are observed, Laguna Ululunasa (Puno, Perú).

**Figura 2.** Registro fotográfico de un individuo de *Telmatobius culeus* en su hábitat subacuático (MZFC-HE-IMG-453), se observan las características propias de la especie, Laguna Ululunasa (Puno, Perú).

para la especie en el lago Titicaca (Fig. 1, puntos Z1 y Z3; Ramos et al., 2019), se encuentra a 85.88 km SO de Chifrón y a 88.85 km de Perka Norte. A las 10:30 h, con cielo despejado soleado, se capturaron temporalmente seis individuos ( $n = 6$ ) de *T. culeus*, correspondiendo a cuatro hembras y dos machos. Las capturas fueron realizadas en hábitat lacustre a una profundidad de 1.5 m, en sustrato rocoso-vegetación. Los individuos se encontraron inmóviles, con la piel desplegada dándoles un aspecto abultado (Fig. 2).

Colectores: Dennis X. Huisa-Balcon, Víctor E. Ramos R., Luis Castillo R., Roberto K. Elías P. Una foto de referencia se encuentra depositada en la Colección Fotográfica del Museo de Zoología Alfonso L. Herrera de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México (MZFC) (N° de catálogo MZFC-HE-IMG-453, Fig. 2). Los individuos fueron identificados siguiendo los caracteres propuestos por De la Riva (2005); piel holgada, cabeza plana y patas largas en comparación al cuerpo (Fig. 2).

## LITERATURA CITADA

- De la Riva, I. 2005. Bolivian frogs of the genus *Telmatobius*: synopsis, taxonomic comments, and description of a new species. *Monografías de Herpetología* 7:65-101.
- IUCN SSC Amphibian Specialist Group. 2020. *Telmatobius culeus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020: e.T57334A3058114. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-2.RLTS.T57334A3058114.en>.
- Ramos, E., J. Quispe, & R. Elías. 2019. Evaluación de la abundancia relativa de *Telmatobius culeus* en la zona litoral del lago Titicaca, Perú. *Revista Peruana de Biología* 26(4):475-480.
- Vellard, J. 1951. Estudio sobre Batracios Andinos I. El grupo *Telmatobius* sp. y Formas Afines. *Memorias del Museo de Historia Natural*. Javier Prado, Lima-Peru.
- Vellard, J. 1991. Los Batracios. Pp. 453-462. En C. Dejoux & A. Iltis (Eds.), *El Lago Titicaca Síntesis del Conocimiento Limnológico Actual*. La Paz, Bolivia: ORSTOM, HISBOL



# FIRST PREDATION RECORD ON THE INVASIVE LAGOMORPH *LEPUS EUROPAEUS* (LEPORIDAE) BY *BOA CONSTRICTOR* (BOIDAE) IN A SOUTHERN BRAZILIAN CERRADO PROTECTED AREA

PRIMER REGISTRO DE DEPREDACIÓN DEL LAGOMORFO INVASOR *LEPUS EUROPAEUS* (LEPORIDAE) POR *BOA CONSTRICTOR* (BOIDAE) EN UN ÁREA PROTEGIDA DEL SUR DEL CERRADO DE BRASIL

JOÃO PAULO DOS SANTOS VIEIRA-ALENCAR<sup>1\*</sup>, LUCIANA O. FURTADO<sup>1,2</sup>, GIOVANA RIBEIRO FELICIO<sup>2</sup>, DANIELA PINTO-COELHO<sup>1</sup> & ANA PAULA CARMIGNOTTO<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ecologia, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, Rua do Matão, travessa 14, 321, São Paulo, 05508-090, São Paulo, Brazil.

<sup>2</sup>Laboratório de Diversidade Animal/Sistemática de Mamíferos, Departamento de Biologia, Universidade Federal de São Carlos, Rodovia João Leme dos Santos, SP-264, Km 110, Sorocaba, 18052-780, São Paulo, Brazil.

\*Correspondence: joaopaulo.valencar@usp.br

Received: 2021-07-19. Accepted: 2022-03-15. Published: 2022-04-14.

Editor: Marco Suárez-Atilano, México.

**Resumen.**— Las observaciones de historia natural son resultados esenciales para descubrir aspectos desconocidos de las serpientes y sus dietas. Describimos por primera vez un evento de depredación ocasional sobre la especie invasora *Lepus europaeus* por la serpiente *Boa constrictor*. Comprender estas interacciones entre especies nativas y exóticas podría mejorar la visión sobre los impactos ecológicos que tienen las especies invasoras, especialmente en áreas naturales protegidas.

**Palabras claves.**— especie exótica, dieta, *Lepus europaeus*, relación de masa corporal, historia natural.

**Abstract.**— Natural history observations are essential to uncover unknown aspects of snake diets. Herein we describe a chance predation event upon the invasive *Lepus europaeus* by the snake *Boa constrictor*. Understanding interactions between native and alien species might shed light on the ecological impacts of invasive species, especially in protected areas.

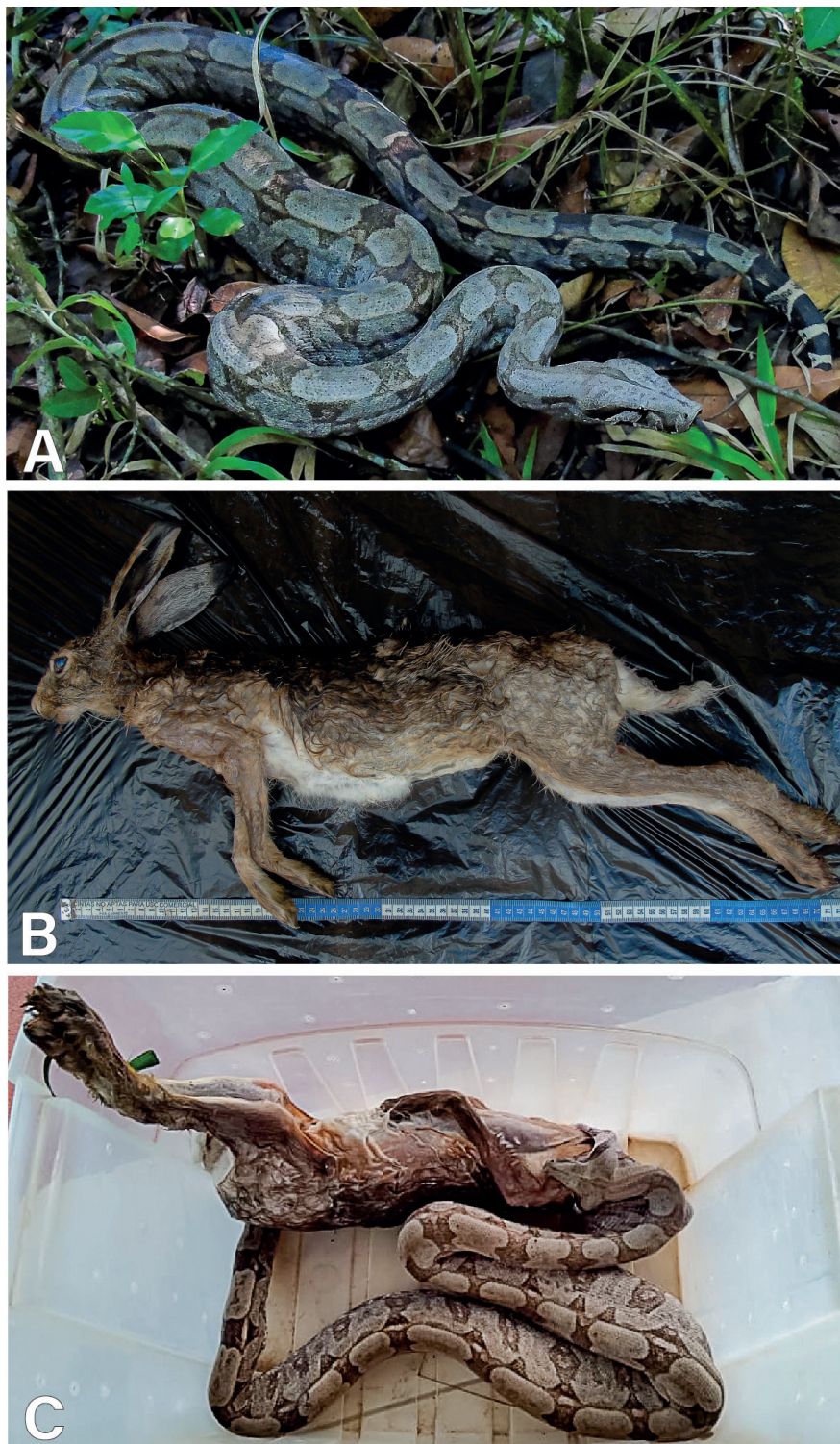
**Key words.**— alien species, diet, *Lepus europaeus*, mass ratio, natural history.

Understanding trophic interactions at individual level is necessary for better insights into processes leading to intraspecific diet variation (Araújo et al., 2008; Tinker et al., 2012). Trade-offs associated with catch efficiency, nutritional yield or prey handling skills can affect predatory individual preferences, leading to hypotheses about how individuals may vary in their dietary preferences (Arnold, 1993; Svanbäck & Bolnick, 2005). Temporal or seasonal variations in abundance or quality of preferred prey and the increase in intraspecific competition can contribute to individual predators using uncommon resources, leading to niche expansion at population level (Araújo et al., 2008; Newsome et al., 2009). Thus, rare or atypical interactions, which are more difficult to detect, can play an important role in stabilizing food webs (McCann et al., 1998; Pringle & Hutchinson, 2020). Non-native species add one variable to the system, since

they might as well interfere with trophic dynamics, creating new links or disrupting regular interactions (David et al., 2017). Resident alien species can compete for resources with natives, ultimately replacing their functional roles at the community level, and in the case of invasive prey, also acting as new food sources for native predators (Dick et al., 2013; Pintor & Byers, 2015).

*Boa constrictor* is a widespread boid snake recorded in forested and open areas from low to high elevations throughout South America (Nogueira et al., 2019). This species is active during daytime and at night and presents terrestrial and semi arboreal behaviour, occupying a variety of habitats (Martins & Oliveira, 1998; Sawaya et al., 2008; Marques et al., 2015). It is a large-bodied non-venomous snake with aglyphous dentition that





**Figura 1.** Individuo de *Boa constrictor* (A) que ingerió completamente un individuo de *Lepus europaeus* (B) y lo regurgitó posteriormente (C) en la Estación Ecológica Santa Bárbara, municipio de Águas de Santa Bárbara, estado de São Paulo, Brasil. Fotos (A y B) de Luciana de O. Furtado. Foto (C) de Marcos Antônio Soler ("Marcão").

**Figure 1.** Individual of *Boa constrictor* (A) that had fully ingested an individual of *Lepus europaeus* (B) and regurgitated it later (C) in the Santa Bárbara Ecological Station, municipality of Águas de Santa Bárbara, São Paulo state, Brazil. Photos (A and B) by Luciana de O. Furtado. Photo (C) by Marcos Antônio Soler ("Marcão").

subdues prey via body constriction, ingesting their prey often by the head (Greene, 1983; Scartozzoni & Molina, 2004; Cabral et al., 2019). Although *B. constrictor* is an abundant species, there are few specimens deposited in scientific collections, probably due to its large size and storage difficulties (Pinto-Coelho et al., 2020). Despite that, numerous published data on its diet (e.g., Martins & Oliveira, 1998; Sawaya et al., 2008; Pizzatto et al., 2009; Reed & Rodda, 2009; Bernarde & Abe, 2010; Gondim et al., 2012; Mesquita et al., 2013; Quintino & Bicca-Marques, 2013; Silva & Faggioni, 2015; Machado et al., 2018) reveal its generalist dietary habits, consuming from ectothermic vertebrates to birds and mammals (e.g., Pizzatto et al., 2009; Cabral et al., 2019). Mammal species found in the gut of *Boa constrictor* usually belong to the orders Rodentia, Didelphimorphia, and occasionally Chiroptera (Pizzatto et al., 2009; Sorrell et al., 2011; Cabral et al., 2019). In addition, there are predation records of primates (Cisneros-Heredia et al., 2005; Quintino & Bicca-Marques 2013), carnivores (Mole & Urich, 1894), and a controversial record (discussed below) of three unidentified young rabbits (Bogert & Oliver, 1945).

The European hare (*Lepus europaeus*) is an invasive species that was brought to South America in 1888 by German travellers and introduced in Argentina and Chile for the practice of hunting (Grigera & Rapoport, 1983). Since then, populations quickly spread to several countries, reaching southern Brazil around 1946 (Faria et al., 2015; Instituto Hórus, 2021). The European hare is a large (around 3.8–4.0 kg) nocturnal lagomorph, which due to its high adaptability can occupy both disturbed areas and well-preserved landscapes, where it is mostly associated with open formations, such as shrubland and grasslands (Flux & Angermann, 1990; Faria et al., 2015; Hacklander & Schai-Braun, 2019). Natural predators within its native geographical range include canids such as the red fox (*Vulpes vulpes*), the Eurasian lynx (*Lynx lynx*), goshawks (*Accipiter* spp.), and the Eurasian eagle-owl (*Bubo bubo*) (see review in Faria et al., 2015). Additionally, Stanner & Mendelssohn (1986) found evidence of the consumption of *L. europaeus* in faecal pellets of the varanid lizard *Varanus griseus*. Outside its native range, in South America, *L. europaeus* is known to be preyed upon by native canids, felids, and owls, but no ectothermic predator has been recorded (Auricchio & Olmos, 1999; Bisceglia et al., 2008; Peters et al., 2009; Magioli et al., 2014; Faria et al., 2015). We report herein a case of a boid snake (*Boa constrictor*) preying upon the invasive European hare (*Lepus europaeus*) in southeastern Brazil. As far as we know, this is the first record of a boid preying upon the European hare in South America. Additionally, we provide an allometric equation to estimate *Boa constrictor* individuals body mass based on the recorded size of the snakes.

The event was recorded on 15 December 2020, at approximately 08:00 h, in a disturbed area characterized by a plantation of "Capim-Elefante" grass (*Pennisetum purpureum*), near the headquarters of the Santa Bárbara Ecological Station (SBES), located in the municipality of Águas de Santa Bárbara, São Paulo, Brazil (22.8168° S, 49.2380° W, datum WGS84; 619 m a.s.l.). The snake was captured and taken to the laboratory inside a plastic box by the ecological station management team. Standardized measurements (snout-vent length and body mass) were taken, and after data were collected, the snake was released near the site of capture. The *L. europaeus* individual was also measured (total body length), weighted, collected and preserved in alcohol, and is deposited under field number APC 2710 at the vertebrate collection of the Universidade Federal de São Carlos (Sorocaba, São Paulo, Brazil).

To estimate the body mass and the prey/predator mass ratio of previous studies where only the snake size and prey mass were provided (e.g., Chapman, 1986: "*B. constrictor* length ~ 200 cm; prey weight = 1.7 kg"; Ferrari et al., 2004: "*B. constrictor* length ~ 300 cm; prey weight ~ 2.0–3.0 kg"; Quintino & Bicca-Marques, 2013: "*B. constrictor* length ~ 200 cm; prey weight ~ 4.0 kg") we fitted a linear model using a polynomial function on size and body mass measurements from 168 individuals of *Boa constrictor* from Manaus, Brazil (Silveira & Bentes, unpublished data).

We observed a male *Boa constrictor* (143 cm snout-vent length; 3.280 kg without prey item; Fig. 1A) which had recently ingested an individual of the European hare (body length 54 cm; weight 3.495 kg; prey/predator mass ratio = 1.07; Fig. 1B). At the time of the observation, the snake was still with an extended body. During transportation the snake started to regurgitate the prey, making the rear portion of *L. europaeus* visible in the first moment, confirming a head-first ingestion (Fig. 1C).

The fitted model ( $F_{2,165} = 327$ , p-value < 0.001,  $R^2 = 0.79$ ), resulted in the following allometric equation, where TL is the total length in centimetres and where  $\{TL:TL \in \mathbb{R} \mid 53 \text{ cm} \leq TL \leq 369 \text{ cm}\}$ :

$$\text{Mass(kg)} = 3.52882 - 0.06569 \times TL + TL^2 \times 0.00035$$

Therefore, the snakes' body mass of the studies of Chapman (1986) and Quintino & Bicca-Marques, (2013) (~200cm) were estimated in ~4.3kg, while for the individual reported in Ferrari et al. (2004) (~300cm) it was estimated in ~15.1 kg. In this sense, the estimated mass ratio of the events reported by Chapman (1986), Ferrari et al. (2004), and Quintino & Bicca-Marques (2013) would be 0.39, 0.13–0.20, and 0.93, respectively.

*Lepus europaeus* is known to prevent fox attacks by signalling the predator that it has been detected (Holley, 1993). Signalling (bipedal position, ears erect, and with the body directly facing the predator) discourages the predator attack because adult hares are fast enough to avoid it, with foxes being successful only when catching them unaware (Holley, 1993). Thus, hares may have evolved secondary defence strategies associated with high escape speed, effective against pursuit predators (Ruxton et al., 2004). Many snakes, such as heavy-bodied viperids, pythonids and boids, are sit-and-wait ambush predators (Greene, 1997). The cryptic nature of this behaviour could be associated with the capture, subduction, and ingestion reported here, as the escape techniques of *L. europaeus* might not avoid this unfamiliar Neotropical predator, due to its short historical co-occurrence in the Neotropics.

Our record also reveals a prey/predator mass ratio never reported for *Boa constrictor* (1.07). The largest mass ratios found in the literature for this species, when both the snake and prey were weighted, corresponds to an adult male *Iguana iguana* (Linnaeus, 1758) (prey weight = 2.2 kg, *B. constrictor* weight = 6.85 kg, mass ratio = 0.32; Boback, 2004), and for the marsupial *Didelphis albiventris* Lund, 1840 (prey weight = 1.23 kg, *B. constrictor* weight = 4.25 kg, mass ratio = 0.29; Cabral et al., 2019). In fact, most studies on predation events by *B. constrictor* upon large prey did not report the snake mass, relying on visual estimates about the snake's size (e.g., Chapman, 1986; Ferrari et al., 2004; Quintino & Bicca-Marques, 2013, mentioned above). Considering that these studies are the ones with the largest prey items found, our record represents the highest prey/predator mass ratio reported for *B. constrictor*, with a prey item weighing around 107% of the snake body mass.

Since the snake had already fully ingested the European hare, the prey/predator mass ratio described here is not beyond the ingestion capacity of *B. constrictor*. The movement limitations imposed by such a proportionally large prey remain unknown, although we know that some snake species can consume more than 150% of their body mass in prey (Greene, 1997). The high prey/predator mass ratio found here could be explained by a trade-off between the energy costs associated with the subjugation of a large prey, and the benefits of its consumption (see Greene, 1997). As the organs involved in snake digestion have a great capacity to increase volume during prey ingestion, especially in individuals who have faced long fasting (Secor & Diamond, 2000), the risk associated with ingesting a large prey can offset the energy gain (Arnold, 1993). Moreover, although the ingestion of large prey is less frequent, its importance should not be underestimated, as the selection to increase the size of

ingestible prey may be strong, even if these items are only rarely found (Shine, 1991; see Baca, 2006, for a study case of the invasive *Boa imperator* in the island of Cozumel, Mexico).

The record of the lagomorph *Lepus europaeus* as a prey item is novel for the family Boidae in South America (see Pizzato et al., 2009; Henderson & Pauers, 2012; Henderson et al., 2013). For North America, there is a record of three young rabbits for *Boa sigma* (following the taxonomy proposed by Card et al., 2016) in the Mexican state of Sonora (Bogert & Oliver, 1945). Although Reed & Rodda (2009) cite a record of *Sylvilagus* Gray, 1867 as a prey item of *B. constrictor*, this information was based on the above-mentioned record of Bogert & Oliver (1945) (see Greene, 1983). As the genera *Sylvilagus* and *Lepus* occur in the state of Sonora (Velázquez, 2012), it is not possible to determine the genus of the three young rabbits recorded as prey. Finally, the record of *B. constrictor* preying upon *Sylvilagus floridanus* in Aruba refers to an introduced population of *B. constrictor* (Quick et al., 2005).

The ecological impacts of *L. europaeus* invasion in Brazilian ecosystems are still poorly known. The niche preferences of *L. europaeus* in São Paulo state include disturbed areas, such as sugarcane plantations, abandoned pastures, and managed forests (e.g., *Eucalyptus* spp. and *Pinus* ssp. plantations), with native forests (e.g., Atlantic forest and woodland savannas formations) probably acting as a barrier for its dispersal (Pasqualotto et al., 2021). For open formations of the Cerrado, Pasqualotto et al. (2021) demonstrate that there is no clear evidence that native areas can negatively affect the occupancy by the hare. Our study area presents a management history of the presence of *Eucalyptus* spp. and *Pinus* ssp. plantations, and is inserted in a matrix of pastures, annual crops, and reforestation patches (Melo & Durigan, 2011), probably favouring the European hare occurrence. On the other hand, recent management actions within our study area have been directed to understand the impacts of the removal of *Eucalyptus* spp. and *Pinus* ssp. plantations on animal and plant species diversity. Future monitoring of the *L. europaeus* population within the SBES might inform the efficiency of these management actions on the restoration of Cerrado native vegetation and, consequently, on the maintenance of native species and on the control of invasive species. In this sense predation events such as the one reported here should be considered as an additive, and perhaps positive, effect to evaluate such management outcomes.

The predation record reported here provides evidence that interactions between an invasive species and a native predator are plausible, occurring also within preserved habitats at the range of the native species in southern Brazilian Cerrado. The

complexity of food webs makes it difficult to predict how the impacts of an invasion might propagate in the ecosystem (David et al., 2017). Specifically, the impacts of non-native species as prey for native species is poorly discussed, with the focus being often on the short-term outcomes of invasive predators in the system (Pintor & Byers, 2015). Invasive species may represent a new resource for local predators, which may imply direct positive effects on resident species at higher trophic levels (David et al., 2017). For example, Lake Eires aquatic snake population benefited from the introduction of non-native gobies fishes which now represent more than 90% of their diet (King et al., 2006). However, if the new resource is less profitable than a native resource, the long-term net effect for the native predator may be negative (see Pintor & Byers, 2015). We have no reason to believe that *L. europaeus* would represent a less profitable resource to *B. constrictor*. In fact, by representing a larger prey item than is usually reported for the species, we might consider that this interaction is rather more beneficial. On the other hand, given the tendency in snakes for the capture and consumption of larger prey (Shine, 1991; Baca, 2006), the spread of *L. europaeus* and consequent increase in the opportunity for interactions with native predators could eventually impact the structure of the local prey-predator networks, since changes in natural interactions can alter the evolutionary trajectories of species (Fricke & Svenning, 2020). Furthermore, detailed information on how the European hare interacts (directly or not) with native leporids such as *Sylvilagus* are mandatory to assess potential risks associated with this species spread and to guide future management actions (Pasqualotto et al., 2021).

Our record expands our knowledge on *B. constrictor* diet, highlighting its role as predators of an invasive species (Faria et al., 2015). It also provides evidence of the large dietary plasticity of the family Boidae. Regarding *L. europaeus* presence, this record also represents a confirmation to the species occurrence in a new locality in São Paulo state, raising to 16 records in protected areas in Brazil, and the third considering conservation units within the Cerrado domain (see Melo & Durigan, 2011; Faria et al., 2015). Understanding how native and invasive species may interact in a local community may shed light on the options available for management and conservation. That is especially relevant for the southern portion of the Brazilian Cerrado, as most of its natural areas have already been lost to pastures and monocultures (see Durigan et al., 2003), and the current system of protected areas may not be able to adequately protect its biodiversity.

**Acknowledgements.**– All authors thank the Santa Bárbara Ecological Station management team, especially Marcos Antônio Soler ("Marcão") who first encountered the snake and informed

us of the record. We are also thankful to Ronis da Silveira and Adriana Bentes who kindly provided the database of boas collected in Manaus/AM, Brazil; Alexandre Adalardo de Oliveira and Camila de Toledo Castanho for important suggestions to the statistical modelling; Juan Camilo Diaz Ricaurte for translating the abstract and figure legend to Spanish, and Solimary Garcia Hernandez for reviewing a later version of the abstract; and Marcio Martins and Ricardo Sawaya for valuable suggestions to the first version of the manuscript. The study was supported by Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP grant #2018/14091-1). JPSV-A, LOF and DP-C thank the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Finance Code 001. Collection permit issued by Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio, license number 50658-1). The authors have no conflict of interest to disclose.

## CITED LITERATURE

- Araújo, M.S., P.R. Guimarães Jr., R. Svanbäck, A. Pinheiro, P. Guimarães, S.F. Reis & D.I. Bolnick. 2008. Network analysis reveals contrasting effects of intraspecific competition on individual vs. population diets. *Ecology* 89:1981-1993.
- Arnold, S.J. 1993. Foraging theory and prey size-predator size relations in snakes. Pp. 87-112. In R. A. Seigel & J. I. Collins (Eds.), *Snakes: Ecology and Behavior*. McGraw-Hill, New York, NY, USA.
- Auricchio, P. & F. Olmos. 1999. Northward Range Extension for the European Hare, *Lepus europaeus* Pallas, 1778 (Lagomorpha-Leporidae) in Brazil. *Publicações Avulsas do Instituto Pau Brasil*, 2.
- Baca, C.A.G. 2006. *Ecología de Forrajeo de Boa constrictor*. Un depredador introducido a la Isla Cozumel. Tesis de Maestría. Centro de Investigaciones en Ecosistemas, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Bernarde, P.S. & A.S. Abe. 2010. Hábitos alimentares de serpentes em Espigão do Oeste, Rondônia, Brasil. *Biota Neotropica* 10:167-173.
- Bisceglia, S.B., J.A. Pereira, P. Teta & R.D. Quintana. 2008. Food habits of Geoffroy's cat (*Leopardus geoffroyi*) in the central Monte desert of Argentina. *Journal of Arid Environments* 72:1120-1126.
- Boback, S.M. 2004. *Boa constrictor* (*Boa constrictor*). *Diet*. *Herpetological Review* 35:175.



- Bogert, C.M. & J.A. Oliver. 1945. A preliminary analysis of the herpetofauna of Sonora. Bulletin of the American Museum of Natural History 83:297-426.
- Bonvicino, C.R., A.N. Menezes, A. Lazar, V. Pena-Firme, C. Bueno, M.C. Viana, P.S. D'Andrea & A. Langguth. 2015. Chromosomes and phylogeography of *Sylvilagus* (Mammalia, Leporidae) from eastern Brazil. *Oecologia Australis* 19:158-172.
- Cabral, S.O., I.S. Freitas, V. Morlanez, M. Katzenberger & C. Calabuig. 2019. Potential seed dispersers: a new facet of the ecological role of *Boa constrictor constrictor* Linnaeus 1758. *Biota Neotropica* 19:e20180626.
- Card, D.C., D.R. Schield, R.H. Adams, A.B. Corbin, B.W. Perry, A.L. Andrew, B.W. Perry, A.L. Andrew, G.I. Pasquesi, E.N. Smith, et al. 2016. Phylogeographic and population genetic analyses reveal multiple species of *Boa* and independent origins of insular dwarfism. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 102:104-116.
- Chapman, C.A. 1986. *Boa constrictor* predation and group response in White-faced Cebus Monkeys. *Biotropica* 18:171-172.
- Cisneros-Heredia, D.F., A. León-Reyes & S. Seger. 2005. *Boa constrictor* predation on a Titi monkey, *Callicebus discolor*. *Neotropical Primates* 13:11-12.
- David, P., E. Thébault, O. Anneville, P.F. Duyck, E. Chapuis & N. Loeuille. 2017. Impacts of invasive species on food webs: A review of empirical data. Pp 1-60. In D.A. Bohan, A. J. Dumbrel & F. Massol (Eds.), *Networks of invasion: A synthesis of concepts*. Academic Press, Oxford, United Kingdom.
- Dick, J.T., K. Gallagher, S. Avlijas, H.C. Clarke, S. E. Lewis, S. Leung, D. Minchin, J. Caffrey, M.E. Alexander, C. Maguire, et al. 2013. Ecological impacts of an invasive predator explained and predicted by comparative functional responses. *Biological Invasions* 15:837-846.
- Durigan, G., M.F. Siqueira, G.A. Franco, S. Bridgewater & J. A. Ratter. 2003. The vegetation of priority areas for Cerrado conservation in São Paulo state, Brazil. *Edinburgh Journal of Botany* 60:217-241.
- Faria, G.M., C.A. Rosa, G.L. Corrêa, F. Puertas, K.M. Jiménez, L.N. Perillo, L. Hufnagel, B. Leles, R.C. Paula, F.H. Rodrigues, et al. 2015. Geographic distribution of the European hare (*Lepus europaeus*) in Brazil and new records of occurrence for the Cerrado and Atlantic Forest biomes. *Mammalia* 80.
- Ferrari, S.F., W.L. Pereira, R.R. Santos & L.M. Veiga. 2004. Fatal attack of a *Boa constrictor* on a Bearded Saki (*Chiropotes satanas utahicki*). *Folia Primatologica* 75:111-113.
- Flux, J.E. & R. Angermann. 1990. The Hares and Jackrabbits. Pp. 61-94. In J.A. Chapman & J.E. Flux (Eds.), *Rabbits, hares and pikas: Status survey and conservation action plan*. IUCN.
- Fricke, E.C. & J-C. Svenning. 2020. Accelerating homogenization of the global plant-frugivore meta-network. *Nature*, 585:74-78.
- Gondim, P.M., D.M. Borges-Nojosa, M.J. Borges-Leite & C.G. Albano. 2012. *Boa constrictor* (*Boa constrictor*). Diet. *Herpetological Review* 43:654-655.
- Greene, H.W. 1983. *Boa constrictor* (Boa, Béquer, Boa Constrictor). Pp. 380-382 In D.H. Janzen (Ed.), *Costa Rican natural history*. University of Chicago Press, Chicago, USA.
- Greene, H.W. 1997. *Snakes: the evolution of mystery in nature*. University of California Press, California, USA.
- Grigera, D.E. & E.H. Rapoport. 1983. Status and distribution of the European hare in South America. *Journal of Mammalogy* 64:163-166.
- Hacklander, K. & S. Schai-Braun. 2019. *Lepus europaeus*. The IUCN Red List of Threatened Species. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2019-1.RLTS.T41280A45187424>. en [Accessed in November 2021]
- Henderson, R.W. & M.J. Pauers. 2012. On the diets of neotropical treeboas (Squamata: Boidae: *Corallus*). *South American Journal of Herpetology* 7:172-180.
- Henderson, R.W., M.J. Pauers & T.J. Colston. 2013. On the congruence of morphology, trophic ecology, and phylogeny in Neotropical treeboas (Squamata: Boidae: *Corallus*). *Biological Journal of the Linnean Society* 109:466-475.
- Holley, A.J. 1993. Do Brown Hares signal to Foxes? *Ethology* 94:21-30.
- Instituto Hórus. 2021. Base de dados de espécies exóticas invasoras do Brasil. *Lepus europaeus*. Instituto Hórus de Desenvolvimento e Conservação Ambiental, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil. <http://bd.institutohorus.org.br/www> [Accessed in November 2021].



- King, R.B., J.M. Ray & K.M. Stanford, 2006. Gorging on gobies: beneficial effects of alien prey on a threatened vertebrate. *Canadian Journal of Zoology* 84:108-115.
- Machado, H.T., C.S. Matias, E.P. Alcantara & C. Ferreira-Silva. 2018. *Boa constrictor* (*Boa constrictor*). Diet. *Herpetological Review* 49:123-124.
- Magioli, M., M.Z. Moreira, K.M. Ferraz, R. Miotto, P.B. Camargo, M.G. Rodrigues, M.C. Canhoto & E.F. Setz. 2014. Stable Isotope Evidence of *Puma concolor* (Felidae) Feeding Patterns in Agricultural Landscapes in Southeastern Brazil. *Biotropica* 46:451-460.
- Marques, O.A., A. Eterovic, C.C. Nogueira & I. Sazima. 2015. Serpentes do Cerrado. Holos Editora Ltda, Ribeirão Preto, SP, Brazil.
- Martins, M. & M.E. Oliveira. 1998. Natural history of snakes in forests of the Manaus region, central Amazonia, Brazil. *Herpetological Natural History* 6:78-150.
- McCann K., A. Hastings & G.R. Huxel. 1998. Weak trophic interactions and the balance of nature. *Nature*, 395:794-98.
- Melo, A.C. & G. Durigan. 2011. Plano de Manejo da Estação Ecológica de Santa Bárbara. São Paulo: Instituto Florestal - Secretaria do Meio Ambiente.
- Mesquita, P.C., D.C. Passos, D.M. Borges-Nojosa & S.Z. Cechin. 2013. Ecologia e história natural das serpentes de uma área de Caatinga no nordeste brasileiro. *Papéis Avulsos de Zoologia* 53:99-113.
- Mole, R.R. & F.W. Urich. 1894. Biological notes upon some of the Ophidia of Trinidad, BWI, with a preliminary list of the species recorded from the island. *Proceedings of the Zoological Society of London* 499-518.
- Newsome, S.D., M.T. Tinker, D.H. Monson, O.T. Oftedal, K. Ralls, M.M. Staedler, M.L. Fogel & J.A. Estes. 2009. Using stable isotopes to investigate individual diet specialization in California sea otters (*Enhydra lutris nereis*). *Ecology* 90:961-974.
- Nogueira, C.C., A.J. Argôlo, V. Arzamendia, J.A. Azevedo, F.E. Barbo, R.S. Bérnils, B.E. Bolochio, M. Borges-Martins, M. Brasil-Godinho, H. Braz, et al. 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(sp1):1-274.
- Pasqualotto, N., D. Boscolo, N.F. Versiani, R.M. Paolino, T.F. Rodrigues, V.G. Krepschi & A.G. Chiarello. 2021. Niche opportunity created by land cover change is driving the European hare invasion in the Neotropics. *Biological Invasions* 23:1-18.
- Peters, F.B., P.R. Roth, A.A. Jeronimo, M.S. Pereira, F. Poerschke, L.F. Machado & A.U. Christoff. 2009. Predação de *Lepus europaeus* (Lagomorpha: Leporidae) por *Bubo virginianus* (Strigiformes: Strigidae) no Sul do Brasil. *Biodiversidade Pampeana* 7:31-34.
- Pinto-Coelho, D., B. Hamdan & R. Lira-da-Silva. 2020. Geographic an altitudinal distribution of snakes of the family Boidae in the state of Bahia, northeastern Brazil. *Revista Nordestina de Zoologia* 12:26-50.
- Pintor, L.M. & J.E. Byers. 2015. Do native predators benefit from non-native prey? *Ecology Letters* 18:1174-1180.
- Pizzatto, L., O.A. Marques & K. Facure. 2009. Food habits of Brazilian boid snakes: overview and new data, with special reference to *Corallus hortulanus*. *Amphibia-Reptilia*, 30:533-544. [https://brill.com/view/journals/amre/30/4/article-p533\\_10.xml](https://brill.com/view/journals/amre/30/4/article-p533_10.xml) [Accessed in November 2021]
- Pringle, R.M. & M.C. Hutchinson. 2020. Resolving Food-Web Structure. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 51:55-80.
- Quick, J.S., H.K. Reinert, E.R. Cuba & R.A. Odum. 2005. Recent occurrence and dietary habits of *Boa constrictor* on Aruba, Dutch West Indies. *Journal of Herpetology* 39:304-307.
- Quintino, E.P. & J.C. Bicca-Marques. 2013. Predation of *Alouatta puruensis* by *Boa constrictor*. *Primates*, 54:325-330.
- Reed, R.N. & G.H. Rodda. 2009. Giant constrictors: biological and management profiles and an establishment risk assessment for nine large species of Pythons, Anacondas, and the Boa constrictor. U.S. Geological Survey Open-File Report 2009-1202. USA
- Ruedas, L.A., S.M. Silva, J.H. French, R.N. Platt II, J. Salazar-Bravo, J.M. Mora & C.W. Thompson. 2017. A prolegomenon to the systematics of South American cottontail rabbits (Mammalia, Lagomorpha, Leporidae: *Sylvilagus*): designation of a neotype for *S. brasiliensis* (Linnaeus, 1758), and restoration of *S. andinus*

- (Thomas, 1897) and *S. tapitillus* Thomas, 1913. Miscellaneous Publications of The Museum of Zoology, University of Michigan, 205. <http://hdl.handle.net/2027.42/136089> [Accessed in November 2021]
- Ruedas, L.A. & A.T. Smith. 2019. *Sylvilagus tapetillus* (errata version published in 2020). The IUCN Red List of Threatened Species. <https://www.iucnredlist.org/species/142542759/165117046> [Accessed in November 2021]
- Ruxton, G.D., T.N. Sherratt & M.P. Speed. 2004. Avoiding attack: The evolutionary ecology of crypsis, warning signals, and mimicry. Oxford University Press, Oxford, United Kingdom.
- Sawaya, R.J., O.A. Marques & M. Martins. 2008. Composition and natural history of a Cerrado snake assemblage at Itirapina, São Paulo state, southeastern Brazil. *Biota Neotropica* 8:127-149.
- Scartozzoni, R.R. & F.B. Molina. 2004. Comportamento alimentar de *Boa constrictor*, *Epicrates cenchria* e *Corallus hortulanus* (Serpentes: Boidae) em cativeiro. *Revista de Etologia* 6:25-31. [http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1517-28052004000100003](http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-28052004000100003) [Accessed in November 2021]
- Secor, S.M. & J.M. Diamond. 2000. Evolution of regulatory responses to feeding in snakes. *Physiological and Biochemical Zoology* 73:123-141.
- Shine, R. 1991. Why do larger snakes eat larger prey items? *Functional Ecology* 5: 493-502.
- Silva, L.V. & G.P. Faggioni. 2015. *Boa constrictor* (Boa Constrictor). Diet. *Herpetological Review* 46:99-100.
- Sorrell, G.G., S.M. Boback, R.N. Reed, S. Green, C.E. Montgomery, L.S. Souza & M. Chiaraviglio. 2011. *Boa constrictor* (Boa Constrictor). Foraging behaviour. *Herpetological Review* 42:281.
- Stanner, M. & H. Mendelssohn. 1986. The diet of *Varanus griseus* in the southern coastal plain of Israel (Reptilia: Sauria). *Israel Journal of Zoology* 34:67-75.
- Svanbäck, R. & D.I. Bolnick. 2005. Intraspecific competition affects the strength of individual specialization: an optimal diet theory method. *Evolutionary Ecology Research* 7:993-1012.
- Tinker, M.T., P.R. Guimarães Jr., M. Novak, F.M. Marquitti, J.L. Bodkin, M. Staedler, G. Bentail & J.A. Estes. 2012. Structure and mechanism of diet specialisation: testing models of individual variation in resource use with sea otters. *Ecology Letters* 15:475-83.
- Velázquez, A. 2012. El contexto geográfico de los lagomorfos de México. *Therya* 3:223-238.



# FIRST PREDATION RECORD OF *CELESTUS LEGNOTUS* CAMPBELL & CAMARILLO 1994 (SQUAMATA: ANGUIDAE) BY *LAMPROPELTIS POLYZONA* COPE, 1860 (SQUAMATA: COLUBRIDAE) IN PUEBLA, MÉXICO

PRIMER REGISTRO DE DEPREDACIÓN DE *CELESTUS LEGNOTUS* CAMPBELL & CAMARILLO 1994 (SQUAMATA: ANGUIDAE) POR *LAMPROPELTIS POLYZONA* COPE, 1860 (SQUAMATA: COLUBRIDAE) EN PUEBLA, MÉXICO

ANA LAURA FERNÁNDEZ-ROJAS<sup>1</sup>, MARTHA ANAHÍ GÜIZADO-RODRÍGUEZ<sup>2\*</sup>, DURCY MARIELA RIVERA-ORTUÑO<sup>3</sup>, ESTEFANÍA ÁNGEL-HERNÁNDEZ<sup>4</sup> & BRENDA VIVEROS-MORENO<sup>5</sup>

División de Biología, Subdirección de Investigación y Posgrado, Instituto Tecnológico Superior de Zacapoaxtla, Tecnológico Nacional de México, Carretera Acuaco-Zacapoaxtla Km. 8, Col. Totoltepec, Zacapoaxtla, Puebla, C.P. 73680, México.

\*Correspondence: [martha.gr@zacapoaxtla.tecnm.mx](mailto:martha.gr@zacapoaxtla.tecnm.mx)

Received: 2021-11-28. Accepted: 2022-03-06. Published: 2022-04-14.

Editor: Adrián Leyte Manrique, México.

**Resumen.**— Se sabe que los colubridos se alimentan de otros vertebrados como aves, pequeños mamíferos, lagartijas y en algunos casos de huevos e invertebrados. Por el contrario, existe un vacío considerable de información de varios aspectos de la historia natural de las lagartijas anguidas. Con base en una observación fotografiada en la comunidad de Atemeya, municipio de Yaonahuac, Puebla, reportamos el primer registro de *Lampropeltis polyzona* depredando a *Celestus legnotus*, uno de los anguidos menos conocidos de México.

**Palabras claves.**— Ánguidos, colúbridos, dieta, historia natural.

**Abstract.**— Colubrids are known to feed on other vertebrates such as birds, small mammals, lizards, and in some cases eggs and invertebrates. Conversely, there is a considerable information gap on various aspects of anguid lizard's natural history. Based on a photographed observation in the community of Atemeya, municipality of Yaonahuac, Puebla, we report the first record of *Lampropeltis polyzona* preying on *Celestus legnotus*, one of the least known anguids of México.

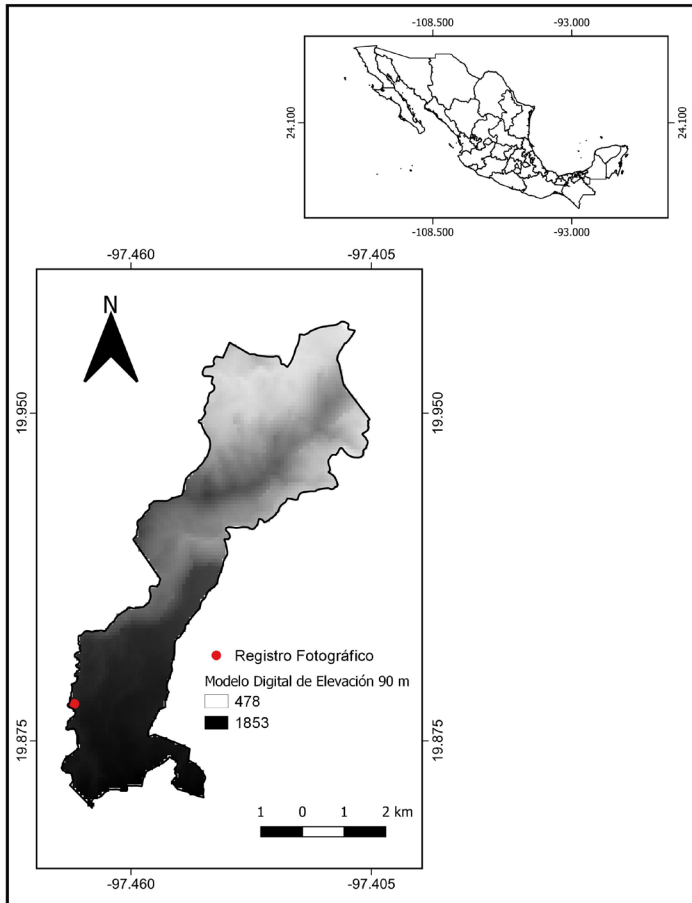
**Key words.**— Anguids, colubrids, diet, natural history.

The Atlantic Central American Milksnake, also known as Mexican false coral snake, *Lampropeltis polyzona* is a moderate sized terrestrial snake (1750 mm of snout-vent length (SVL)) widely distributed along both the Pacific and Atlantic coasts of Mexico, from southern Sonora and northern Veracruz, to at least northern Guerrero and northern Oaxaca (Ruane et al., 2014; Chambers & Hillis, 2020). The distribution range includes a wide variety of vegetation types, such as subtropical thorn forest, evergreen seasonal forest, cloud forest, pine-oak forest, and tropical deciduous forest (Heimes, 2016; Vázquez-Cruz, 2020; Piñango-Bustamente et al., 2022). It is an active forager with a generalist diet, that includes lizards, reptile eggs, mammals, rarely birds (Williams, 1978; Mitchell, 1980; Cohen, 1988; Mendoza-Quijano & Ruíz-Piña 1995; Rodríguez & Drummond, 2000; Pérez-Higareda et al., 2007; Aguilar-López & Pineda, 2013)

and snakes (Vásquez-Cruz, 2020). The *L. polyzona*'s diet includes the following species of lizards: *Anolis sagrei*, *Aspidoscelis costata*, *Ctenosaura pectinata*, *Holcosus amphigrammus*, *Plestiodon* sp., *Sceloporus variabilis* and *Scincella* sp. (Vásquez-Cruz, 2020).

*C. legnotus* is a completely terrestrial species, that inhabits cloudy forests but can be found also in pine forests (Campbell & Camarillo, 1994; Canseco-Márquez & Gutiérrez-Mayén, 2004), its reproduction is viviparous with a litter size up to seven hatchlings with an SVL between 29.4 to 34.2 mm (Canseco-Márquez & Gutiérrez-Mayén, 2004). This species was described by Campbell and Camarillo (1994) from Tepango de Rodríguez, Puebla at 1500 meters above sea level, and from the species description, few information is found and no information about its diet exist or the type of species that feeds on it.





**Figura 1.** Mapa de la ubicación del registro fotográfico (punto rojo) de *Lampropeltis polyzona* alimentándose de *Celestus legnotus* en la comunidad de Atemeya, municipio de Yaonahuac, Puebla. Fuente: Conjunto de datos vectorial de la División Política Estatal, 1:250,000 (INEGI, 2018). Modelo Digital de Elevación a 90 metros (Jarvis et al. 2008).

**Figure 1.** Map of the ubication of the photographic record (red dot) of *Lampropeltis polyzona* feeding on *Celestus legnotus* in the community of Atemeya, municipality of Yaonahuac, Puebla. Source: Vector data set of the Political State Division 1:250,000 (INEGI, 2018). Digital Elevation Model to 90 meters (Jarvis et al. 2008).



**Figura 2.** Sitio de registro de *Lampropeltis polyzona* depredando a *Celestus legnotus*. (Izquierda) asociación de bosque de pino-encino y parcelas de cultivo. Derecha) vegetación ruderal. Foto Ana Laura Fernández-Rojas.

**Figure 2.** Site of the record of *Lampropeltis polyzona* preying on *Celestus legnotus*. Left) an association of pine-oak forest and crop plots. Right) ruderal vegetation. Photo Ana Laura Fernández-Rojas.



**Figura 3.** Izquierda) *Lampropeltis polyzona* atacando y sosteniendo un individuo de *Celestus legnotus*. Derecha) Nótese que la serpiente se estaba comiendo a la lagartija por la cabeza. Foto Ana Laura Fernández-Rojas.

**Figure 3.** Left) *Lampropeltis polyzona* attacking and holding an individual of *Celestus legnotus*. Right) Notice the snake was eating the lizard by the head. Photo Ana Laura Fernández-Rojas.

On September 19th, 2021, at 11:40 h, in the community of Atemeya, in the municipality of Yaonahuac, Puebla (19.88349° N, -97.47294° W; WGS84) 1683 meters above sea level and in a warm humid climate (Fig. 1), we observed an adult of *Lampropeltis polyzona* (SVL= 550 mm) attacking an individual of *Celestus legnotus* (SVL= 80 mm). The site where we photographed the observation has a ruderal vegetation with an association of pine-oak forests and crop plots (Fig. 2).

For a period of 25 minutes, we observed the snake coiled tightly around the lizard's body holding its head with its jaw, while the lizard tried to free itself shaking from side to side. After a few minutes, *C. legnotus* seemed exhausted and moved slowly (Fig. 3a). At the end, *C. legnotus* was swallowed by *L. polyzona* (Fig. 3b). This observation is the first graphic report predation of *C. legnotus* by *L. polyzona* and the first occurrence of predation recorded by this species on an anguoid lizard. The identification of the lizard was verified by Uri O. García-Vázquez.

**Acknowledgments.**— We thank Uri Omar García Vázquez for their help to identify the specimen of *Celestus legnotus*. We thank Jorge Hernández Martínez for their help with English grammar. This study was funded by internal projects of the ITS Zacapoaxtla PI.LB-21-04 granted to MAGR.

## LITERATURE CITED

- Aguilar-López, J.L. & E. Pineda. 2013. A contribution to our knowledge of the false coral snake's (*Lampropeltis triangulum*, Lacépède 1788) diet. *Herpetology Notes* 6:89-90.
- Canseco-Márquez, L. & G. Gutiérrez-Mayén. 2004. Distribución y notas ecológicas de *Celestus legnotus* (Lacertilia: Anguinae) en el norte de Puebla, México. *Boletín de la Sociedad Herpetológica Mexicana* 12:55-58.
- Canseco-Márquez, L., N.L. Manríquez-Moran & G. Gutiérrez-Mayén. 2004. *Diploglossus legnotus*. *Reproduction*. *Herpetological Review* 35:266-267.
- Campbell, J.A. & J.L. Camarillo R. 1994. A new lizard or the genus *Diploglossus* (Anguinae. Diploglossinae) from Mexico, with a review of the Mexican and Northern Central American species. *Herpetologica* 50:193-209.
- Chambers, E.A. & D.M. Hillis. 2020. The multispecies coalescent over-splits species in the case of geographically widespread taxa. *Systematic Biology* 69:184-193.
- Cohen, E.E. 1988. La reducción de la nidada en el bobo café. Unpublished PhD Thesis, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.

- Heimes, P. 2016. Herpetofauna Mexicana. Vol. 1: Snakes of Mexico. Frankfurt am Main. Germany. Edition Chimaira.
- INEGI. 2018. División Política Estatal 1:250,000 2018. Instituto Nacional de Estadística y Geografía, México.
- Jarvis A., H.I. Reuter, A. Nelson & E. Guevara. 2008. Hole-filled seamless SRTM data V4, International Centre for Tropical Agriculture (CIAT), <https://srtm.csi.cgiar.org>. [Consulted on march, 2022].
- Mitchell, J.C. 1980. Notes on *Lampropeltis triangulum* (Colubridae) from northern Jalisco, Mexico. *Southwestern Naturalist* 25:269.
- Mendoza-Quijano, F. & H.A. Ruiz-Piña. 1995. *Lampropeltis triangulum smithi* (prey). *Herpetological Review* 26:148-149.
- Pérez-Higareda, G., M.A. López-Luna & H.M. Smith. 2007. Serpientes de la región de los Tuxtlas, Veracruz, México: guía de identificación ilustrada. México, D. F. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Piñango-Bustamente, J., O. Cid-Mora & V. Vásquez-Cruz. 2022. *Sceloporus grammicus* (Squamata: Phrynosomatidae), nueva especie presa en la dieta de *Lampropeltis polyzona* (Squamata: Colubridae). *Revista Mexicana de Herpetología* 5:9-10.
- Rodríguez, M.C. & H. Drummond. 2000. Exploitation of avian nestlings and lizards by insular milksnakes, *Lampropeltis triangulum*. *Journal of Herpetology* 34:139-142.
- Ruane, S., R.W. Bryson, R.A. Pyron & F.T. Burbrink. 2014. Coalescent species delimitation in milksnakes (Genus *Lampropeltis*) and impacts on phylogenetic comparative analyses. *Systematic Biology* 63:231-250.
- Vásquez-Cruz, V. 2020. New prey records for the Atlantic Central American Milksnake *Lampropeltis polyzona* (Serpentes: Colubridae). *Phyllomedusa* 19:107-111.
- Williams, K.L. 1978. Systematics and natural history of the American milk snake, *Lampropeltis triangulum*. Milwaukee Public Museum Publications in Biology and Geology 2:1-258.



# REASSESSMENT OF THE CONSERVATION STATUS OF THE CHILEAN DESERT LIZARD *LIOLAEMUS TORRESI* (NÚÑEZ, NAVARRO, GARÍN, PINCHEIRA-DONOSO & MERIGGIO, 2003, SQUAMATA, LIOLAEMIDAE): AN ENDANGERED (EN) OR NEAR THREATENED SPECIES (NT)?

REEVALUACIÓN DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LA LAGARTIJA DEL DESIERTO CHILENO *LIOLAEMUS TORRESI* (NÚÑEZ, NAVARRO, GARÍN, PINCHEIRA-DONOSO & MERIGGIO, 2003, SQUAMATA, LIOLAEMIDAE): ¿UNA ESPECIE EN PELIGRO DE EXTINCIÓN (EN) O CASI AMENAZADA (NT)?

JAIME TRONCOSO-PALACIOS\* & KATHERINE ALARCÓN

ENGIE Energía Chile S.A., Isidora Goyenechea 2800, Fl. 16th, Las Condes, Chile.

\*Correspondence: [jtroncosopalacios@gmail.com](mailto:jtroncosopalacios@gmail.com)

Received: 2022-01-10. Accepted: 2022-03-18. Published: 2022-04-21.

Editor: Nicolás Pelegrin, Argentina.

**Resumen.**— *Liolaemus torresi* es una lagartija pequeña que habita en el desierto de Atacama de Chile, el cual es el desierto más árido del mundo. La especie fue registrada por primera vez en el año 1983, y no se vieron más especímenes hasta el año 2001. Varios autores han señalado que *L. torresi* tiene densidades poblacionales extremadamente bajas y, a la fecha se ha registrado solo en 18 localidades. El 2017, la Lista Roja de la UICN incluyó a *L. torresi* como una especie En Peligro (EN B1abiii,v) basándose en el criterio B1 de Extensión de Ocurrencia (EOO). Sin embargo, el polígono de EOO no incluyó la localidad tipo, las localidades de recolección de los paratipos, los registros más sureños, ni varios de los registros más norteños de su rango de distribución. Por otra parte, el Estado Chileno, a través de su Ministerio del Medio Ambiente, inicialmente (2018) propuso una categoría de conservación similar (EN B1abiii + 2abiii), pero después (2020) un decreto incluyó a *L. torresi* como Casi Amenazada (NT). En esta publicación, ampliamos el rango de distribución de *L. torresi* (cuatro registros nuevos) y se provee evidencia para algunos registros que carecían de ésta. Dado que las categorías de conservación de la UICN (EN) y la chilena (NT) no coinciden, reevaluamos el estado de conservación de *L. torresi* usando información actualizada y siguiendo las categorías y criterios de la UICN. Concluimos que *L. torresi* debería ser categorizada como NT y proveemos todos los antecedentes necesarios para una futura actualización de la Lista Roja.

**Palabras clave.**— Lista Roja, Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), Extensión de Ocurrencia (EOO), distribución, localidad tipo, Atacama.

**Abstract.**— *Liolaemus torresi* is a small lizard that inhabits Chile's Atacama Desert, which is the driest desert in the world. The species was first recorded in 1983, and no more specimens were seen until 2001. Several authors have stated that *L. torresi* has extremely low population densities and, to date, it has been recorded in only 18 localities. In 2017, the IUCN listed *L. torresi* as an Endangered species (EN B1abiii,v), based on the B1 criterion of Extent of Occurrence (EOO). However, the EOO polygon did not include the type locality, the paratypes collection localities, the southernmost records, or several of the northernmost records of its distributional range. The Chilean State, through the Ministry of the Environment, initially (2018) proposed a similar conservation category (EN B1abiii + 2abiii), but later (2020) a decree listed *L. torresi* as Near Threatened (NT). In this paper, we expand the distributional range of *L. torresi*

(four new records) and provide evidence for some previous records that had been lacking it. Since the IUCN (EN) and the Chilean (NT) conservation categories do not match, we reassess the conservation status of *L. torresi* using updated information and following the IUCN categories and criteria. We conclude that *L. torresi* should be categorized as NT, and provide all the necessary background for a further Red List update.

**Keywords.**— Red List, International Union for Conservation of Nature (IUCN), Extent of Occurrence (EOO), distribution, type locality, Atacama.

## INTRODUCTION

The International Union for Conservation of Nature (IUCN) is the primary source for species conservation categories (Red List of Threatened Species), and the criteria and guidelines needed to establish them (IUCN, 2012a,b). Only ~40% of reptiles have been assessed by the IUCN (Meiri & Chapple, 2016), and this group has received markedly less attention than other groups of vertebrates like amphibians, birds and mammals (Chapple et al., 2021). Additionally, once a species assessment is carried out by the IUCN, an update might be needed if new data becomes available (e.g. Wilson et al., 2013). In southern South America, the lizard genus *Liolaemus* shows an extraordinarily high species diversity, with more than 270 species distributed mainly in Argentina and Chile, and with new species described each year (Abdala et al., 2021; Avila et al., 2021), of which 98 have been identified in Chile (Ruiz de Gamboa, 2020).

Chile's Ministry of the Environment (Ministerio del Medio Ambiente, MMA) uses its own assessment process to establish the species conservation categories. Currently, the conservation categories used in this assessment are the same as those listed by the IUCN (2012a): Extinct (EX), Extinct in the Wild (EW), Critically Endangered (CR), Endangered (EN), Vulnerable (VU), Near Threatened (NT), Least Concern (LC), Data Deficient (DD) and Not Evaluated (NE). In summary, the Chilean assessment process consists of an initial proposal of conservation category (using the IUCN guidelines), followed by a public consultation and a final decision taken by the Council of Ministers (MMA, 2012). Thus, the resulting Chilean conservation category and the category used on the IUCN Red List do not always match. In regard to threatened species, the MMA lists four species of *Liolaemus* as CR, 19 as EN and 21 as VU (Ruiz de Gamboa, 2020). Worldwide, 40 species of *Liolaemus* are listed as threatened, according to the IUCN Red List (Table 1). Of these, the Red List includes two species of *Liolaemus* that occur in Chile as CR, ten as EN and five as VU (Ruiz de Gamboa, 2020).

*Liolaemus torresi* (Núñez, Navarro, Garín, Pincheira-Donoso & Meriggio, 2003) is a small lizard (maximum snout-vent length

= 64 mm), with short snout, bulging eyes, a tail larger than its trunk and 60–68 scales around its mid-body (Núñez et al., 2003; Troncoso-Palacios & Escobar-Gimpel, 2020). It is endemic to Chile, inhabiting the northern part of the country, specifically the Atacama Desert – the most arid desert in the world – in the regions of Tarapacá and Antofagasta (Díaz-Vega, 2014; Núñez et al., 2003). Few ecological antecedents are known. It is an insectivorous and viviparous lizard, with a recorded birth of two offspring (Núñez et al., 2003) and low population densities (Riveros-Riffo & Torres-Mura, 2015). When this lizard perceives a threat, it runs to hide under or between rocks (Núñez et al., 2003), under which it digs its burrows (Riveros-Riffo & Torres-Mura, 2015). It has been observed on rocks, raising its limbs and tail to avoid the high temperatures of the desert (Díaz-Vega, 2015). DNA data of this species was first published by Ruiz de Gamboa et al. (2018). Later, Abdala et al. (2020) published the first broad phylogenetic study (total evidence) to include *L. torresi*, and found this species to be a member of the *L. reichei* clade. However, one DNA phylogenetic study, which did not include *L. torresi* (Aguilar-Puntriano et al., 2018), found that the *L. reichei* clade is not monophyletic. Thus, it can be inferred that there are some discrepancies on the higher taxonomy of *L. torresi*. We remark that the species was described for the genus *Phrynosaura*, considered long ago as a junior synonym of *Liolaemus* (Etheridge, 1995), a proposal widely supported by molecular evidence (Valladares et al., 2002; Schulte & Moreno-Roark, 2010; Aguilar-Puntriano et al., 2018; Ruiz de Gamboa et al., 2018; Abdala et al., 2020; Quiroz et al., 2021). Despite this, the species taxonomy is very stable, and to our knowledge, no publication has ever questioned its status as a valid taxon.

Chile's Ministry of the Environment initially proposed that *L. torresi* should be categorized as Endangered (EN, B1ab[iii] + 2ab[iiii]), using both B1 and B2 criteria (MMA, 2018). The B1 criterion corresponds to the Extent of Occurrence (EOO). It is also accompanied by two conditions: a" severely fragmented distribution or number of locations  $\leq 5$ ; and "b" continuing decline observed, estimated, inferred or projected in any of iii (area, extent and/or quality of habitat). On the other hand, the B2 criterion corresponds to the Area of Occupancy (AOO). However,

**Tabla 1.** Todas las especies amenazadas (VU, EN, CR) y casi amenazadas de *Liolaemus* de la Lista Roja de la UICN (último acceso en enero, 2022). Se provee la Extensión de presencia (E00, criterio B1) y el Área de ocupación (A00, criterio B2). \**L. manueli* se considera actualmente un sinónimo menor de *L. audituvelatus* (Ruiz de Gamboa et al., 2018). \*\**L. signifer* se considera actualmente un nomen dubium (Langstroth, 2021). En el caso de *L. torresi* se proveen ambas, la actual categoría de la UICN y nuestra propuesta.

**Table 1.** All threatened (VU, EN, CR) and Near Threatened *Liolaemus* species on the IUCN Red List (last accessed in January 2022). The Extent of Occurrence (E00, B1 criterion) and the Area of Occupancy (A00, B2 criterion) for each species are provided. \**L. manueli* is currently considered a junior synonym of *L. audituvelatus* (Ruiz de Gamboa et al., 2018). \*\**L. signifer* is currently considered a nomen dubium (Langstroth, 2021). In the case of *L. torresi*, both the current IUCN category and our proposed category are provided.

Species	E00 (km <sup>2</sup> )	A00 (km <sup>2</sup> )	IUCN Red List category	Species	E00 (km <sup>2</sup> )	A00 (km <sup>2</sup> )	IUCN Red List category
<b>Threatened species</b>				<b>Threatened species (cont.)</b>			
<i>L. aparicioi</i>	30	-	Critically Endangered B1ab(i,iii)	<i>L. poconchilensis</i>	1,300	-	Endangered B1ab(iii)
<i>L. arambarensis</i>	1,000	-	Endangered B1ab(iii)	<i>L. rabinoi</i>	4	4	Critically Endangered b(i,ii,iii,iv,v)+2ab(i,ii,iii,iv,v)
<i>L. audituvelatus</i>	7,300	-	Vulnerable B1ab(iii); D2	<i>L. riodamas</i>	250	1-250	Endangered B1ab(i,ii,v)+2ab(i,ii,v)
<i>L. azarai</i>	-	8	Critically Endangered B2ab(iii)	<i>L. robertoi</i>	2,870	-	Endangered B1ab(iii)
<i>L. carlosgarini</i>	96	-	Vulnerable D2	<i>L. salinicola</i>	1,800	-	Endangered B1ab(iii,v)
<i>L. cranwelli</i>	0-20	-	Critically Endangered ( ) B1ab(i,iii)	<i>L. scapularis</i>	2,000	-	Endangered B1ab(i,iii,v)
<i>L. cuyumhue</i>	5-99	-	Critically Endangered B1ab(iii)+2ab(iii)	<i>L. stolzmanni</i>	600	-	Endangered B1ab(iii,v)
<i>L. dicktracyi</i>	-	8	Vulnerable D2	<i>L. tandiliensis</i>	6,093	-	Vulnerable B1ab(iii,iv,v)
<i>L. fabiani</i>	2,600	-	Endangered B1ab(iii)	<i>L. thermanum</i>	78	-	Vulnerable D2
<i>L. famatinae</i>		25	Vulnerable D2	<i>L. torresi (current)</i>	4,900	-	Endangered B1ab(iii,v)
<i>L. fittkaui</i>	1,500	-	Vulnerable B1ab(iii)	<i>L. tregenzai</i>	-	10	Vulnerable D2
<i>L. forsteri</i>	165	-	Endangered B1ab(i)	<i>L. variegatus</i>	15,960	-	Vulnerable B1ab(iii)
<i>L. frassinettii</i>	-	4	Vulnerable D2	<i>L. villaricensis</i>	-	-	Vulnerable D2
<i>L. gravenhorstii</i>	4,478	-	Endangered B1ab(iii)	<b>Near Threatened species</b>			
<i>L. halonastes</i>	-	8	Vulnerable D2	<i>L. chavin</i>	4,830	-	Near Threatened
<i>L. hellmichi</i>	-	4	Vulnerable D1	<i>L. quilmes</i>	5,000	-	Near Threatened
<i>L. insolitus</i>	360	-	Endangered B1ab(iii,iv)	<i>L. robustus</i>	12,265	-	Near Threatened
<i>L. leopardinus</i>	240	-	Endangered B1ab(i,iii)	<i>L. rosenmanni</i>	4,900	-	Near Threatened
<i>L. loboii</i>	-	16	Endangered B1ab(iii)+2ab(iii)	<i>L. signifer**</i>	92,000	-	Near Threatened
<i>L. lorenzmuelleri</i>	1,700	-	Endangered B1ab(iii)	<i>L. silvai</i>	70	-	Near Threatened
<i>L. lutzae</i>	-	-	Vulnerable A1c+2c	<i>L. tacnae</i>	5,400	-	Near Threatened
<i>L. manueli*</i>	1,700	-	Endangered B1ab(iii)	<i>L. torresi (our pro-posal)</i>	21,712-22,073	-	Near Threatened
<i>L. martorii</i>	9,000	-	Vulnerable B2ab(ii,iii)	<i>L. valdesianus</i>	160	-	Near Threatened
<i>L. morenoi</i>	-	20	Vulnerable D2	<i>L. vallecurensis</i>	9,000	-	Near Threatened
<i>L. multimaculatus</i>	-	424	Endangered B2ab(ii,iii)	<i>L. walkerii</i>	8,000	-	Near Threatened
<i>L. occipitalis</i>	-	-	Vulnerable B1+2bc				
<i>L. paulinae</i>	90	-	Critically Endangered B1ab(i,iii)				

the final decision taken by the Council of Ministers was to classify it as Near Threatened (MISP, 2020). We remark that MISP (2020) is a legal regulation (decree) and does not provide arguments or technical analysis on the *L. torresi* conservation category. For its part, the IUCN Red List includes *L. torresi* as Endangered (EN, B1ab[iii,v]; Espejo et al., 2017), in which “v” corresponds to the number of mature individuals.

Since the IUCN conservation category (EN) and the Chilean legal conservation category (NT) do not match, in this paper we perform a reassessment of the conservation category of *L. torresi*, based on IUCN criteria (IUCN, 2012a), with the aim of providing an updated classification proposal.

## MATERIALS AND METHODS

We followed the criteria, categories (v. 3.1, IUCN, 2012a) and guidelines (v4.0, IUCN, 2012b) of the IUCN to provide an assessment of the conservation status of *L. torresi*. The IUCN uses three categories for the threatened species (CR, EN and VU), and two categories for species not threatened but with enough data to provide an assessment (Near Threatened [NT] and Least Concern [LC]). Five criteria can be used to establish the conservation category (using one or in combination): A: population size reduction, B: geographic range, C: small population size and decline, D: very small or restricted population, and E: quantitative analysis. Since no population size or qualitative population analysis has been published for *L. torresi*, we used the B criterion for the assessment of its conservation status, which is the same criterion used by the IUCN assessment (Espejo et al., 2017) and by the Chilean Ministry of the Environment assessment (MMA, 2018). The voucher codes mentioned use the following acronyms: MNHNCL (National Museum of Natural History of Chile), MUAP (Museum of the University Arturo Pratt of Iquique) and SSUC Re (Collection of the Pontifical Catholic University of Chile). We reviewed almost all the type specimens, and one additional specimen of *L. torresi*, to confirm the diagnostic traits proposed in the literature (Núñez et al., 2003; Valladares-Faúndez et al., 2018; Troncoso-Palacios & Escobar-Gimpel, 2020), which are listed in Appendix I.

The paratypes that were not examined are one of unknown sex (MNHNCL 1458), two neonates (MNHNCL 3534–35), one diaphonized (MNHNCL 3381) and an adult male (MNHNCL 3542). We reviewed all literature concerning *L. torresi*, including papers published via peer review in scientific journals (Díaz-Vega, 2014, 2015; Donoso-Barros, 1969; Núñez & Gálvez, 2015; Núñez et al., 1998, 2003; Riveros-Riffo & Torres-Mura, 2015; Ruiz de Gamboa et al., 2018; Troncoso-Palacios and Escobar-

Gimpel, 2020) and two books (Demangel, 2016; Mella, 2017). In the case of Demangel (2016), we used only the records provided with photographic evidence that allow unambiguous species identification, since the taxonomic treatment of this book has been received with rejection or caution (Abdala et al., 2021; Ruiz de Gamboa, 2020; Troncoso-Palacios et al., 2019). Additionally, Ignacio Fernández Latapiat provided one record of *L. torresi* from ENGIE wind farm (22°27'S – 68°48'W), supported through photographic evidence (Figs. 1 and 2).

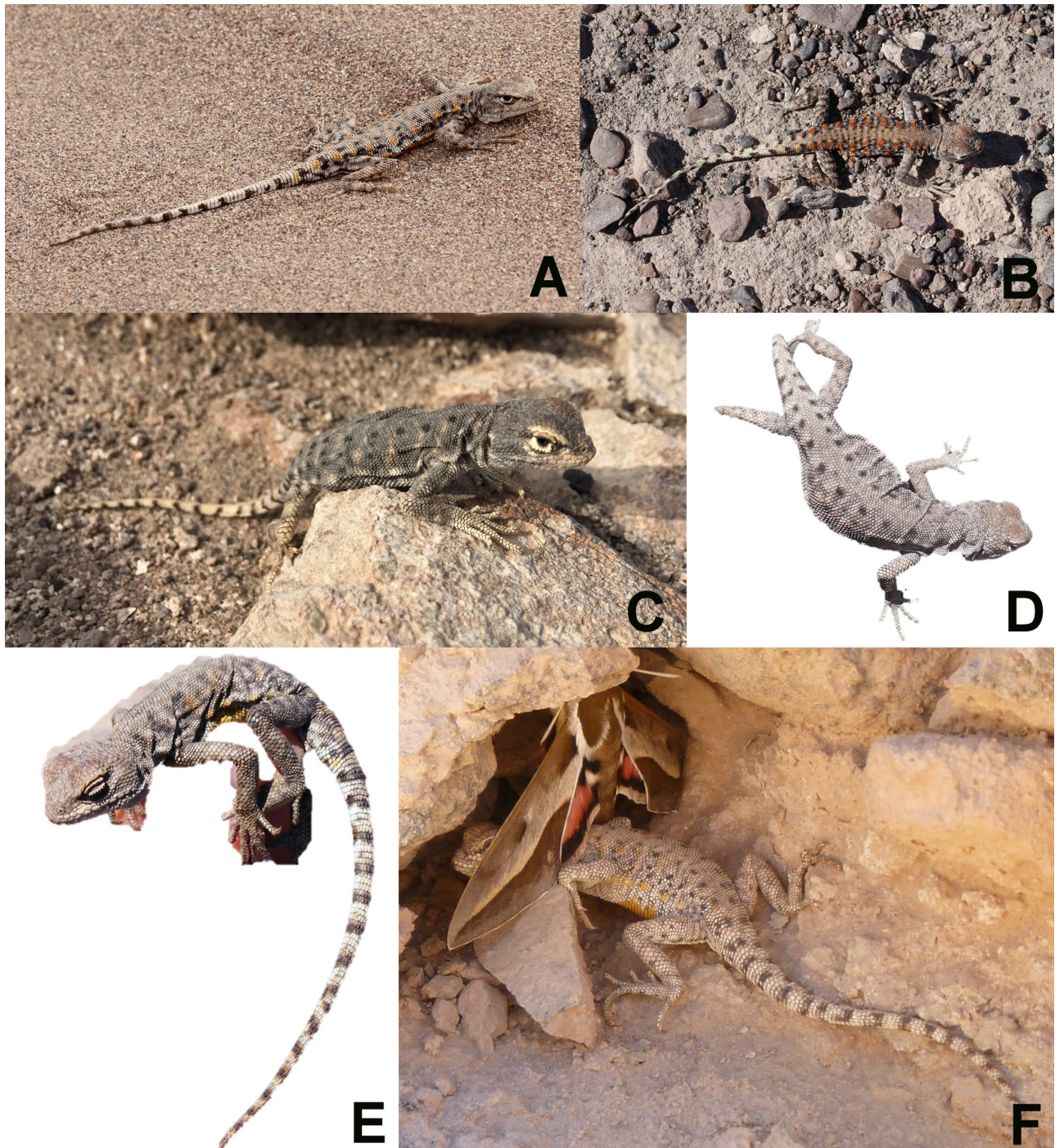
Finally, E. Riveros-Riffo kindly sent us data (geographic coordinates and photographs) of five records of *L. torresi* (Figs. 1 and 2), three of which are new: Challacollo (the northernmost record of this species, 20°53'S – 69°22'W), Toco (22°03'S – 69°34'W) and North Sierra Gorda (22°45'S – 69°17'W), while two were previously listed by Riveros-Riffo and Torres-Mura (2015) but evidence was not published. All coordinates provided in UTM or decimal degrees in the original publication were transformed into geographic coordinates (degrees and minutes). We estimated the Extent of Occurrence (EOO), which is the area contained within the shortest continuous imaginary boundary that can be drawn to encompass all the known sites of present occurrence of a taxon (IUCN, 2012a). Geographic data was managed using Google Earth Pro v7.3.

## RESULTS AND DISCUSSION

### Literature analysis

Nine peer-reviewed publications (Díaz-Vega, 2014, 2015; Donoso-Barros, 1969; Núñez & Gálvez, 2015; Núñez et al., 1998, 2003; Riveros-Riffo & Torres-Mura, 2015; Ruiz de Gamboa et al., 2018; Troncoso-Palacios & Escobar-Gimpel, 2020) and two books (Demangel, 2016; Mella, 2017) mention geographic records for *L. torresi*. However, only some of these include original records, which are summarized in Table 2. The altitudinal range of *L. torresi* is 790 – ~2,600 m a.s.l.

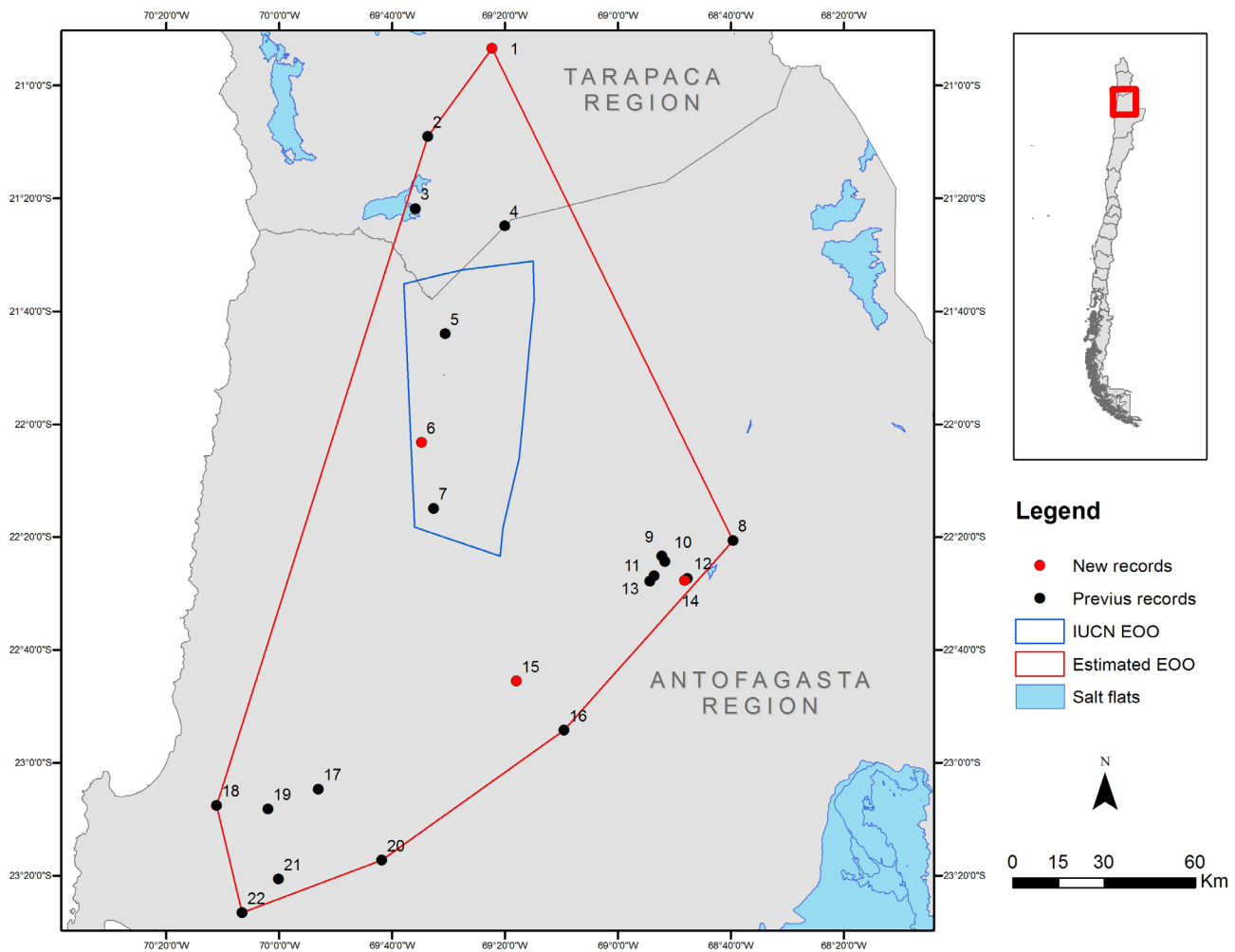
Some problems were noted. The record from 17 km east of Sierra Gorda (Mella, 2017) is stated as based on personal comments by Gabriel Lobos, but photographs are credited to Pablo Espejo. According to Riveros-Riffo and Torres-Mura (2015), the southernmost records of *L. torresi* are Quebrada Ordoñez, Rencoret and Mantos Blancos, although they provide no evidence (no voucher specimen codes or photographs). However, E. Riveros-Riffo sent us photographs of *L. torresi* from Quebrada Ordoñez and Rencoret (Fig. 1). Unfortunately, no evidence to support the southernmost record from Mantos Blancos is available, thus, we considered this record as doubtful. Moreover, recently, Troncoso-Palacios and Escobar-Gimpel



**Figura 1.** Evidencia fotográfica para los nuevos registros y algunos previos de *L. torresi*, ordenados de norte a sur. A) Challacollo, Región de Tarapacá, nuevo registro (fotografía por E. Riveros-Riffo). B) Toco, Región de Antofagasta, nuevo registro (fotografía por E. Riveros-Riffo). C) Campo eólico ENGIE, Región de Antofagasta, nuevo registro (fotografía por I. Fernández Latapiat). D) Norte de Sierra Gorda, Región de Antofagasta, nuevo registro (fotografía por E. Riveros-Riffo). E) Quebrada Ordoñez, Región de Antofagasta (fotografía por E. Riveros-Riffo). F) Rencoret, Región de Antofagasta (fotografía por E. Riveros-Riffo), nótese que en esta última está acompañado por un individuo de la especie de polilla *Hyles annei*.

**Figure 1.** Photographic evidence for new distributional records and some previous records of *L. torresi*, ordered from north to south. A) Challacollo, Tarapacá Region, new record (photograph by E. Riveros-Riffo). B) Toco, Antofagasta Region, new record (photograph by E. Riveros-Riffo). C) ENGIE wind farm, Antofagasta Region, new record (photograph by I. Fernández Latapiat). D) North of Sierra Gorda, Antofagasta Region, new record (photograph by E. Riveros-Riffo). E) Quebrada Ordoñez, Antofagasta Region (photograph by E. Riveros-Riffo). F) Rencoret, Antofagasta Region (photograph by E. Riveros-Riffo), note that this last one is accompanied by an individual of the moth species *Hyles annei*.





**Figure 2.** EOO of *L. torresi* and its records: Blue polygon = IUCN EOO, Red polygon = EOO estimated in this study. The records are shown with consecutive numbers ordered from north to south (black for previous records and red for new records). The names of the localities are provided in Table 2. Type locality = 9. Paratype collection localities = 10-13.

**Figure 2.** EOO de *L. torresi* y sus registros. Polígono azul = IUCN EOO. Polígono rojo = EOO estimado en este estudio. Los registros se muestran con números consecutivos ordenados de norte a sur (negro para registros anteriores y rojo para los nuevos). Los nombres de las localidades se proveen en la Tabla 2. Localidad tipo = 9. Localidades de recolección de los paratipos = 10-13

(2020) restricted the type locality of *L. stolzmanni* (Steindachner, 1891) to transect between Antofagasta and Mejillones, near Mantos Blancos. Since both species are similar, the record of *L. torresi* from Mantos Blancos needs confirmation.

Núñez and Gálvez (2015) modified several of the previously published records of *L. torresi*, without providing an explanation for this. They list coordinates and localities for this species as *Liolaemus torresi* (p. 70), but also as *Phrynosaura torresi* (p. 164). Riveros-Riffo and Torres-Mura (2015) list a record from Estación La Rioja, 23°04'S – 69°53'W (provided in UTM and transformed

into geographic coordinates by us), based on the specimen MNHNCL 4853, but Núñez and Gálvez (2015) provide a different locality name with the same coordinates for this specimen: “Sierra Gorda, Baquedano”. Since Edwin Riveros is the collector (Núñez & Gálvez, 2015), we use Riveros-Riffo and Torres-Mura (2015) for the locality name. In the species description, Núñez et al. (2003) stated that the holotype MNHNCL 3382 was collected in the Salar del Indio SW Chuiquicamata 22°23'S – 68°52'W (type locality), but Núñez and Gálvez (2015) listed the type locality as “Salar de Indias” with different coordinates “22°23'S – 68°51'W”. The voucher label has the following data: Salar de Indias, 22°23'S

**Tabla 2.** Registros de *Liolaemus torresi*, ordenados de norte a sur. Algunas altitudes fueron estimadas con Google Earth Pro v7.3.**Table 2.** Records of *Liolaemus torresi*, ordered from north to south. Some altitudes were estimated with Google Earth Pro v7.3.

Locality	Región	Coordinates (degrees and minutes)	Altitude (m asl)	Reference	Evidence and date (year)
Challacollo	Tarapacá	20°53' S - 69°22' W	~1,200 (estimated)	New record	Photographs, 2014
Quebrada Guatacondo	Tarapacá	21°09' S - 69°33' W	790	Díaz-Vega (2014)	Photographs, date unknown
Salar Llamara	Tarapacá	Not provided (21°21' S - 69°35' W estimated)	Not provided (~800 estimated)	Demangel (2016)	Photographs, date unknown
Quebrada Sama	Tarapacá	21°24' S - 69°20' W	1,038	Díaz-Vega (2014)	Photographs, date unknown
Southern Quillagua	Antofagasta	Not provided (21°39' S - 69°31' W estimated)	Not provided (~900 estimated)	Demangel (2016)	Photographs, date unknown
Toco	Antofagasta	22°03' S - 69°34' W	~1,100 (estimated)	New record	Photographs, 2020
María Elena	Antofagasta	22°14' S - 69°32' W	2,500	Díaz-Vega (2014)	SSUC Re 608, 2013 (P. Zavala, pers. comments)
Chiuchiu	Antofagasta	Not provided (22°20' S - 68°39' W estimated)	Not provided (~2,600 estimated)	Demangel (2016)	Photographs, unknown date
Salar del Indio/ Salar de Indias, SW Chuquicamata (type locality)	Antofagasta	22°23' S - 68°52' W	2430	Núñez et al. (2003) / Ruiz de Gamboa et al. (2018)	MNHCL 3382-83, MNHCL 3386-87 / MUAP 111-12, 2001 and date unknown, respectively
Talabre reservoir, road	Antofagasta	22°24' S - 68°51' W	Not provided (~2,400 estimated)	Núñez et al. (2003)	MNHCL 3384, 2001
Calama, Loa river	Antofagasta	22°26' S - 68°53' W	Not provided (~2,300 estimated)	Núñez et al. (2003)	MNHCL 3542, 2002
Talabre reservoir, Calama	Antofagasta	22°27' S - 68°47' W	2,485	Núñez et al. (2003)	MNHCL 3381, 2001
Calama, Loa riverside / Topater bridge	Antofagasta	22°27' S - 68°54' W	Not provided (~2,300 estimated)	Núñez et al. (2003) / Núñez and Gálvez (2015)	MNHCL 1458, 1983
ENGIE wind farm	Antofagasta	22°28' S - 68°47' W	2,474	New record	Photographs, 2020
North Sierra Gorda	Antofagasta	22°45' S - 69°17' W	~1,700 (estimated)	New record	Photographs, 2018
17 km East from Sierra Gorda	Antofagasta	22°54' S - 69°09' W	2,000	Mella (2017)	Photographs, date unknown
La Rioja Station	Antofagasta	23°04' S - 69°53' W (provided in UTM and transformed)	1,332	Riveros-Riffo and Torres-Mura (2015)	MNHCL 4853, 2012
Quebrada Ordoñez	Antofagasta	23°07' S - 70°11' W (provided in UTM and transformed)	838	Riveros-Riffo and Torres-Mura (2015)	Photographs published in this study, 2009



**Tabla 2 (cont).** Registros de *Lialaemus torresi*, ordenados de norte a sur. Algunas altitudes fueron estimadas con Google Earth Pro v7.3.**Table 2 (cont.).** Records of *Lialaemus torresi*, ordered from north to south. Some altitudes were estimated with Google Earth Pro v7.3.

Locality	Región	Coordinates (degrees and minutes)	Altitude (m asl)	Reference	Evidence and date (year)
Sierra Valen-zuela	Antofagasta	23°08' S - 70°01' W (provided in UTM and transformed)	1,227	Riveros-Riffo and Torres-Mura (2015)	Photographs, 2009
Cerrillos	Antofagasta	23°17' S - 69°41' W (provided in UTM and transformed)	1,509	Riveros-Riffo and Torres-Mura (2015)	Photographs, 2009
Rencoret	Antofagasta	23°20' S - 70°00' W (provided in UTM and transformed)	1,271	Riveros-Riffo and Torres-Mura (2015)	Photographs published in this study, 2012
Mantos Blan-cos	Antofagasta	23°26' S - 70°06' W (provided in UTM and transformed)	790	Riveros-Riffo and Torres-Mura (2015)	No evidence available/ doubtful record

- 68°52'W. Despite these differences, the coordinates 22°23'S - 68°52'W correspond to the locality known as "Salar del Indio", which is the correct type locality, as provided by Núñez et al. (2003). The same problem occurs with the allotype MNHNCL 3383.

Núñez et al. (2003) listed a record from Calama, Loa riverbank, based on the specimen MNHNCL 1458 (collected in 1983), but without coordinates. However, Núñez and Gálvez (2015) clarified that this record is from Topater bridge 22°27'S - 68°54'W. The paratype MNHNCL 3542 is listed as collected in Calama, Loa River 22°26'S - 68°53'W by Núñez et al. (2003), but listed as collected in Topater bridge 22°27'S - 68°54'W by Núñez and Gálvez (2015). The paratype MNHNCL 3381 is listed as collected in Calama, Talabre reservoir 22°27'S - 68°47'W by Núñez et al. (2003), but with coordinates 22°23'S - 68°51'W by Núñez and Gálvez (2015). The paratypes MNHNCL 3384-85 are listed as collected in the Talabre reservoir, road 22°24'S - 68°51'W by Núñez et al. (2003), but with coordinates 22°23'S - 68°51'W by Núñez and Gálvez (2015). The coordinates of these specimens label match with Núñez et al. (2003). Paratype MNHNCL 3386 is listed as collected in Salar del Indio (type locality) 22°23'S - 68°52'W by Núñez et al. (2003), but listed as collected in the Talabre reservoir 22°23'S - 68°51'W by Núñez and Gálvez (2015). The locality name and coordinates of the voucher label match with Núñez et al. (2003). Paratype MNHNCL 3387 is listed as collected in Salar del Indio (type locality) 22°23'S - 68°52'W by Núñez et al. (2003), but as collected in the Talabre reservoir 22°23'S - 68°51'W by Núñez and Gálvez (2015). The locality name and coordinates of the voucher label match with Núñez et al. (2003). The same occurs with the paratypes MNHNCL 3534-35.

Donoso-Barros (1969) listed the specimen "000.001" (DB, personal collection) of *L. reichei* (Werner, 1907) from near Calama

(without coordinates). This distribution matches with *L. torresi*, and not with the morphologically similar *L. reichei* (Troncoso-Palacios & Escobar-Gimpel, 2020; Valladares-Faúndez et al., 2018). According to Donoso-Barros (1969), this specimen is placed in the Smithsonian Collection of reptiles, and Núñez et al. (1998) clarified that the voucher code is USNM 165638. Unfortunately, we were unable to check the voucher identity, because visits and image requests to the Smithsonian Collection are not permitted under the current COVID-19 restrictions. Ruiz de Gamboa et al. (2018) listed a record "near Maria Elena", based on specimen MUAP-116, but the coordinates were not provided. However, Díaz-Vega (2014) provided coordinates for a record from Maria Elena. Mella (2017) provided photographic evidence for a record from inland Calama, based on photographs by R. Díaz-Vega, but since the coordinates were not available, he provided the coordinates of Calama city (J. Mella personal comments), thus we did not include this record in our analysis.

### Current conservation categories analysis

In regard to the threats that affect *L. torresi*, Espejo et al. (2017) listed as threats the widespread mining activity in the area, the ongoing growth of mining activities and urban expansion (Calama city) in its distributional range, while the MMA (2018) also listed activities related to electricity generation and transmission. Both, Espejo et al. (2017) and the MMA (2018) concluded that these activities may lead to habitat loss and contamination, thereby affecting the species resources (prey). Espejo et al. (2017) also point out the low population density ~1 individual/km<sup>2</sup> (also noted by Núñez et al., 2003; Riveros-Riffo & Torres-Mura, 2015), and ongoing population decline; but they clarify that there is not enough data to estimate a rate of population decline. In fact, Espejo et al. (2017) list the following attempts to carry out a species census (year and census result): in 2000, approximately 15-17 individuals were found in a 1 km

transect; in 2012, two individuals were found in a 3 km transect; in 2013, two live and one dead individuals were found in a 60 km transect; in 2015, two live and three dead individuals were found in a 1 km transect; in another survey in 2015, two live and one dead individual were found in a 2-hour search; and, in 2016, two individuals were found, one of which was emaciated.

Espejo et al. (2017) point out that they found emaciated and dead individuals, which they proposed that implied that resources in some locations had been diminished. Mummified individuals were recorded by Núñez et al. (2003) and Díaz-Vega (2014), but in this case, this was attributed to the harsh environmental habitat of this species. Espejo et al. (2017) stated that *L. torresi* did not occur in protected areas, and although our estimated EOO is much larger than the EOO used by Espejo et al. (2017), we also found that *L. torresi* did not occur in protected areas (see below). Espejo et al. (2017) stated that the species is no longer found in some locations (local extinction), but they did not mention which locations.

As previously mentioned, *L. torresi* is categorized as Endangered (EN) B1ab (iii,v) by the IUCN (Espejo et al., 2017), with an estimated EOO of 4,900 km<sup>2</sup>. However, we remark that the EOO polygon estimated by Espejo et al. (2017) was inaccurate (Fig. 2) since, considering the data available on that date, they did not include the type locality of *L. torresi*, the localities where the paratypes were collected (Núñez et al., 2003), several of the northernmost records (Díaz-Vega, 2014; Demangel, 2016), or all the southernmost records (Riveros-Riffo & Torres-Mura, 2015). Besides, it is unclear how they estimated their EOO, since the vertices of their EOO polygon do not match any of the known records of *L. torresi*.

The Chilean assessment (MMA, 2018) proposed the category Endangered (EN) B1ab(iii) + 2ab(iii), with an estimated EOO of 18,390 km<sup>2</sup> and an AOO of 400 km<sup>2</sup>. It is also stated that the species occurred in 16 locations. However, the assessment used both B1 (EOO) and B2 (AOO) criterion for *L. torresi*, a species with a relatively large distributional range. This differs in regard to all 40 *Liolaemus* currently listed on the Red List as threatened (Table 1), which are categorized only with B1 criterion (species with large geographical range) or B2 criterion (species with very small distributional range that are endemic to five locations or fewer), but not using both criteria, with only two exceptions of *L. riodamas* and *L. rabinoi*. However, these cases are very different compared to *L. torresi*, since both species have a very restricted distributional ranges (Esquerré et al., 2016; Abdala et al., 2017). The use of the B1 criterion, without adding the B2 criterion, for a *Liolaemus* with a large distributional range, like *L. torresi*, is

justified because it avoids the effect of the undersampling of a species with low population density and small size that inhabits one of the most inhospitable places on earth. It is also unclear how MMA (2018) estimated an AOO of 400 km<sup>2</sup> with a grid of 2 x 2 km (following IUCN, 2012a), because it is not possible to reach 400 km<sup>2</sup> (sum of the area of all grids with records) with only 16 records, since at least 100 different records are needed.

### Conservation category proposal

We estimated an EOO of 22,073 km<sup>2</sup>, considering all records provided with coordinates (Table 2). If the doubtful record is excluded (Mantos Blancos, Table 2), the estimated EOO is 21,712 km<sup>2</sup>. Based on both EOO estimations, *L. torresi* does not fit the B1 criterion of the IUCN (2012a) for a threatened species, because its EOO is not < 20,000 km<sup>2</sup> (EOO should be < 20,000 km<sup>2</sup> for VU, < 5,000 km<sup>2</sup> for EN, and < 100 km<sup>2</sup> for CR). Therefore, we propose that, based on all published and new distributional data, the conservation category of *L. torresi* should be Near Threatened (NT), since this species occurs in more than 10 locations and has a large EOO (Fig. 2, Table 2).

We did not estimate an AOO, because it is unclear if this species really inhabits only 22 locations (Table 2), especially taking into account the low species density and that few expeditions to search for *L. torresi* have been carried out (almost all records were registered in the last 20 years, Table 2). However, clearly *L. torresi* could be threatened in the future by mining activity, urban expansion, and electricity generation and transmission projects (Espejo et al., 2017; MMA, 2018). If these projects are not developed in an appropriate way that ensures the protection of *L. torresi* habitats, this may lead to fragmented distribution (Espejo et al., 2017; MMA, 2018) and the decline of both its EOO and the quality of its habitat.

A further population study will be required to determine if there are a low number of mature individuals due to a population decline (Espejo et al., 2017; MMA, 2018), or if the few number of adults detected by location is due to the species biology itself. Finally, despite its large distributional range, one more argument in favour of considering this species as near threatened is that it is not found in protected areas (Espejo et al., 2017; this study), which may complicate its conservation in the future, especially if its EOO decreases.

### CONCLUSIONS

Our proposal matches the current Chilean legal conservation category NT (MISP, 2020), but does not match the current IUCN Red List category EN (Espejo et al., 2017) or the initial proposal

of the Ministry of the Environment EN (MMA, 2018). This is partly due to the problems noted in the previous categorization assessments, but also because we have greatly expanded the EOO through new distributional records. Thus, a further update of the IUCN Red List conservation category for *L. torresi* is required.

**Acknowledgments.**— We are grateful to Edwin Revieros-Riffo and Ignacio Fernández Latapiat for send us data and photographs; Jorge Mella for send us data; Nicolas Miranda and Peter D. Lewis for the identification and confirmation of the moth species; Julian Dowling for improving the English; Herman Núñez (Museo Nacional de Historia Natural de Chile, Santiago) and Patricio Zavala (Colección Patricio Sánchez de la Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago) for allow us the access to specimens under their care; and Daniel Horta for review the early version of the manuscript. We also thank the three anonymous reviewers that contributed to improving the manuscript.

## CITED LITERATURE

- Abdala, C.S., R.V. Semhan, A. Laspiur & J.L. Acosta 2017. Rediscovery of *Liolaemus rabinoi* (Iguania: Liolaemidae) after 35 years: redescription, biological and phylogenetic information, and conservation challenges. *Salamandra* 53:114-125.
- Abdala, C.S., A.S. Quinteros, R.V. Semhan, A.L. Bulacios, J. Schulte, M.M. Paz, M.R. Ruiz-Monachesi, A. Laspiur, A.J. Aguilar-Kirigin, R. Gutiérrez, P. Valladares, J. Valdés, S. Portelli, R. Santa Cruz, J. Aparicio, N. García & R. Langstroth. 2020. Unravelling interspecific relationships among highland lizards: first phylogenetic hypothesis using total evidence of the *Liolaemus montanus* group (Iguania: Liolaemidae). *Zoological Journal of the Linnean Society* 189: 349-377.
- Abdala, C.S., A. Laspiur & R.P. Langstroth. 2021. Las especies del género *Liolaemus* (Liolaemidae). Lista de taxones y comentarios sobre los cambios taxonómicos más recientes. *Cuadernos de Herpetología* 35:193-223.
- Aguilar-Puntriano, C., L.J. Avila, I. De la Riva, L. Johnson, M. Morando, J. Troncoso-Palacios, P.L. Wood Jr. & J.W. Sites Jr. 2018. The shadow of the past: Convergence of young and old South American desert lizards as measured by head shape traits. *Ecology and Evolution* 8:11399-11409.
- Avila, L.J., J.E. Vrdoljak, C.D. Medina, J. García, C.H. Fulvio, J.W. Sites Jr. & M. Morando. 2021. A new species of *Liolaemus* (Reptilia: Squamata) of the *Liolaemus capillitas* clade (Squamata, *Liolaemini*, *Liolaemus elongatus-kriegi* group) from Sierra de Velasco, La Rioja Province, Argentina. *Zootaxa* 4903: 194-216.
- Chapple, D.G., U. Roll, M. Böhm, et al. 2021. Conservation status of the world's skinks (Scincidae): Taxonomic and geographic patterns in extinction risk. *Biological Conservation* 257:109101.
- Demangel, D. 2016. Reptiles en Chile. Fauna Nativa Ediciones, Santiago, 619 pp.
- Díaz-Vega, R.I. 2014. Range extension of *Liolaemus torresi* (Núñez, Navarro, Garín, Pincheira-Donoso & Meriggio, 2003) (Squamata: Liolaemidae) in the Atacama Desert, Chile. *Check List* 10:1234-1236.
- Díaz-Vega, R.I. 2015. Observaciones conductuales de especies del grupo de *Liolaemus montanus*. *Boletín Chileno de Herpetología* 2:24-26.
- Donoso-Barros, R. 1969. Observaciones in vivo sobre *Phrynosaura reichei* Werner (Sauria-Iguanidae). *Boletín de la Sociedad de Biología de Concepción* 41:85-87.
- Espejo, P., G. Lobos, Y. Marambio, J. Mella, H. Núñez, M. Ruiz de Gamboa & P. Valladares. 2017. *Liolaemus torresi*. The IUCN Red List of Threatened Species. Available on-line in (last accessed in January, 2022): <https://www.iucnredlist.org/species/56154558/56154669>
- Esquerré, D., J. Troncoso-Palacios & R. Barros. 2016. *Liolaemus riodamas* Esquerré, Núñez & Scolaro, 2013 (Reptilia: Squamata: Liolaemidae): new record for the Maule Region in Chile. *Check List* 12:1872.
- Etheridge, R.E. 1995. Redescription of *Ctenoblepharys adspersa* Tschudi, 1845, and the taxonomy of Liolaeminae (Reptilia: Squamata: Tropicuridae). *American Museum Novitates* 3142:1-34.
- Mella, J. 2017. Guía de Campo de Reptiles de Chile. Tomo 2: Zona Norte. Peña Loza, A.P.G. (Ed.). Santiago, Chile. 316 pp + XVI.
- IUCN. 2012. IUCN Red List Categories and Criteria: Version 3.1. Second Edition. Gland, Switzerland and Cambridge, UK: IUCN. 32 pp + iv.
- IUCN. 2012b. Guidelines for Application of IUCN Red List Criteria at Regional and National Levels: Version 4.0. Gland, Switzerland and Cambridge, UK: IUCN. 41 pp + iii.



- Langstroth, R. 2021. The identities of *Liolaemus signifer* (Duméril & Bibron 1837), *L. pantherinus* Pellegrin 1909, *L. schmidti* (Marx 1960), and *L. erroneus* (Núñez & Yáñez 1984 “1983-1984”) (Squamata: Liolaemidae). Cuadernos de Herpetología 35:111-167.
- MMA. 2012. Aprueba reglamento para la clasificación de especies silvestres según estado de conservación. Ministerio del Medio Ambiente, Santiago, Chile.
- MMA. 2018. *Liolaemus torresi* 15 RCE final. Ministerio del Medio Ambiente. Santiago, Chile. Available on-line in (last accessed in January, 2022): [http://www.mma.gob.cl/clasificacionespecies/fichas15proceso/FichasFinal\\_15RCE/Liolaemus\\_torresi\\_15RCE\\_FINAL.pdf](http://www.mma.gob.cl/clasificacionespecies/fichas15proceso/FichasFinal_15RCE/Liolaemus_torresi_15RCE_FINAL.pdf)
- MISP. 2020. Aprueba y oficializa clasificación de especies según estado de conservación, decimoquinto proceso. Ministerio del Interior y Seguridad Pública, Santiago, Chile.
- Meiri, S. & D.G. Chapple. 2016. Biases in the current knowledge of threat status in lizards, and bridging the 'assessment gap'. Biological Conservation 204:6-15.
- Núñez, H. & O. Gálvez. 2015. Catálogo de la Colección Herpetológica del Museo Nacional de Historia Natural y nomenclátor basado en la Colección. Publicación Ocasional del Museo Nacional de Historia Natural de Chile 64:1-203.
- Núñez, H., J. Navarro, J. Sufán & J.L. Galaz. 1998. Distribución geográfica de *Phrynosaura* (Reptilia, Tropicuridae). Noticiario Mensual del Museo Nacional de Historia Natural de Chile 334:11-14.
- Núñez, H., J. Navarro, C. Garín, D. Pincheira-Donoso & V. Meriggio. 2003. *Phrynosaura manueli* y *Phrynosaura torresi*, nuevas especies de lagartijas para el norte de Chile (Squamata: Sauria). Boletín del Museo Nacional de Historia Natural de Chile 52:67-88.
- Quiroz, A.J., L. Huamaní-Valderrama, R.C. Gutiérrez, A.J. Aguilar-Kirigin, E. López-Tejeda, A. Lazo-Rivera, W. Huanca-Mamani, P. Valladares-Faúndez, J.J. Morrone, J. Cerdeña, J.C. Chaparro & C.S. Abdala. 2021. An endemic and endangered new species of the lizard *Liolaemus montanus* group from southwestern Peru (Iguania: Liolaemidae), with a key for the species of the *L. reichei* clade. Zoological Studies 60:23.
- Riveros-Riffo, E. & J.C. Torres-Mura. 2015. Distribución de *Liolaemus torresi* (Squamata: Liolaemidae), lagarto endémico del desierto de Chile. Gayana 79:201-222.
- Ruiz De Gamboa, M. 2020. Estados de conservación y lista actualizada de los reptiles nativos de Chile. Boletín Chileno de Herpetología 7:1-11.
- Ruiz de Gamboa, M., C. Correa, Y. Marambio-Alfaro, E. Riveros-Riffo & J.C. Ortiz. 2018. Molecular evidence for conspecificity of two desert *Liolaemus* lizards (Iguania: Liolaemidae). Zootaxa 4438:283-298.
- Schulte, J.A. II & F. Moreno-Roark. 2010. Live birth among Iguanian lizards predates Pliocene-Pleistocene glaciations. Biology Letters 6:216-218.
- Troncoso-Palacios, J. & E. Escobar-Gimpel. 2020. On the taxonomy of the desert lizard *Liolaemus stolzmanni* (Steindachner, 1891): A third point of view (Squamata: Liolaemidae). Zootaxa 4763:138-144.
- Valladares, J.P., R. Etheridge, J. Schulte, G. Manríquez & A. Spotorno. 2002. Nueva especie de lagartija del norte de Chile, *Liolaemus molinai* (Reptilia: Liolaeminae). Revista Chilena de Historia Natural 75:473-489.
- Valladares-Faúndez, J.P., R. Etheridge & C.S. Abdala. 2018. Resurrection and redescription of *Liolaemus reichei*, proposal of a neotype to stabilize its taxonomy. Revista Mexicana de Biodiversidad 89:393-401.
- Wilson, L.D., V. Mata-Silva & J.D. Johnson. 2013. A conservation reassessment of the reptiles of Mexico based on the EVS measure. Amphibian & Reptile Conservation 7:1-47.

## APPENDIX I

### Specimens examined

*Liolaemus torresi*. MNHNCL 3382-83 (holotype and allotype, respectively), 3386-87 (paratypes). Salar del Indio, SW from Chuquicamata, Antofagasta Region, Chile. MNHNCL 3384-85 (paratypes). 1.3 km, W from Talabre reservoir, Carretera, Antofagasta Region, Chile. SSUC Re 608 (mummified specimen). María Elena, Antofagasta Region, Chile.



# NUEVOS REGISTROS DE LA SERPIENTE DE CASCABEL *CROTALUS RAVUS* (SQUAMATA: VIPERIDAE) EN EL ESTADO DE HIDALGO, MÉXICO

## NEW RECORDS OF THE RATTLESNAKE *CROTALUS RAVUS* (SQUAMATA: VIPERIDAE) IN THE STATE OF HIDALGO, MEXICO

PAOLA LAZCANO-JUÁREZ<sup>1</sup>, FERDINAND TORRES-ÁNGELES<sup>2</sup>, ÁNGEL ARANDA-TREJO<sup>3</sup>, HUBLESTER DOMÍNGUEZ-VEGA<sup>4</sup>, NALLELY MORALES- CAPELLÁN<sup>1</sup>, TONATIUH GONZÁLEZ-BONILLA<sup>5</sup>, RAFAEL CANALES-PÉREZ<sup>6</sup>, CARLOS A. MACIEL-MATA<sup>1</sup>, MIGUEL BORJA-JIMÉNEZ<sup>7</sup> & LEONARDO FERNÁNDEZ-BADILLO<sup>1,8\*</sup>

<sup>1</sup>Predio Intensivo de Manejo de Vida Silvestre X-Plora Reptilia, carretera México-Tampico, s/n, Pilas y Granadas, Metztlán, Hidalgo, 43350, México.

<sup>2</sup>Kuntiaj Majtiel S. C., Santa Judith 507, Carboneras, 42183, Mineral de la Reforma, Hidalgo, México.

<sup>3</sup>Corregidora # 329, Col. Centro, 42000, Pachuca de Soto, Hidalgo, México.

<sup>4</sup>Universidad Intercultural del Estado de México, división de desarrollo sustentable, Lib. Francisco Villa S/N, Col. Centro, 50640 San Felipe del Progreso, México.

<sup>5</sup>Wild Forest Consulting S. C. Galeana # S/N, Huitchila, 62923, Tepalcingo, Morelos, México.

<sup>6</sup>Área Académica de Ciencias Agrícolas y Forestales, Instituto de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Av. Universidad km 1, Ex-Hacienda de Aquetzalpa AP 32, Tulancingo, Hidalgo, 43600, México.

<sup>7</sup>Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez del Estado de Durango, Av. Universidad s/n. Fracc. Filadelfia, C.P. 35010 Gómez Palacio, Durango, México.

<sup>8</sup>Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, km 4.5 carretera Pachuca-Tulancingo, s/n, Mineral de la Reforma, Hidalgo, 42184, México.

\*Correspondence: fernandezbadillo80@gmail.com

Received: 2022-01-10. Accepted: 2022-02-23. Published: 2022-04-26.

Editor: Irene Goyenechea Mayer Goyenechea, México.

**Abstract.**— *Crotalus ravus* is a rattlesnake considered a priority species. However, in the area where it was first recorded in Hidalgo, Mexico, there has been a low sampling effort. Thus, updating the information about their distribution in Hidalgo has biological conservation relevance. In the present work, new records of *C. ravus* in the southeast of Hidalgo are documented in the municipalities of Almoloya de Juárez, Apan, Cuauhtepac de Hinojosa, Emiliano Zapata, Singuilucan, Tlanalapa and Zempoala. The new records extend the distribution of the species 18.3 km to the northwest, 25.52 km to the northeast, 13.34 km to the southwest and 25.9 km to the southeast of the first records in the state. Most of the records are in the area known as the Altiplanicie Pulquera and characterized by an intense agricultural activity, where despite this, *C. ravus* thrives on the rock fences and maguey rows that surround or divide the field crops.

**Key words.**— Temperate forest, geographic range, Trans-Mexican Volcanic Belt, xerophilous scrubland, ophidians/ophidiofauna, urban areas.

**Resumen.**— *Crotalus ravus* es una serpiente de cascabel considerada especie prioritaria. Sin embargo, la zona donde se registró por primera vez en Hidalgo, México, tiene un bajo esfuerzo de muestreo, por lo que actualizar la información sobre su distribución en Hidalgo tiene relevancia biológica y para su conservación. En el presente trabajo se documentan nuevos registros de *C. ravus* en el sureste de Hidalgo, en los municipios de Almoloya de Juárez, Apan, Cuauhtepac de Hinojosa, Emiliano Zapata, Singuilucan, Tlanalapa y Zempoala. Los nuevos registros amplían la distribución de la especie 18.3 km al noroeste, 25.52 km al noreste, 13.34 km al suroeste y 25.9 km al sureste de los primeros registros en el estado. La mayoría de los registros se ubican en la zona conocida como la Altiplanicie Pulquera, un área de intensa actividad agrícola, donde pese a ello, *C. ravus* prospera en las bardas de rocas e hileras de magueyes que rodean o dividen las zonas de cultivo.

**Palabras claves.**— Bosques templados, distribución geográfica, Faja Volcánica Transmexicana, matorral xerófilo, ofidios/ofidiofauna, zonas urbanas.

La serpiente de cascabel *Crotalus ravus*, conocida en Hidalgo como cascabel mesotera (Fernández-Badillo et al., 2017), se distribuye en la Faja Volcánica Transmexicana, en los estados de Puebla, México, Tlaxcala, Ciudad de México, Morelos, Veracruz e Hidalgo (Blair et al., 2018), y habita en zonas de bosques templados y matorrales xerófilos (Campbell & Lamar, 2004; Campos-Rodríguez & Mendoza-Quijano, 2004; Ramírez-Bautista et al., 2014; Heimes, 2016). El primer registro para esta especie en Hidalgo, se encontró en el municipio de Tepeapulco, en la localidad de Texcatzongo, 0.8 Km al norte y 5 km al este de Tepeapulco (19.789444° N, 98.505556° O; WGS84; Campos-Rodríguez & Mendoza-Quijano, 2004).

En ninguno de los trabajos posteriores sobre la herpetofauna de Hidalgo (Ramírez-Bautista et al., 2010; 2014; Fernández-Badillo et al., 2011; 2017; Lemos-Espinal & Dixon, 2016), se han publicado otros registros de la presencia de la especie en el estado.

Sin embargo, los tipos de vegetación que típicamente habita, se extienden por varios municipios del sur del estado, varios kilómetros a la redonda de donde fue registrada por primera vez, por lo que resulta razonable pensar que la distribución de esta serpiente en Hidalgo está probablemente subestimada.

*Crotalus ravus* está catalogada como una especie amenazada de acuerdo con la NOM-059-2010 (DOF, 2019) y considerada en peligro de extinción en el Programa de Acción para la Conservación de Especies del género *Crotalus* (PACE; SEMARNAT, 2018), por lo que es una especie de importancia para la conservación. Sin embargo, las actividades humanas y la percepción pública acerca de esta especie, pueden generar impactos negativos sobre sus poblaciones silvestres, a través de la cacería aversiva, la pérdida y fragmentación del hábitat y el comercio ilegal. Tomando en cuenta que la distribución de las especies es dinámica, es importante evaluarla frecuentemente

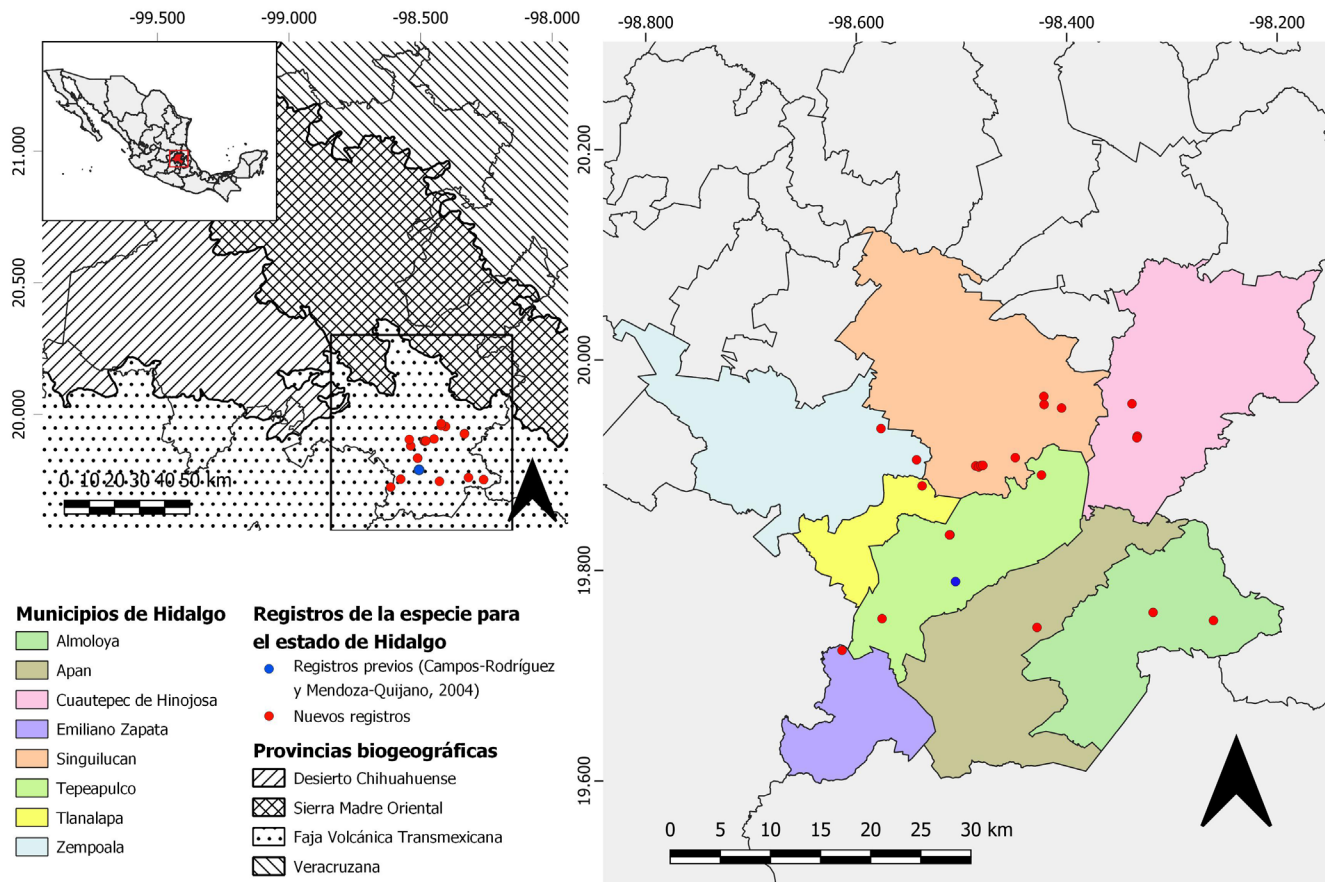
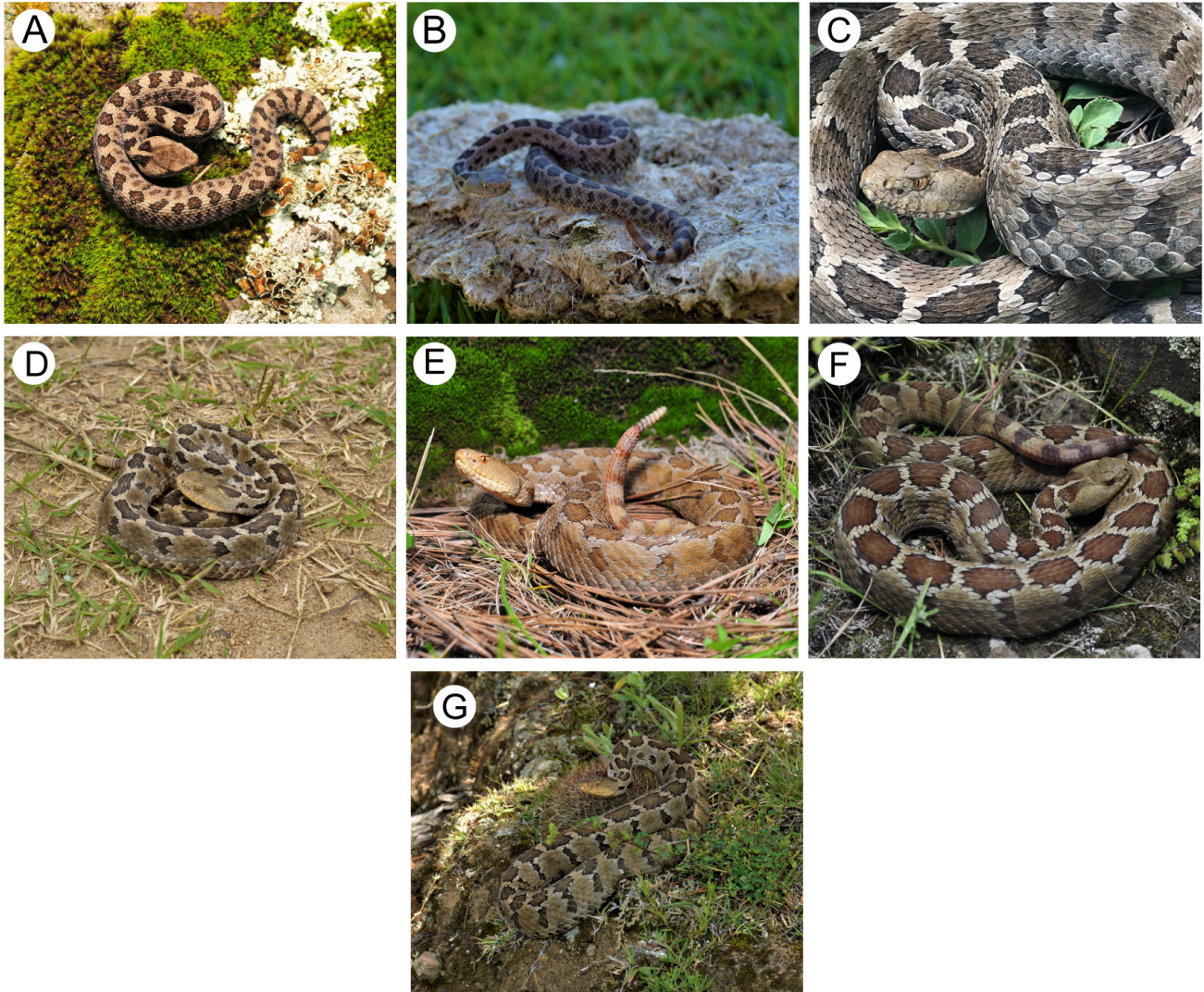


Figure 1. Locality records of *Crotalus ravus* in Hidalgo, Mexico.

Figura 1. Localidades de registro de *Crotalus ravus* en Hidalgo, México.





**Figure 2.** Photographs of the individuals of *Crotalus ravus* that represent new municipality records within Hidalgo, Mexico. Photo A (Alomoloya de Juárez), C (Cuautepec de Hinojosa), E (Singuilucan), F (Tlanalapa) Leonardo Fernández Badillo; B (Apan), D (Emiliano Zapata), G (Zempoala) Ferdindad Torres Angeles.

**Figura 2.** Fotografías de los ejemplares de *Crotalus ravus* que representan nuevos registros municipales dentro de Hidalgo, México. Foto A (Alomoloya de Juárez), C (Cuautepec de Hinojosa), E (Singuilucan), F (Tlanalapa) Leonardo Fernández Badillo; B (Apan), D (Emiliano Zapata), G (Zempoala) Ferdindad Torres Angeles.

para llevar un seguimiento de los posibles cambios y sugerir acciones para su conservación. Por lo tanto, en el presente trabajo se aportan nuevos registros de la distribución de *C. ravus* en el estado de Hidalgo.

Se realizaron visitas esporádicas entre el 2017 y 2020 a distintos sitios del sureste del estado, así como algunas salidas sistemáticas como parte del proyecto “Estudio Regional de la Diversidad de fauna silvestre de la UMAFOR 1303 Pachuca-Tulancingo-PRONAFOR-2016”. En los sitios visitados, los

animales se buscaron mediante el método de “encuentros visuales” o VES (Visual Encounter Surveys; Foster, 2012) y se registraron las coordenadas geográficas, la altitud y el tipo de vegetación. A las serpientes se les tomaron fotografías y para el caso de los nuevos registros municipales, por lo menos una fotografía se depositó en la Colección Digital de Vertebrados de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, de la Universidad Nacional Autónoma de México (MZFZ-IMG). Después de la toma de datos, todos los ejemplares fueron liberados en el sitio exacto de su captura. El trabajo de campo se realizó mediante



**Figure 3.** An example of *Crotalus ravus* anthropized habitat on the county of Cuauhtepac de Hinojosa, Hidalgo. Photo Leonardo Fernández Badillo.

**Figura 3.** Ejemplo del hábitat antropizado de *Crotalus ravus* en el municipio de Cuauhtepac de Hinojosa, Hidalgo. Foto Leonardo Fernández Badillo.

los permisos de recolecta SGPA/DGVS/01090/17, SGPA/DGVS/002288/18, SGPA/DGVS/003613/18, SGPA/DGVS/2190/19 y SGPA/DGVS/13338/19.

Se elaboró un mapa de distribución con los nuevos registros obtenidos de *C. ravus* en el estado de Hidalgo mediante el programa QGIS 3. 18, utilizando la capa de provincias biogeográficas de Morrone et al. (2014). Se obtuvieron en total 22 registros de *Crotalus ravus* (Fig. 1; Tabla 1), ubicados dentro de la provincia biogeográfica de la Faja Volcánica Transmexicana (FVTM), lo cual concuerda con la distribución conocida para la especie (Blair et al., 2018). La información obtenida permite documentar por primera vez la presencia de esta especie en los municipios de Almoloya de Juárez (MZFZ-IGM-347; Fig. 2a), Apan (MZFZ-IGM-346; Fig. 2b), Cuauhtepac de Hinojosa

(MZFZ-IGM-348; Fig. 2c), Emiliano Zapata (MZFZ-IGM-345; Fig. 2d), Singuilucan (MZFZ-IGM-343; Fig. 2e), Tlanalapa (MZFZ-IGM-342; Fig. 2f) y Zempoala (MZFZ-IGM-344; Fig. 2g); además, se obtuvieron algunos registros adicionales para el municipio de Tepeapulco.

Estos registros amplían la distribución de la especie en Hidalgo, 18.3 km al noroeste, 25.52 km al noreste, 13.34 km al suroeste y 25.9 km al sureste, respecto al registro de Campos-Rodríguez y Mendoza-Quijano (2004). Los ejemplares en su mayoría adultos, fueron encontrados en zonas de bosques templados, matorrales xerófilos, zonas de cultivo, predios bajo manejo forestal e incluso dentro de áreas urbanas, y se identificaron por el patrón de escutelación, ya que *Crotalus ravus* es la única serpiente de este género en Hidalgo que presenta

**Table 1.** New record localities of *Crotalus ravus* in Hidalgo, México. / **Tabla 1.** Nuevas localidades de registro de *Crotalus ravus* en Hidalgo, México.

Ejemplar	Municipio	Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Veg	Predio forestal	No. Depósito
1	Tlanalapa	Cerca de Tepechichilco	-98.5373001	19.8804245	2820	Zona de cultivo		MZFZ-IMG-342
2	Singuilucan	Las Canoas	-98.4487534	19.907177	2774	Zona de cultivo		
3	Zempoala	Tlajomulco	-98.5425797	19.9051476	2733	Bosque de encino		MZFZ-IMG-344
4	Emiliano Zapata	Cerca de Irolo	-98.6133957	19.7240677	2557	Zona de cultivo		MZFZ-IMG-345
5	Apan	1.9 km al este de hacienda San Diego Tlalayote	-98.4281006	19.7459431	2527	Zona de cultivo		MZFZ-IMG-346
6	Almoloya de Juárez	Cerca de Huehuechoca	-98.317787	19.760197	2746	Zona de cultivo		MZFZ-IMG-347
7	Tepeapulco	Tepeapulco	-98.5107981	19.8339538	2692	Pino	X	
8	Singuilucan	La Estancia	-98.4863415	19.8993368	2938	Pino-encino	X	MZFZ-IMG-343
9	Singuilucan	La Estancia	-98.483555	19.8983618	2927	Pino-encino	X	
10	Almoloya	San Luis del Valle	-98.2603987	19.7525691	2850	Pino	X	
11	Tepeapulco	La Rinconada	-98.5112854	19.8338738	2724	Pino	x	
12	Singuilucan	La Estancia	-98.4814012	19.8996929	2923	Pino-Encino	X	
13	Singuilucan	La Estancia	-98.4795473	19.8998502	2926	Pino-Encino	X	
14	Singuilucan	Ejido San Antonio Tecocomulco Tres Cabezas	-98.40476	19.954412	2769	pino	X	
15	Singuilucan	Ejido San Antonio Tecocomulco Tres Cabezas	-98.421367	19.95772	2808		X	
16	Tepeapulco	Col. Valle de Guadalupe	-98.575381	19.754298	2485	Zona urbana		
17	Tepeapulco	3.3 km al NE de la Laguna de Tecocomulco	-98.423864	19.890716	2854			
18	Cuautepec	El aserradero	-98.3378417	19.9584708	2661	Zona de cultivo	X	
19	Cuautepec	Cerca de la Puerta	-98.3327581	19.9277434	2604	Zona de cultivo		
20	Cuautepec	Cerca de la Puerta	-98.333185	19.9261998	2603	Zona de cultivo		MZFZ-IMG-348
21	Singuilucan	Cerca de Sabanetas	-98.4216349	19.9654474	2774		X	
22	Zempoala	Santa Rita	-98.576416	19.934924	2582	Zona de cultivo		

nueve escamas simétricas en el dorso de la cabeza (Fernández-Badillo et al., 2011; 2017).

Los tipos de hábitats donde se registró a los organismos coinciden con los tipos de vegetación habitual de esta especie (Campbell & Armstrong, 1979; Heimes, 2016), sin embargo, también se registró su presencia en zonas urbanas o antropizadas (Fig. 3). La principal razón, es que la zona de distribución de *Crotalus ravus* en Hidalgo, se encuentra en la región conocida como la Altiplanicie Pulquera o también llamada Los Llanos de Apan, una zona que ha tenido una intensa actividad agrícola y ganadera desde el siglo XVI (Ramírez-Rodríguez, 2021).

En este sentido, se sabe que algunas especies pueden tolerar e incluso prosperar en entornos urbanos (Pitts, 2017) y se ha observado que algunas zonas antropizadas como las áreas de cultivo, presentan un gran número de microhábitats, mayor disponibilidad de agua y mayor abundancia de alimento, principalmente de insectos y roedores, lo que atrae a lagartijas y serpientes (Fernández-Badillo y Goyenechea, 2010), por lo que algunas especies de serpientes de cascabel como *C. aquilus*, *C. polystictus*, *C. ravus* o *C. triseriatus* son abundantes en estas zonas (Mociño-Deloya et al., 2009; Sunny et al., 2019; Fernández-Badillo et al., 2021).

Por lo anterior, Sunny et al. (2019) sugieren que, para preservar las poblaciones de serpientes de cascabel en una matriz de zonas de cultivo y urbanización, es necesario dejar rocas, arbustos y pastizales alrededor de los cultivos, así como árboles nativos, para crear refugios con diferentes microhábitats que generen gradientes térmicos. En este sentido, resulta interesante que en muchas de las áreas de cultivo donde se registró a *Crotalus ravus* en el presente estudio, las parcelas se encuentran divididas o rodeadas por cercos de rocas con hileras de magueyes y son precisamente en estos sitios en los que se encontraba a los organismos.

**Agradecimientos.**— Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca de doctorado otorgada para el último autor (LFB) con número de becario 371195. A la Asociación de Silvicultores de la Región Forestal Pachuca y Tulancingo A. C. y al proyecto “Estudio Regional de la diversidad de fauna silvestre de la UMAFOR 1303 Pachuca-Tulancingo, Hidalgo, financiado por la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) a través del Programa Nacional Forestal (PRONAFOR) 2016 folio EMS201613000001. A Uri García Vázquez por permitirnos depositar las fotografías en la MZFZ-IMG y a Amayrani Trejo Montero, por la edición de la Figura 2.

## LITERATURA CITADA

- Blair, C., R.W. Bryson Jr., C.W. Linkem, D. Lazcano, J. Klicka & J.E. McCormack. 2018. Cryptic diversity in the Mexican highlands: Thousands of UCE loci help illuminate phylogenetic relationships, species limits and divergence times of montane rattlesnakes (Viperidae: *Crotalus*). *Molecular Ecology Resources* 2018:1-17.
- Campbell, J.A. & B.L. Armstrong. 1979. Geographic variation in the Mexican Pygmy Rattlesnake *Sistrurus ravus*, with the description of a new subspecies. *Herpetologica* 35:304-317.
- Campbell, J.A. & W.W. Lamar. 2004. The venomous reptiles of the western hemisphere, Vol. II. Comstock/Cornell University Press, Ithaca, New York, USA.
- Campos-Rodríguez, J.I. & F. Mendoza-Quijano. 2004. Geographic distribution: *Crotalus ravus*. *Herpetological review* 35:291.
- DOF. 2019. Modificación del Anexo Normativo III, Lista de especies en riesgo de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio- Lista de especies en riesgo, publicada el 30 de diciembre de 2010.
- Fernández-Badillo, L., & I. Goyenechea. 2010. Anfibios y reptiles del valle del Mezquital, Hidalgo, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 81:705-712.
- Fernández-Badillo, L., N. Morales-Capellán & I. Goyenechea-Mayer-Goyenechea. 2011. Serpientes venenosas del Estado de Hidalgo. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Pachuca de Soto, Hidalgo, México.
- Fernández-Badillo, L., N. Morales-Capellán, C.R. Olvera-Olvera, G. Montiel-Canales & I. Goyenechea. 2017. Guía de las serpientes del estado de Hidalgo. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Pachuca de Soto, Hidalgo, México.
- Fernández-Badillo, L., I. Zuria, J. Sigala-Rodríguez, G. Sánchez-Rojas & G. Castañeda-Gaytán. 2021. Revisión del conflicto entre los seres humanos y las serpientes en México: origen, mitigación y perspectivas. *Animal Biodiversity and conservation* 44.2: 153-174.
- Foster, M.S. 2012. Standard Techniques for Inventory and Monitoring. Pp. 205-271. En R. W. McDiarmid, M. S. Foster, C.



- Guyer, J. W. Gibbons, & N. Chiernoff (Eds.). Reptile Biodiversity: Standard methods for inventory and monitoring. Berkeley, California. University Of California Press, California, USA.
- Heimes, P. 2016. Herpetofauna Mexicana Vol. 1. Snakes of Mexico. Edition Chimaira. Frankfurt am Main, Alemania.
- Lemos-Espinal, J.A. & J.R. Dixon. 2016. Anfibios y reptiles de Hidalgo. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Ciudad de México, México.
- Mociño-Deloya, E., K. Setser, J.M. Pleguezuelos, A. Kardon & D. Lazcano. 2009. Cannibalism of nonviable offspring by postparturient mexican lance-headed rattlesnakes, *Crotalus polystictus*. Animal Behaviour 77:145-150
- Morrone, J.J. 2014. Biogeographical regionalization of the Neotropical region. Zootaxa 3782:1-110.
- Pitts, S.L., B.D. Hughes & I. Mali. 2017. Rattlesnake nuisance removals and urban expansion in Phoenix, Arizona. West. North Am. Nat. 77:309-316.
- Ramírez-Bautista, A., U. Hernández-Salinas, F. Mendoza-Quijano, R. Cruz-Elizalde, B.P. Stephenson, V. Vite-Silva & A. Leyte-Manrique. 2010. Lista anotada de los anfibios y reptiles del Estado de Hidalgo, México. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo y Comisión para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Pachuca de Soto, Hidalgo, México.
- Ramírez-Bautista, A., U. Hernández-Salinas, R. Cruz-Elizalde, C. Berriozabal-Islas, D. Lara-Tufiño, I. Goyenechea-Mayer-Goyenechea & J.M. Castillo-Cerón. 2014. Los anfibios y reptiles de Hidalgo, México: Diversidad, Biogeografía y conservación. Primera edición. Sociedad Herpetológica Mexicana A. C., Pachuca de Soto, Hidalgo, México.
- Ramírez-Rodríguez, R. 2021. La especialización agrícola de la región de los Llanos de Apan. El surgimiento del cultivo de maguey y de aguamiel (siglos XVI y XVIII). Estudios de Historia novohispana 64:41-81.
- SEMARNAT. 2018. Programa de acción para la conservación de las especies de serpientes de cascabel (*Crotalus* spp.). SEMARNAT/CONANP, México.
- Sunny, A., F.J. Gandarilla-Aizpuro, O. Monroy-Vilchis & M.M. Zarco-González. 2019. Potential distribution and habitat connectivity of *Crotalus triseriatus* in Central Mexico. Herpetozoa 32:139-148.



# ENDOPARASITISM AND FIBROSIS IN *CROTALUS TONACUS* (VIPERIDAE) FROM SIERRA GORDA DE QUERÉTARO, MEXICO

## ENDOPARASITISMO Y FIBROSIS EN *CROTALUS TONACUS* (VIPERIDAE) DE LA SIERRA GORDA DE QUERÉTARO, MÉXICO

MAURICIO TEPOS-RAMÍREZ<sup>1\*</sup>, DAVID IVÁN HERNÁNDEZ MENA<sup>2</sup>, OMAR LAGUNAS-CALVO<sup>3</sup>, VALERIA UGALDE-SÁNCHEZ<sup>4</sup>, RICARDO-DANIEL VALENCIA-GARCÍA<sup>4</sup> & NORMA HERNÁNDEZ-CAMACHO<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Coordinación de Gestión para la Sustentabilidad, Universidad Autónoma de Querétaro, S/N, Col. Las Campanas, 76010, Querétaro, Qro.

<sup>2</sup>Laboratorio de Patología Acuática, Cinvestav Mérida, IPN, Mérida, Yucatán.

<sup>3</sup>Laboratorio de Helmintología Departamento de Zoología, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, A. P. 70-153, C.P. 04510, CDMX, México.

<sup>4</sup>Universidad Autónoma de Querétaro, Av. de las Ciencias S/N, Delegación, 76230 Juriquilla, Qro.

\*Correspondence: teposmauricio@gmail.com

**Received:** 2021-10-11. **Accepted:** 2022-03-01. **Published:** 2022-04-26.

**Editor:** Ricardo Itzcoatl Maldonado Reséndiz, México.

**Resumen.**— A pesar de que recientemente se han realizado algunas revisiones parasitológicas en algunos grupos como serpientes y lagartijas, el conocimiento actual sobre la parasitofauna y patologías asociadas en reptiles es incompleto y escaso. Por lo tanto, aquí presentamos el primer informe para el estado de Querétaro, México del pentastómido *Porocephalus crotali* y el primer informe del nemátodo *Kalicephalus inermis* parasitando a un ejemplar de *C. totonacus*.

**Palabras claves.**— Fibrosis, histopatología, nemátodo, pentastómido, *Porocephalus crotali*, Querétaro, serpiente.

**Abstract.**— Even though some parasitological reviews have recently been made in some groups of reptiles, such as snakes and lizards, the current knowledge about the parasitofauna and associated pathologies in reptiles is incomplete and scarce. Therefore, here we present the first report for the state of Querétaro, Mexico of the pentastomid *Porocephalus crotali* and the first record of the nematode *Kalicephalus inermis* parasitizing a specimen of *Crotalus totonacus*, as well as a fibrous mass in the mesentery.

**Key words.**— Fibrosis, histopathology, nematode, pentastomid, *Porocephalus crotali*, Querétaro, snake.

Reptiles are one of the most diverse groups of vertebrates in Mexico, with approximately 981 species of the 11,440 (8.6%) registered worldwide (Uetz et al., 2021). During the last decades, taxonomic analysis in many groups of squamates has promoted great advances in the knowledge of Mexican herpetofauna. However, the knowledge of parasite communities associated with reptiles is scarce and incomplete. Pit vipers of the genus *Crotalus*, also known as rattlesnakes, are venomous snakes distributed throughout the Americas, from Canada to Argentina (Campbell & Lammar, 2004), and includes approximately 42 species (Blair & Sánchez-Ramírez, 2016), while near 80% of the total diversity of the genus is distributed in Mexico.

*Crotalus totonacus* (Gloyd & Kauffeld, 1940) is a snake with a relatively restricted distribution in central and northeastern Mexico. This species extends from Hidalgo and Querétaro to

Tamaulipas on the Atlantic versant through the Sierra Madre Oriental (Dixon & Lemos, 2010). The objective of this study was to provide new records of parasitism by one species of pentastomid and one species of nematode in *C. totonacus* from the state of Querétaro, as well as a neoplasm in the mesentery.

### Clinic case

On August 10th, 2015, at 11:23 we collected an adult female *C. totonacus* at the locality of San Juan de Los Durán (21.498 ° N, 99.176 ° W, WGS84; 1142 m elev.), Jalpan de Serra, Querétaro, under the scientific collection permit issued by SEMARNAT to Oscar Flores Villela (FAUT-0015). The snake had a total length of 1565 mm. The specimen was euthanized following NOM-033 (2014), and Mader (2006) using the overdose method with an anesthetic derived from barbituric acid commonly used by veterinarians.



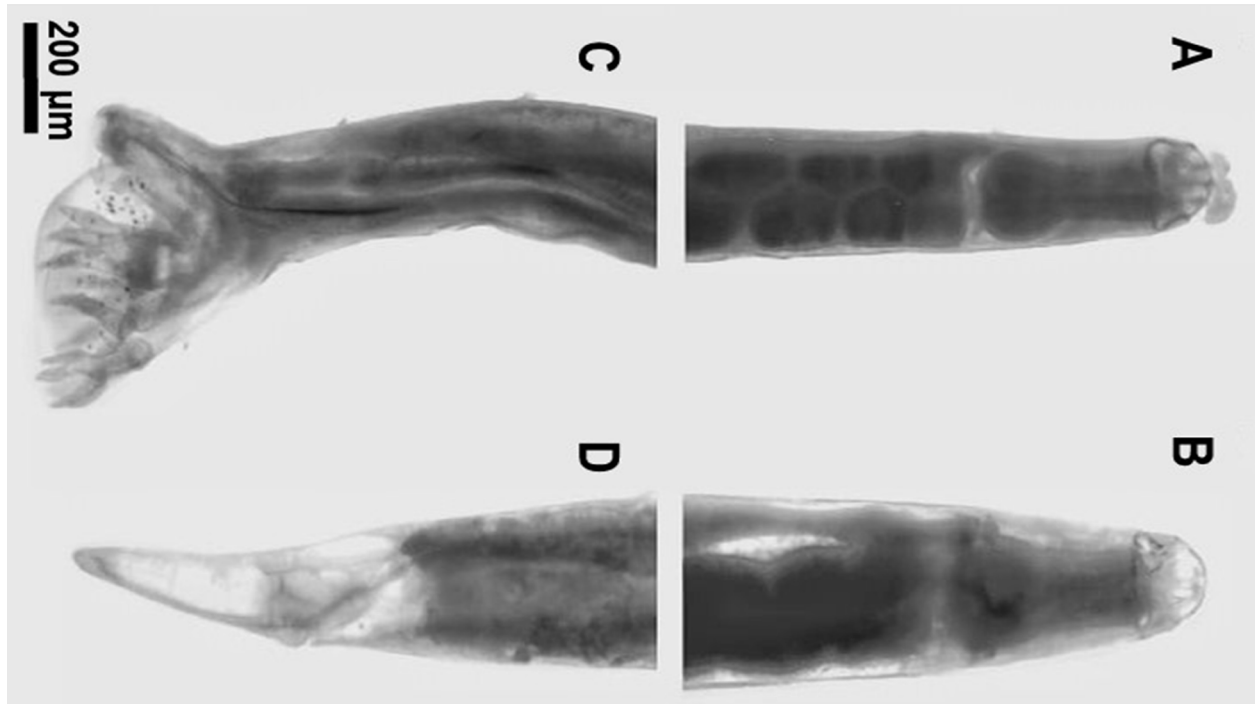
**Figura 1.** Pentastómido *Porocephalus crotali* encontrado en *Crotalus totonacus*. A) Región caudal de *P. crotali*, B) Región cefálica de *P. crotali* mostrando los distintivos ganchos de quitina.

**Figure 1.** Pentastomid *Porocephalus crotali* found in *Crotalus totonacus*. A) Tail region from *P. crotali*, B) Cephalic region of *P. crotali* showing the distinctive chitinous hooks.

### Necropsy

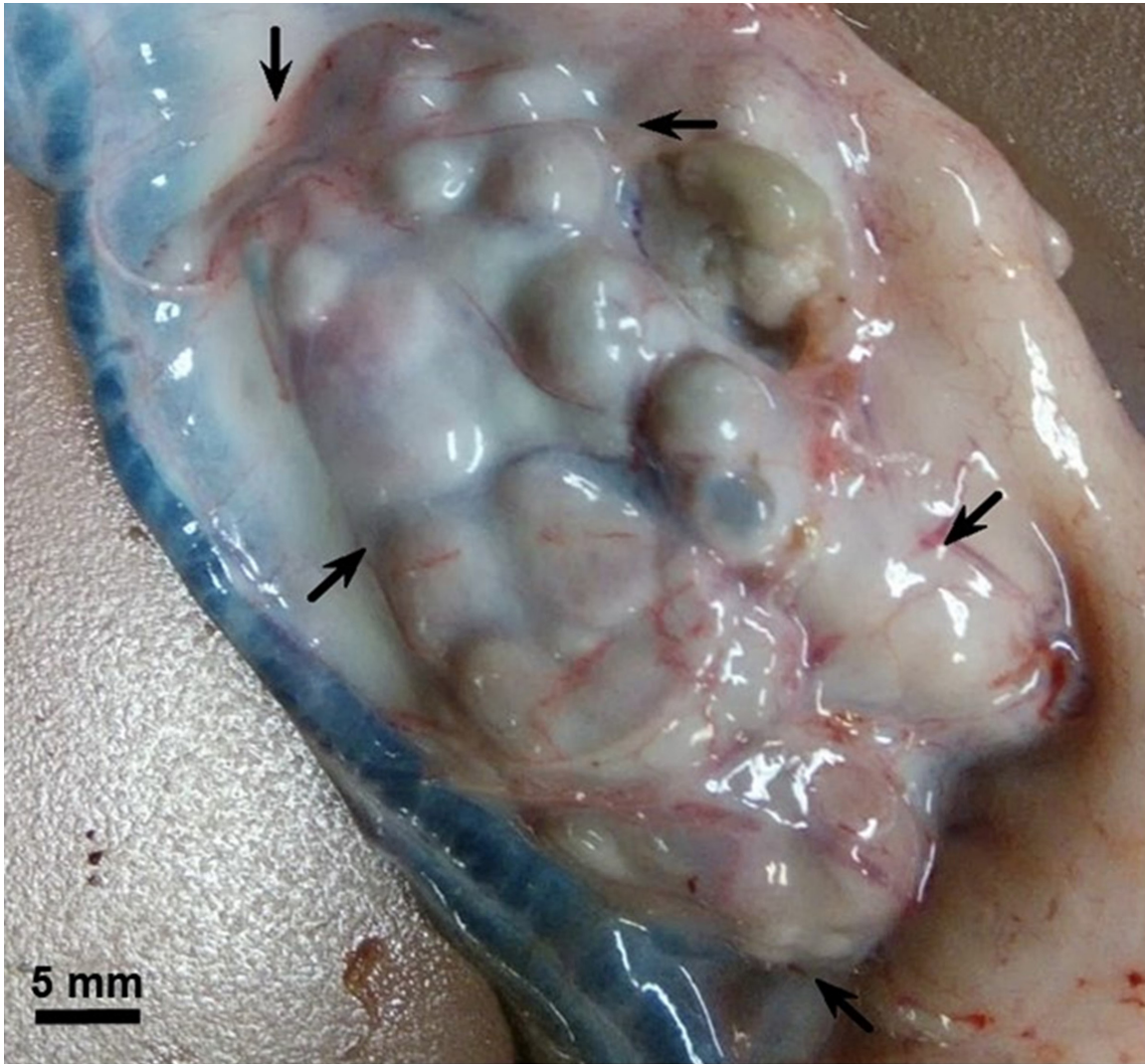
We performed the necropsy following Martínez-Acevedo (2012). We found two pentastomids identified as *Porocephalus crotali* (Humboldt, 1808) attached to the outside of the digestive tract,

and 24 nematodes identified as *Kalicephalus inermis* (Molin, 1861) in the coelomic cavity. Additionally, we found a beige nodular mass attached to the intestine, with well-defined edges of firm consistency without neovascularization. At the time of the



**Figura 2.** Nematodo *Kalicephalus inermis* encontrado en *Crotalus totonacus*. A) Región cefálica de un macho en posición ventral, B) Región cefálica de una hembra en posición ventral, C) Bursa del macho en vista lateral, D) Región caudal de una hembra en vista lateral

**Figure 2.** Nematodes *Kalicephalus inermis* found in *Crotalus totonacus*. A) Male cephalic region in ventral view, B) Female cephalic region in ventral view, C) Male bursa in lateral view, D) Female caudal region in lateral view.



**Figura 3.** Nódulos removidos del mesenterio de *C. totonacus*. Las flechas negras indican los nódulos y la delimitación de la fibrosis.

**Figure 3.** Nodules removed from the mesentery of *C. totonacus*. Black arrows indicate nodules and delimitation of the fibrosis.

necropsy, the mass had a length of 6.11 cm measuring the longest portion of the mass, the nodules had a mean size of 0.6 cm (SD  $\pm$  0.15 cm), and an approximate polygonal area of 15.7 cm.

We determined the parasite species using morphological characterization. The pentastomids presented the following morphological characteristics that are diagnostic of *P. crotali*: the number of annuli in the body (74-80), body length (63-71 mm), and a characteristic keyhole-shaped mouth (Fig. 1; Riley & Self 1979; 1980; Lagunas-Calvo et al., 2020). The nematodes presented the following morphological characteristics that are diagnostic of *K. inermis*: absent teeth, males with equal and slender spicules, broad and oblique copulatory bursa with dorsal rays close to each other with “V” shape pattern at the extremities,

females amphidelphic with salient lips on the vulva, and an elongated tail with a rounded tip (Fig. 2; Schad, 1962; Pinto et al. 2010). Specimens collected were deposited in the Colección Nacional de Helmintos (CNHE) and Colección Nacional de Invertebrados of the Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), under catalog numbers CNHE-11449 and CNINV-170, for nematodes and pentastomids, respectively. These parasites are commonly found in many reptile species including snakes (Fieldsen et al., 2021), and poses zoonotic potential (Walden et al., 2020; Rataj et al., 2011; Oliveira et al., 2008).

To determine the nature of the mass we performed histological analysis in the Histopathology laboratory in the Facultad de Ciencias Naturales at Universidad Autónoma de Querétaro by



M. en C. María de Jesús Guerrero Pérez. The diagnostic was an advanced process of fibrosis at the mesentery adhered to the intestine serous.

*Porocephalus crotali* parasitizing *C. totonacus* in Querétaro represents the southernmost record of the interaction between these species according to previous reports from Nuevo León and Tamaulipas (Peláez & Julia, 1983; Paredes-León et al., 2008). *Porocephalus crotali* is probably present in *C. totonacus* along with its distribution, and the absence of records in other localities of San Luis Potosí or Veracruz may be due to the lack of studies regarding paristofauna in reptiles, as well as the misallocation of the parasite in similar species of the southeastern region of its distribution due to the recently taxonomic changes (Carbajal-Márquez et al., 2020).

*Kalicephalus inermis* represents the first record of parasitism of this nematode in *C. totonacus*, but it has been reported for other species of rattlesnakes with nearctic and neotropical affinities such as *C. atrox*, *C. molossus*, *C. pusillus*, *C. scutulatus*, *C. triseriatus*, *C. tzabcan*, *C. viridis* and *Sistrurus* sp. (Comroe 1948; Schad, 1962; Paredes-León et al., 2008; Carbajal-Márquez et al., 2018a). Unlike the amount of information available for *P. crotali*, there is little recent information about the prevalence of this species in rattlesnakes and, in Mexico, these reports are restricted to Mexico City and Michoacán (Carbajal-Márquez et al., 2018a). However, some authors suggest that helminths infections in rattlesnakes present low prevalence and mean values for abundance and intensity (Carbajal-Márquez et al., 2018a). These values may be associated with many factors such as ontogenetic changes in feeding preferences (Carbajal-Márquez et al., 2018b).

*Porocephalus crotali* is commonly found in the respiratory tract of vertebrates (Paré, 2008). However, in this case, the parasites were found in the coelomic cavity attached to the upper portion of the gastrointestinal tract. The parasites can generate very common lesions due to the migration of the primary larvae which are specially adapted to penetrate and trespass tissues due to their numerous spines and stylets in the dorsum of the cephalothorax (Keegan, 1943). This larvae migration can cause primary lesions such as asymptomatic chronic fibrosis process adhered to the intestine serous without neovascularization (Oliveira et al., 2008), as well as secondary lesions including blood or lymphatic system obstruction, respiratory lesions (pneumonia and obstruction of other parenchymatous organs) or multiple eyes injuries (iritis, secondary glaucoma, and conjunctivitis; Oliveira et al., 2008). However, we did not find any secondary lesions. Neoplasm of some groups of vertebrates receives less attention than other groups, especially in possible

viral and parasite etiology (Orr et al., 1972). Nevertheless, we did not find conclusive evidence regarding the cause of the fibrosis, or the limitation of essential processes for the snake such as feeding or breathing by the parasites or the tumor, as previously observed in other snake species (Martin et al., 1994).

**Acknowledgments.**– We thank Arturo Medina for helping during the manipulation of the snake, Emilio Castro Almeida, Diego Sánchez Quiróz, and Aldo Vavito Téllez for their help during field trips. Finally, we thank the MVZ Alejandro Enríquez Vázquez and MVZ Gerardo Zepeda Padilla for their help and comments regarding the diagnosis of the clinical findings.

## CITED LITERATURE

- Blair, C. & S. Sánchez-Ramírez. 2016. Diversity-dependent cladogenesis throughout western Mexico: evolutionary biogeography of rattlesnakes (Viperidae: *Crotalinae*: *Crotalus* and *Sistrurus*). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 97:145-154.
- Campbell, J.A., W.W. Lamar & E.D. Brodie. 2004. The venomous reptiles of the Western Hemisphere (Vol. 2). New York: Comstock Publishing Associates.
- Carbajal-Márquez, R.A., D. González-Solís & J.R. Cedeño-Vázquez. 2018a. Endoparasites of *Crotalus tzabcan* (Serpentes: Viperidae), with a checklist in rattlesnakes. *Journal of Parasitic Diseases* 42:303-314.
- Carbajal-Márquez, R.A., J.R. Cedeño-Vázquez, D. González-Solís, M. Martins. 2018b. Diet and feeding ecology of *Crotalus tzabcan* (Serpentes; Viperidae). *South American Journal of Herpetology* 15: 9-19.
- Carbajal-Márquez, R.A., J.R. Cedeño-Vázquez, A. Martínez-Arce, E. Neri-Castro & S.C. Machkour M'Rabet. 2020. Accessing cryptic diversity in Neotropical rattlesnakes (Serpentes: Viperidae: *Crotalus*) with the description of two new species. *Zootaxa* 4729:451-481.
- Comroe D.B. 1948. *Kalicephalus conoidus*, n. sp. (Strongylata), a nematode from the rattlesnake *Crotalus triseriatus*. *Transactions of the American Microscopical Society* 67:280-284.
- Dixon, J.R. & J.A. Lemos-Espinal. 2010. *Anfibios y reptiles del estado de Querétaro, México*. CDMX: Texas A & M University/ Universidad Nacional Autónoma de México/ Comisión para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.



- Esslinger, J.H. 1962. Hepatic lesions in rats experimentally infected with *Porocephalus crotali* (Pentastomida). The Journal of parasitology 48:631-638.
- González-Solís, D. & S.A. Terán-Juárez. 2013. *Porocephalus crotali* (Pentastomida) Parasitizing the Yucatan Neotropical Rattlesnake (*Crotalus tzabcan*) in the Yucatan Peninsula, Mexico. The Southwestern Naturalist 58:251-253.
- Fieldsend, T., M. Miller & M. Harman. 2021. First record of an Asian tongueworm, *Raillietiella orientalis* (Pentastomida: Raillietiellidae), parasitizing a Tokay Gecko (*Gekko gecko*, Squamata: Gekkonidae): a novel interaction between two non-native species in Florida. Reptiles & Amphibians 28:255-256.
- Keegan, H.L. 1943. Some host records from the parasitological collection of the State University of Iowa. Bulletin of the Brooklyn Entomological Society 38:54-57.
- Lagunas-Calvo, O., L. García-Prieto, D. Osorio-Sarabia, V. Leon-Regagnon & A. Ocegüera-Figueroa. 2020. New records of *Ichthyotraca* Zrzavý, Hypša & Vlášková, 1997 (Pancrustacea) from Mexico with an annotated checklist of North America. Zootaxa 4755:1-55.
- Mader D.R. 2006. Reptile Medicine and Surgery. Philadelphia: Elsevier Saunders Inc.
- Martin, J.C., S.H. Schelling & M.A. Pokras. 1994. Gastric adenocarcinoma in a Florida indigo snake (*Drymarchon corais couperi*). Journal of Zoo and Wildlife Medicine 1:133-137.
- Martínez-Acevedo, L.S. 2012. Técnica de necropsia en reptiles. Pp:16-31. In Gutiérrez C. & Varela N. A. (Eds.), Memorias de la Conferencia Interna en Medicina y Aprovechamiento de Fauna Silvestre, Exótica y no Convencional. Asociación de Veterinarios de Vida Silvestre, Colombia.
- NOM-033-SAG/ZOO-2014, M. p. (26 de 08 de 2014). Métodos para dar muerte a los animales domésticos y silvestres. Obtenido de SAGARPA/SENASICA: www.senasica.gob.mx
- de Oliveira Almeida, W., Ferreira, F.S., Guarnieri, M.C. & S.V. Brito. 2008. *Porocephalus* species (Pentastomida) infecting *Boa constrictor* (Boidae) and *Lachesis muta* (Viperidae) in northeastern Brazil. Biotemas, 21: 165-168.
- Orr, H.C., L.E. Harris Jr, A.V. Bader, R.L. Kirschstein & P.G. Probst. 1972. Cultivation of cells from a fibroma in a rattlesnake, *Crotalus horridus*. Journal of the National Cancer Institute 48:259-264.
- Paré, J.A. 2008. An overview on pentastomiasis in reptiles and other vertebrates. Journal of Exotic Pet Medicine 17:285-294.
- Paredes-Leon, R., L. Garcia-Prieto, C. Guzman-Cornejo, V. Leon-Regagnon, & T. M. Perez, 2008. Metazoan parasites of Mexican amphibians and reptiles. Zootaxa, 1904: 1-166.
- Peláez D., J. Julia. 1983. Pentastómidos de México. I. Porocefalosis en serpientes. (Comunicación preliminar). (Pentastom: Poroceph. Y Reptilia: Squamata). Anales Escuela Nacional en Ciencias Biológicas 27:29-37
- Pinto, R.M., L.C.M. Pereira, M.H.M. Panizzutti & D. Noronha. 2010. Nematode parasites of the neotropical rattlesnake, *Crotalus durissus* Linnaeus, 1758 (Ophidia, Viperidae) from Brazil: new records and general aspects. Neotropical Helminthology 4:137-147.
- Rataj, A.V., R. Lindtner-Knific, K. Vlahović, U. Mavri, & A. Dovč. 2011. Parasites in pet reptiles. Acta Veterinaria Scandinavica 53: 1-21.
- Riley, J. & J.T. Self. 1979. On the systematics of the pentastomid genus *Porocephalus* (Humboldt, 1811) with descriptions of two new species. Systematic Parasitology 1:25-42.
- Riley, J. & J.T. Self. 1980. On the systematics and life-cycle of the pentastomid genus *Kiricephalus* Sambon, 1922 with descriptions of three new species. Systematic Parasitology 1:127-140.
- Schad, G.A. 1962. Studies on the genus *Kalicephalus* (Nematoda: Diaphanocephalidae): II. A taxonomic revision of the genus *Kalicephalus* Molin, 1861. Canadian Journal of Zoology 40:1035-1165.
- Uetz, P., P. Freed & J. Hošek. 2021. The Reptile Database, <http://www.reptile-database.org>, accessed [December 07, 2021]
- Walden, H.D., Iredale, M.E., Childress, A., Wellehan Jr, J.F., & R.J. Ossiboff. 2020. Case report: Invasive pentastomes, *Raillietiella orientalis* (Sambon, 1922), in a free-ranging Banded Water Snake (*Nerodia fasciata*) in north central Florida, USA. Frontiers in Veterinary Science 7: 467.



# NEW RECORD ON THE GEOGRAPHIC DISTRIBUTION OF *BOLITOGLOSSA EREMIA* (PLETHODONTIDAE) IN THE SUBTROPICAL HUMID FOREST OF JALAPA, GUATEMALA

NUEVO REGISTRO DE DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE *BOLITOGLOSSA EREMIA* (PLETHODONTIDAE) EN BOSQUE HÚMEDO SUBTROPICAL DE JALAPA, GUATEMALA

DANIEL J. NÚÑEZ-ROBLES<sup>1</sup>, JOSÉ A. GUTIÉRREZ-GODOY<sup>1</sup>, MELVIN FLORES-TURCIOS<sup>1</sup>, JOSÉ J. MELÉNDEZ-LÓPEZ<sup>1</sup>, FLOR M. MORALES-ARROYO<sup>1</sup>, MARÍA A. SANTA CRUZ-HUARD<sup>1</sup>, LUIS GONZÁLEZ-MARTÍNEZ & DANIEL ARIANO-SÁNCHEZ<sup>2\*</sup>.

<sup>1</sup>Departamento de Biología, Facultad de Ciencias y Humanidades, Universidad del Valle de Guatemala.

<sup>2</sup>Centro de Estudios Ambientales y Biodiversidad, Universidad del Valle de Guatemala, Vista Hermosa III, Guatemala, Guatemala.

\*Correspondence: [dariano@uvg.edu.gt](mailto:dariano@uvg.edu.gt)

**Received:** 2021-07-20. **Accepted:** 2022-04-21. **Published:** 2022-05-05.

**Editor:** Oscar Alberto Flores-Villela, México.

*Bolitoglossa eremia* (Campbell et al., 2010), is an endemic species of Jalapa, Guatemala. It is a small species that can reach a snout-vent length (SVL) of 42.3 mm in males and 62.1 mm in females and can be distinguished by its small size, feet and hands not completely webbed, and a relatively short tail (Campbell et al., 2010). The upper portion of the head, back, tail and extremities have a dark gray with white coloration. The flanks are usually pink-orange, forming big spots (Fig. 1). The species is endemic and is isolated in the Region of Cerro Miramundo, Jalapa. *B. eremia* habits montane forest with an elevation of 2360–2660

m a.s.l. It can be found with higher frequency in rotten trunks (Campbell et al., 2010). The population is likely declining due to a combination of habitat loss and agricultural pollution, categorized as endangered species (IUCN SSC Amphibian Specialist Group, 2020).

We found two individuals of *B. eremia* (Figs. 2–3) during a biodiversity survey in the Community Reserve Bosque Encantado in Ladinos Pardos village. One was a juvenile (SVL 40 mm) and the other was an adult female (SVL 60mm). We observed them on 21 October 2019 in the Bosque Encantado Community



**Figura 1.** *Bolitoglossa eremia*

UTADC 9621a ubicada en la Reserva Comunitaria Bosque Encantado, Jalapa, Guatemala. Foto: D. Núñez-Robles.

**Figure 1.** *Bolitoglossa eremia* UTADC

9621a located in the Community Reserve Bosque Encantado, Jalapa, Guatemala. Photo: D. Núñez-Robles.



**Figura 2.** *Bolitoglossa eremia* UTADC 9621b ubicada en la Reserva Comunitaria Bosque Encantado, Jalapa, Guatemala. Foto: D. Núñez-Robles.

**Figure 2.** *Bolitoglossa eremia* UTADC 9621b located in the Community Reserve Bosque Encantado, Jalapa, Guatemala. Photo: D. Núñez-Robles.

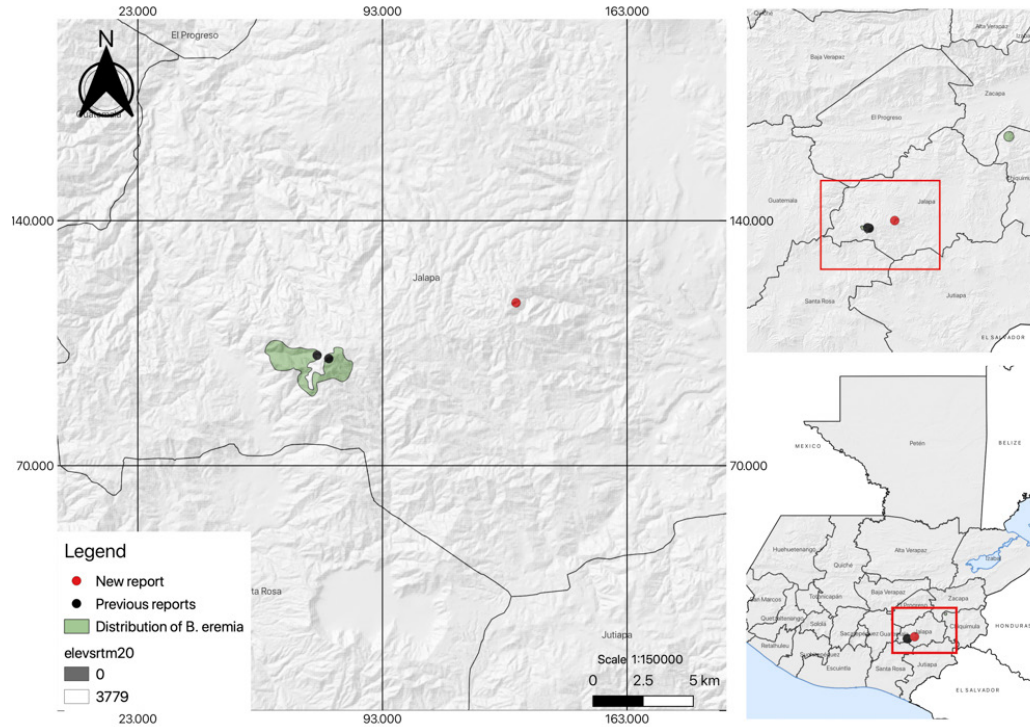
Reserve, Aldea Ladinos Pardos (Fig. 4) at 2306 meters above sea level (N 14.55660°, W 090.05579°, WGS84). Both individuals were found approximately at 10:00 pm, 1 m above the ground in a leaf of a plant located in a trail near a stream. The temperature was 15.7°C with a percentage of humidity of 87.5%. This new record is 9.73 km apart from the known records in la Soledad

Grande, Jalapa (14.530146° N, 90.142417° W) (Campbell et al., 2010). The specimens were released in the same site after taking morphometric measurements and photographs. The Community Reserve Bosque Encantado is 368.4 hectares protected area, 10 km apart from the city of Jalapa. This observation represents an extension of the distribution of *B. eremia*, 9.73 km northeast

**Figura 3.** *Bolitoglossa eremia* UTADC 9621c ubicada en la Reserva Comunitaria Bosque Encantado, Jalapa, Guatemala. Foto: D. Núñez-Robles.

**Figure 3.** *Bolitoglossa eremia* UTADC 9621c located in the Community Reserve Bosque Encantado, Jalapa, Guatemala. Photo: D. Núñez-Robles.





**Figura 4.** Nuevo mapa de registro de localidad para *Bolitoglossa eremia* en la Reserva Comunitaria Bosque Encantado, Jalapa. El punto rojo corresponde al nuevo informe; el punto negro para los informes anteriores y el área sombreada en verde para la distribución de *Bolitoglossa eremia*. Mapa: D. Núñez-Robles.

**Figure 4.** New locality record map for *Bolitoglossa eremia* in Community Reserve Bosque Encantado, Jalapa. The red dot corresponds to the new report; the black dot for the previous reports and the green shaded area for the distribution of *Bolitoglossa eremia*. Map: D. Núñez-Robles.

from the known localities of this species, at Cerro Miramundo, Jalapa (Fig. 4). The Bosque Encantado Community Reserve at Aldea Ladinos Pardos, Jalapa, could be a very important area for the conservation of this species, due to its location on an isolated mountain. Most of the forests of the region have been deforested in recent years.

The finding of these individuals represents an important record for the conservation of amphibians because of its limited distribution range, since it is found in two localities to an extent of occurrence (EOO) of 241 km<sup>2</sup>. It is important to have new records of this species due to habitat loss and increased agricultural pollution in the region of Jalapa (IUCN SSC Amphibian Specialist Group, 2020). Other species of herpetofauna found on the same survey at the Reserve were the Guatemalan spike thumb frog (*Plectrohyla guatemalensis*), Godman's Montane Pit Viper (*Cerrophidion godmani*), Rosebelly earth snake (*Geophis rhodogaster*) and Bocourt's emerald lizard (*Sceloporus smaragdinus*). The photographs of the individuals found were deposited in the digital collection of the University of Texas Arlington (UTADC) with the following register codes: UTADC 9621a–9621c.

**Acknowledgements.-** We want to thank the members of the community of Bosque Encantado for their guidance during the biodiversity monitoring. We are grateful to Luis Rios and Ana Lucia Arevalo for their support during the field trip. In addition, we want to thank Jonathan Campbell for interesting discussions about this extension range.

## CITED LITERATURE

- Campbell, J.A., E.N. Smith, J. Streicher, M.E. Acevedo & E.D. Brodie, Jr. 2010. New Salamanders (Caudata: Plethodontidae) from Guatemala, with miscellaneous notes on known species. Miscellaneous Publications Museum of Zoology University of Michigan 200:1-60 pp.
- IUCN SSC Amphibian Specialist Group. 2020. *Bolitoglossa eremia*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020:https://e.T194314A2311664. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T194314A2311664.en> Downloaded on January 18 of 2022.



# NUEVO REGISTRO MUNICIPAL DE *INDOTYPHLOPS BRAMINUS* (DAUDIN, 1803) EN EL ESTADO DE HIDALGO, MÉXICO

## NEW MUNICIPAL RECORD OF *INDOTYPHLOPS BRAMINUS* (DAUDIN, 1803) IN THE STATE OF HIDALGO, MEXICO

JONATAN JOB MORALES GARCIA & ANGEL DAEN MORALES GARCIA

<sup>1</sup>Biofutura A.C., Artículo 6, No. 104, Fracc. Constitución, 42080, Pachuca de Soto, Hidalgo, México.

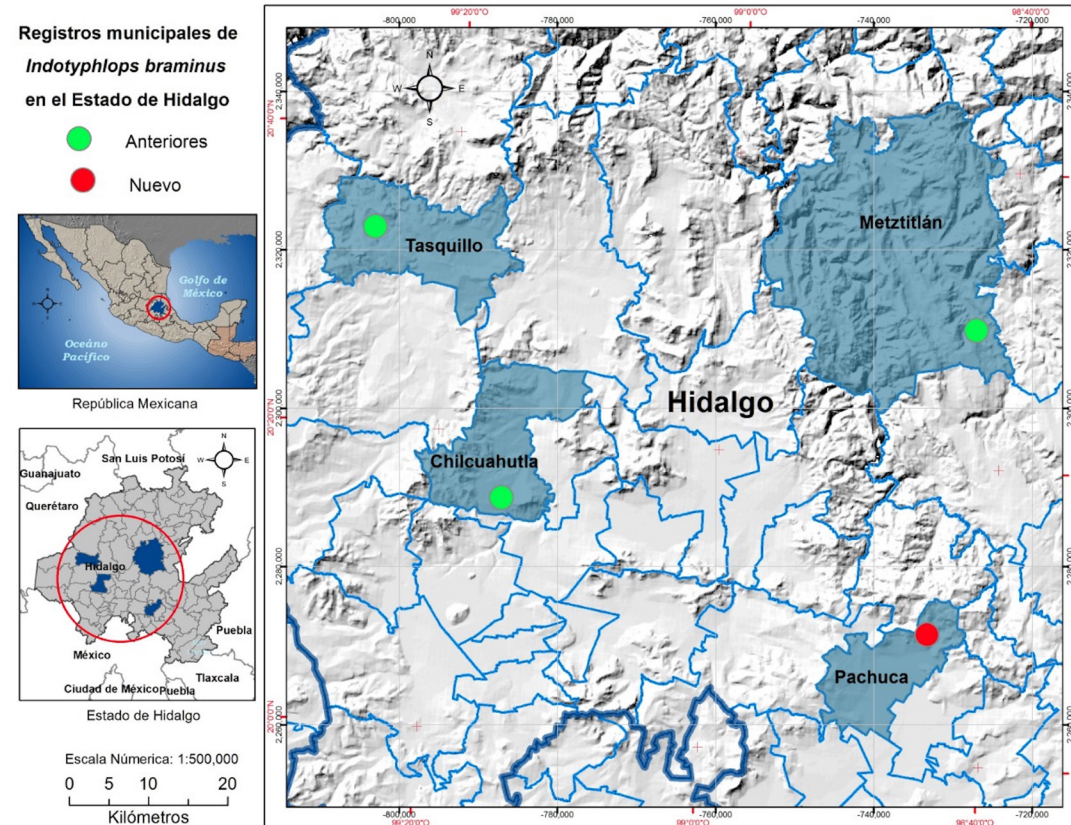
\*Correspondence: [biofutura@live.com](mailto:biofutura@live.com)

Received: 2021-12-02. Accepted: 2022-04-15. Published: 2022-05-05.

Editor: Leticia M. Ochoa Ochoa, México.

*Indotyphlops braminus* es un reptil que pertenece a la familia Typhlopidae, originaria de la India, donde tiene una amplia distribución (Loverlec et al., 2016). En el estado de Hidalgo, es una de las dos especies de reptiles introducidos (Ramírez-Bautista et al., 2020), se conoce su registro en los municipios de Tasquillo, en dos sitios (Hernández-Salinas & Ramírez-Bautista, 2010; Ramírez-Bautista et al., 2010; 2014; Montiel-Canales, 2014); Metztlán, en la localidad de Los Venados (Olvera-Olvera, 2017); y en Chilcuahutla, en zonas de matorral xerófilo, y cerca del río Tula (Fernández-Badillo et al., 2015).

En esta nota presentamos un nuevo registro para el estado de Hidalgo en el municipio de Pachuca. El 23 de septiembre del 2021, a las 14:00 horas se encontró un individuo adulto de *Indotyphlops braminus*, en la colonia Constitución, en el municipio de Pachuca N 20° 11.910' y W 098° 43.570' a una elevación de 2,283 m s.n.m. (Fig. 1). La serpiente se encontró en la vía pública sobre una banqueta con pasto (*Cynodon dactylon*), cercana a una jardinera y al paso de hormigas, donde pudo estarse alimentando en un ambiente urbano. El ejemplar fue identificado con ayuda de la guía de campo de anfibios y reptiles Peterson (Powell et al.,



**Figure 1.** Records for *Indotyphlops braminus* in the state of Hidalgo, Mexico. Previous records are shown in green, and the new record obtained in an urban environment is shown in red. Note: the records in green are those reported by (Hernández-Salinas and Ramírez-Bautista, 2010; Ramírez-Bautista et al., 2010; 2014; Montiel-Canales, 2014, Olvera-Olvera, 2017 and Fernández-Badillo et al., 2015).

**Figura 1.** Registros para *Indotyphlops braminus* en el estado de Hidalgo, México. En color verde se muestran los registros anteriores, y en rojo el nuevo registro obtenido en ambiente urbano. Nota: los registros en color verde son los reportados por (Hernández-Salinas y Ramírez-Bautista, 2010; Ramírez-Bautista et al., 2010; 2014; Montiel-Canales, 2014, Olvera-Olvera, 2017 y Fernández-Badillo et al., 2015).





**Figure 2.** *Indotyphlops braminus* located on a sidewalk next to a fragment of grass in the city of Pachuca de Soto in the state of Hidalgo, Mexico.

**Figura 2.** *Indotyphlops braminus* localizada en una banqueta junto a un fragmento de pasto en la ciudad de Pachuca de Soto en el estado de Hidalgo, México.

2016) y fue medido *in situ* con una regla milimétrica plástica y otra metálica dando una mensura de 60 mm de longitud total. Se le tomaron fotos (Fig. 2) y fue liberada en el sitio donde se encontró. Este hallazgo es un nuevo registro municipal para el estado de Hidalgo, siendo la localidad más cercana al registro la ubicada en el municipio de Metztlán (Olvera-Olvera, 2017), con una distancia lineal entre puntos de 41 km. Este registro es el

quinto para el estado de Hidalgo y el primero para el Municipio de Pachuca de Soto.

Al encontrarse cerca de una jardinera junto a pastos, creemos que esta pudo migrar oculta entre raíces de las plantas ornamentales que se comercian en la ciudad de Pachuca, gracias a su afinidad por suelos sueltos, y la facilidad de ser transportada

en la tierra de las plantas tropicales que se comercializan (Lemos-Espinal & Dixon, 2016), por su condición de ser un organismo partenogenético (McDowell, 1974; Castañeda-Ortega & Guzmán-Guzmán, 2020), supone una ventaja para su propagación a nuevas áreas, donde puede construir una población a partir de un solo individuo (Joger et al., 2008; Booth & Schuett, 2015), por su ecología, esta especie ha llegado a distribuirse en prácticamente todo el mundo como lo mencionan Lemos-Espinal & Dixon (2016). Es importante realizar más estudios sobre este organismo, su distribución y sus interacciones con la fauna nativa.

## LITERATURA CITADA

- Booth, W. & G. Schuett. 2015. The emerging phylogenetic pattern of parthenogenesis in snakes. *Biological Journal of the Linnean Society* 118:172-186.
- Castañeda-Ortega, J. & S. Guzmán-Guzmán. 2020. *Indotyphlops braminus* (DAUDIN, 1803), TYPHLOPIDAE. *Revista Latinoamericana de Herpetología*. 3:155-156.
- Fernández-Badillo, L., A. Archundia, C. M. Torrez-Nuñez, J. A. Hernández-Beltrán, & V. J. Acevedo-Mota. 2015. Distribution Notes. *Indotyphlops braminus* (Daudin, 1803). *Mesoamerican Herpetology* 4:551-552.
- Hernández-Salinas, U. & A. Ramírez-Bautista. 2010. Geographic distribution. *Ramphotyphlops braminus* (Brahminy Blind Snake). *Herpetological Review* 41: 519.
- Joger, U., I. Bshema & F. Essghaier. 2008. First record of the parthenogenetic Brahminy blind Snake *Ramphotyphlops braminus* (Daudin 1083), from Libya (Serpente: Typhlopidae). *Herpetology Notes* 1:13-16.
- Lemos-Espinal, J.A. & J.R. Dixon. 2016. Anfibios y reptiles de Hidalgo. CONABIO, México.
- Lorvelec, O., J. Berchel & N. Barre. 2016. First report of the Flowerpot Blindsnake, *Indotyphlops braminus* (Daudin 1983), from La Désirade (Guadalupe Archipelago, the French West Indies). *Caribbean Herpetology* 55:1-2.
- McDowell, S. B. 1974. A catalog of snakes of New Guinea and the Solomons, with special reference to those of the Bernice P. Bishop Museum, Part I. *Scolecophidia*. *J. Herpetol.* 8:1-57.
- Olvera, C. & J. Iturbe-Morgado. 2017. New municipality record for *Indotyphlops braminus* of the state of Hidalgo. *Mesoamerican Herpetology* 4:201.
- Powell, R., C., R & C. Joseph T. 2016. Peterson Field Guide to Reptiles and amphibians of Eastern and Central North America. Fourth edition. Houghton Harcourt Publishing Company. New York. U.S.A.
- Ramírez-Bautista, A., U. Hernández-Salinas, F. Mendoza-Quijano, R. Cruz-Elizalde, B.P. Stephenson, V.D. Vite-Silva & A. Leyte-Manrique. 2010. Lista Anotada de los Anfibios y Reptiles del Estado de Hidalgo, México. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Pachuca, Hidalgo, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, D.F., Mexico.
- Ramírez-Bautista A, Hernández-Salinas U, Cruz-Elizalde R, Berriozabal-Islas C, Moreno-Lara I, DeSantis DL, Johnson JD, García-Padilla E, Mata-Silva V, Wilson LD. 2020. The herpetofauna of Hidalgo, Mexico: composition, distribution, and conservation status. *Amphibian & Reptile Conservation* 14(1) [General Section]: 63–118 (e224).





# EL TRÁFICO DE LAGARTIJAS EMBLEMÁTICAS DEL GÉNERO *ABRONIA* (SQUAMATA: ANGUIDAE)

## TRAFFICKING OF EMBLEMATIC LIZARDS OF THE GENUS *ABRONIA* (SQUAMATA: ANGUIDAE)

ISRAEL MORENO-LARA<sup>1\*</sup>, RACIEL CRUZ-ELIZALDE<sup>2</sup>, IRERI SUAZO-ORTUÑO<sup>3</sup> & AURELIO RAMÍREZ-BAUTISTA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Ecología de Poblaciones, Centro de Investigaciones Biológicas, Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, km 4.5 carretera Pachuca-Tulancingo, Mineral de la Reforma, Hidalgo, 42184, México.

<sup>2</sup>Laboratorio de Zoología, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma de Querétaro, Avenida de las Ciencias S/N, Santa Fe Juriquilla, C. P. 76230, Querétaro, Querétaro, México.

<sup>3</sup>Laboratorio de Herpetología y Ecología Animal, Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Ave. San Juanito Itzicuaru s/n, Col. Nueva Esperanza, Morelia, Michoacán, 58330, México.

\*Correspondence: [izraa.mlara150911@gmail.com](mailto:izraa.mlara150911@gmail.com)

Received: 2021-05-28. Accepted: 2022-04-20. Published: 2022-05-05.

Editor: Leticia M. Ochoa Ochoa, México.

**Abstract.**— The arboreal lizards of the genus *Abronia* are considered a group of reptiles markedly vulnerable to extraction from the wild for the pet market. In this study, the trafficking of species of the genus *Abronia* that are distributed in Mexico was evaluated. Also, those species of this genus that are most offered in the international trade were identified. A literature review of reptile trafficking was made, and databases and internet pages on international reptile trade were consulted. We found that the species *Abronia deppii*, *A. graminea*, and *A. taeniata* were the most frequently decommissioned within Mexico. Additionally, 11 species (*Abronia aurita*, *A. campbelli*, *A. deppii*, *A. graminea*, *A. lythrochila*, *A. martindelcampoi*, *A. mixteca*, *A. smithi*, *A. taeniata*, and *A. vasconcelosii*) were the most trafficked internationally. Significant differences were found between the sale prices of each species between legal and illegal trade, as well as the prices between animals sold in formal pet shops and internet forums. These prices range from \$ 999 (~ 49.86 USD) to \$ 35 017 (~ 1747.78 USD) Mexican pesos per specimen of species of the genus. The need for the intervention of international (CITES) and national agencies in order to reduce the illegal collection and trafficking of these species is highlighted.

**Keywords.**— *Abronia*, CITES, international traffic, seize, threatened species

**Resumen.**— Las lagartijas arborícolas del género *Abronia* se consideran un grupo de reptiles muy vulnerables a la extracción del medio silvestre para el mercado de mascotas. En el presente estudio se evaluó el tráfico de especies del género *Abronia* que se distribuyen en México. También se identificaron aquellas especies del género que son más ofertadas en el comercio internacional. Se hizo una revisión de la literatura sobre el tráfico de reptiles y se consultaron bases de datos, así como páginas de internet, donde se comercializan los reptiles a nivel internacional. Se encontró que las especies *Abronia deppii*, *A. graminea* y *A. taeniata* son las más frecuentemente decomisadas en México. Adicionalmente, 11 especies (*Abronia aurita*, *A. campbelli*, *A. deppii*, *A. graminea*, *A. lythrochila*, *A. martindelcampoi*, *A. mixteca*, *A. smithi*, *A. taeniata* y *A. vasconcelosii*) son las más traficadas a nivel internacional. Se encontraron diferencias significativas entre los precios de venta de cada especie en el comercio legal e ilegal, así como los precios de ejemplares vendidos entre tiendas formales y en foros de internet. Estos precios oscilan en un rango de \$ 999 (~ 49.86 USD) a \$ 35 017 (~ 1747.78 USD) pesos mexicanos por ejemplar. Se resalta la necesidad de la intervención de agencias internacionales (CITES) y nacionales para poder disminuir la colecta ilegal y el tráfico de estas especies.

**Palabras clave.**— *Abronia*, CITES, decomisos, riesgo de extinción, tráfico internacional.

## INTRODUCCIÓN

Históricamente, entre las principales amenazas para la biodiversidad mexicana se encuentran la destrucción del hábitat y la sobreexplotación comercial (Hudson et al., 2001). La sobreexplotación influye en el declive de las poblaciones de una gran cantidad de plantas y animales que son extraídos de su medio natural (Garza Almanza, 2008). El tráfico de especies nativas se considera una actividad económica altamente remunerada en mercados de diferentes países, y México no es la excepción. En México, el mercado de Sonora de la Ciudad de México, el mercado de Juchitán en Oaxaca y la localidad de Charco Cercado en San Luis Potosí son ejemplo de lugares en los que se ofrecen a la venta especies extraídas del medio silvestre (Sosa-Escalante, 2011). Los vendedores de estas especies muchas veces no cuentan con los permisos legales (Arroyo-Quiroz & Wyatt, 2018); esto está bien documentado en especies de felinos, aves, anfibios y reptiles (Anaya-Hong, 2010; Fitzgerald et al., 2004; Sosa-Escalante, 2011).

A nivel global, los reptiles más afectados por la extracción de especies del medio silvestre son tortugas, cocodrilos, serpientes y lagartijas (Fitzgerald et al., 2004). Frecuentemente se comercializan pieles, carne, huevos, y algunas especies son vendidas como mascotas (D'Cruze et al., 2015; Ramos Roca & Rodríguez Castañeda, 2019; Janssen & de Silva, 2019; Fauzi et al., 2020; Hitchens & Blakeslee, 2020). Por ejemplo, lagartijas como geckos, iguanas y camaleones, son capturadas para la venta en el mercado de mascotas (Ngo et al., 2019). Tal es el caso de las especies del género *Abronia* (Fig. 1), que son comercializadas como mascotas, ya que son llamativas por sus características morfológicas, patrones de coloración y temperamento dócil (Hudson et al., 2001). Adicionalmente, requieren de un cuidado relativamente sencillo en cautiverio y existen manuales para su reproducción (Schmidt-Ballardo, 2019), lo que incentiva su adquisición para tenerlas en terrarios como mascotas.

En 2016, México autorizó la crianza de 10 especies de *Abronia* (*Abronia chiszari*, *A. deppii*, *A. graminea*, *A. lythrochila*, *A. reidi*, *A. oaxacae*, *A. smithi*, *A. mixteca*, *A. martindelcampoi* y *A. taeniata*;



**Figure 1.** *Abronia campbelli*, endemic of Guatemala, categorized as Critically Endangered by the IUCN, highly vulnerable to species traffic. Photo: Andrés Novales.

**Figura 1.** *Abronia campbelli*, endémica de Guatemala, categorizada en Peligro Crítico por la IUCN, altamente vulnerable al tráfico de especies. Foto: Andrés Novales.



**Figure 2.** *Abronia taeniata*, categorized as Vulnerable by the IUCN, species captive bred in Mexico mainly for the pet market. Photo: César A. Díaz-Marín.

**Figura 2.** *Abronia taeniata*, categorizada Vulnerable por la IUCN, especie reproducida en México principalmente para el mercado de mascotas. Foto: César A. Díaz-Marín.

Fig. 2) de las 19 que ocurren en el país; esto con la finalidad de reproducirlas en unidades de manejo ambiental (UMAs) y, con esto, cesar la colecta en el medio silvestre (Pérez Sato et al., 2017). Sin embargo, las especies del género aún son afectadas por la colecta ilegal (CITES, 2014, 2015; Campbell et al., 2016; Sánchez-Herrera et al., 2017; SEMARNAT, 2018).

En el presente estudio, se realizó una investigación sobre la venta de ejemplares de abronias, partiendo de las preguntas: ¿Qué especies del género tienen la mayor demanda en el mercado? ¿En qué países se realiza la venta de *Abronia*? ¿El precio de la venta de los organismos legales influye en la colecta ilegal de ejemplares? ¿Existen especies que se venden de manera ilegal? Los datos recabados aportan información relevante sobre el comercio legal e ilegal existente dentro y fuera del país. La extracción de abronias del medio silvestre se encuentra como una amenaza importante y la identificación de su comercio podría fortalecer la toma de decisiones gubernamentales para mitigar el declive de las poblaciones (SEMARNAT, 2018).

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se consultaron bases de datos y publicaciones sobre decomisos y comercialización de las lagartijas del género *Abronia*, incluyendo la base de datos de decomisos de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente de México (PROFEPA, registros del periodo de 2002-2014) y la base de datos de tráfico de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES, registros del

periodo de 2013- 2019, en: <https://trade.cites.org/>). Así mismo, se realizó una revisión descriptiva en internet, similar a la de Ngo et al. (2019) y Janssen & de Silva (2019), fundamentada en buscar la información del comercio sobre el género *Abronia* en las plataformas disponibles. Esta revisión abarcó dos periodos de tres meses, de septiembre a noviembre del año 2017 y de septiembre a noviembre del año 2018, periodos que coinciden con las épocas en las que las crías de abronias nacen. Es preciso hacer mención que las crías de *Abronia* tienen bandas y suelen ser de colores poco llamativos (Fig. 3).

Es posible que algunos ejemplares empiecen a cambiar de coloración a los 6 meses de edad, pero es probable que no sea la mayoría. Aunado a esto, la mayoría de los ejemplares que se encuentran en el tráfico ilegal son adultos, porque las crías soportan menos las condiciones a las que son sometidas por los traficantes. No obstante, el periodo de búsqueda fue determinado de acuerdo con la actividad reproductiva (Schmidt, 1991; Campbell & Frost, 1993; González-Porter et al., 2015), ya que es la época del año en que los adultos están activos y son más fáciles de encontrar, ver y capturar.

En cada periodo se realizó una consulta (equivalente a 6 horas) por semana, logrando un esfuerzo total de 144 horas sumando ambos periodos de búsqueda. Se utilizó el buscador en línea Google (<https://www.google.com.mx>), con las palabras clave “compra y venta de *Abronia*” y “*Abronia* for sale”. Para cada organismo en venta fue necesario comunicarse con los vendedores para indagar la procedencia de dichos ejemplares. Para los portales web, que necesariamente requieren registrarse se ingresaron datos del primer autor (IML), y el contacto con los vendedores fue por correo electrónico. Los vendedores se mantuvieron de forma anónima para garantizar los derechos de privacidad de los datos (DOE, 2010; Ngo et al., 2019).

Se dividieron los registros de comercio resultantes en dos criterios: establecimientos y colectivos. Los establecimientos o tiendas formales fueron portales web con certificaciones internacionales de organismos con legal procedencia y permisos para exportación, con un total de 116 registros. A diferencia de los colectivos que fueron ventas independientes sin certificaciones ni especificaciones de un origen legal; básicamente son anuncios y foros donde los usuarios participan en compras serias a nivel internacional, con un total de 77 registros. Con los datos anteriores, se realizó una prueba no paramétrica Kruskal-Wallis para verificar diferencia entre los precios por especies de *Abronia*, así como entre establecimientos y colectivos. Fue necesario realizar una corrección a la fórmula Kruskal-Wallis, ya que se obtuvieron rangos con valores repetidos (Zar, 2010).



**Figure 3.** *Abronia graminea*, adult with juvenile, *Abronia* juveniles change their coppery colors after a few months. Photo: Adam G. Clause.

**Figura 3.** *Abronia graminea*, adulto con cría, las crías de *Abronia* cambian sus colores cobrizos después de algunos meses. Foto: Adam G. Clause.

Finalmente, para representar el comercio entre países, se empleó la herramienta Trade Mapper (TRAFFIC, 2018) que utiliza los datos de ventas para representar el flujo de ejemplares entre países de forma cartográfica mediante flechas que direccionan la exportación e importación.

## RESULTADOS

### Comercio ilegal en México

Se registraron 91 ejemplares decomisados en México por la PROFEPA. Estos se distribuyeron en tres especies (*Abronia deppii*, *A. graminea* y *A. taeniata*), procedentes de los estados de Veracruz, Puebla, Nuevo León y de la Ciudad de México (CDMX). Esta última presentó el mayor porcentaje de decomisos, seguido por Veracruz, Nuevo León, y Puebla; mientras que *Abronia graminea* fue la especie con el mayor número de decomisos, siguiéndole *A. taeniata* y *A. deppii* (Fig. 4).

### Comercio internacional

El flujo de ejemplares del género *Abronia* involucra a un gran número de países (13 especies ofrecidas en 13 países), siendo México y Guatemala los países de origen y los mayores exportadores. La demanda de ejemplares va encaminada a Reino Unido, Alemania, Bélgica, Francia y España. También a los países asiáticos de Japón y Corea del Sur. Asimismo, se encontraron registros de abronias entrando a Canadá, Estados Unidos y México (Fig. 5).

Las especies comercializadas por internet son: *Abronia aurita*, *A. campbelli*, *A. deppii*, *A. graminea*, *A. lythrochila*, *A. martindelcampoi*, *A. mixteca*, *A. smithi*, *A. taeniata*, y *A. vasconcelosii*. Los precios por ejemplar fluctúan de \$ 999 (~ 49.86 USD) a \$ 35,177 MXN (~ 1747.78 USD, Tabla 1). El análisis Kruskal-Wallis mostró una diferencia significativa entre los precios de las especies ( $H = 20.92$ ,  $P < 0.05$ ); el mayor número de páginas web oferta ejemplares de *A. graminea* (la que presenta precios más bajos),

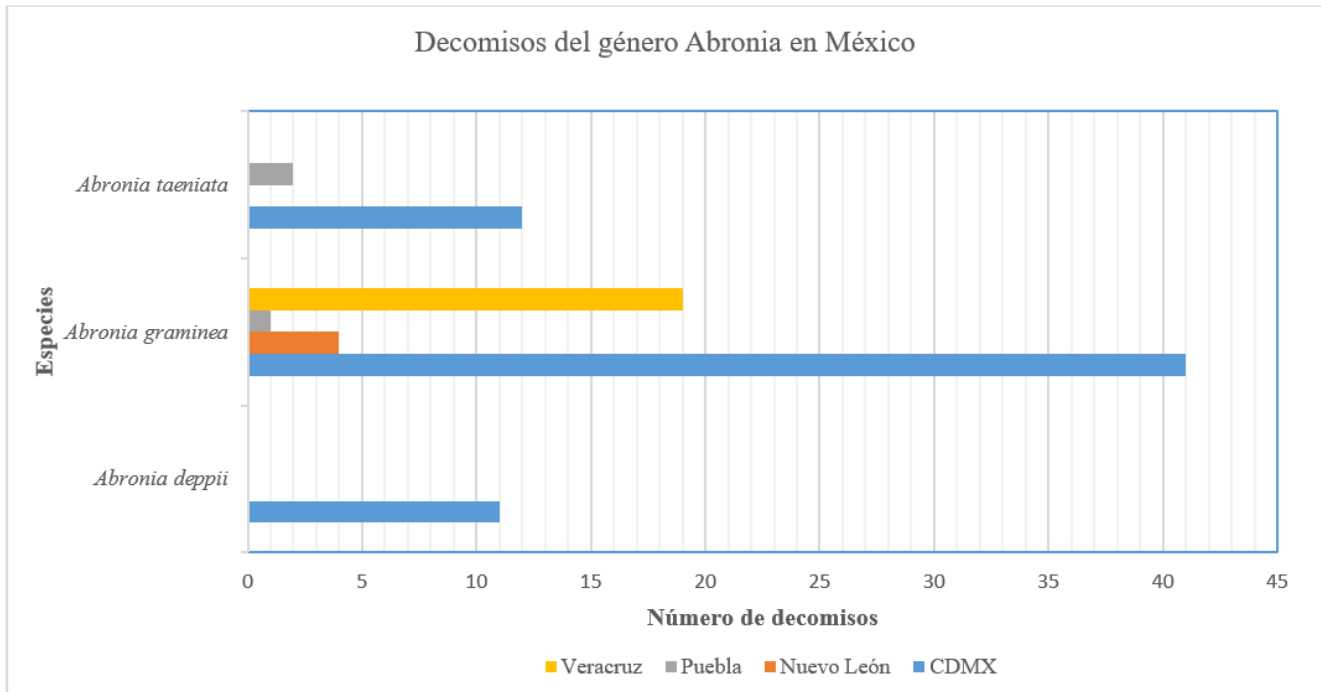


Figure 4. Species of *Abronia* seized by state of the Mexican Republic during the period 2002-2014.

Figura 4. Especies de *Abronia* decomisadas por estado de la República Mexicana durante el periodo 2002-2014.

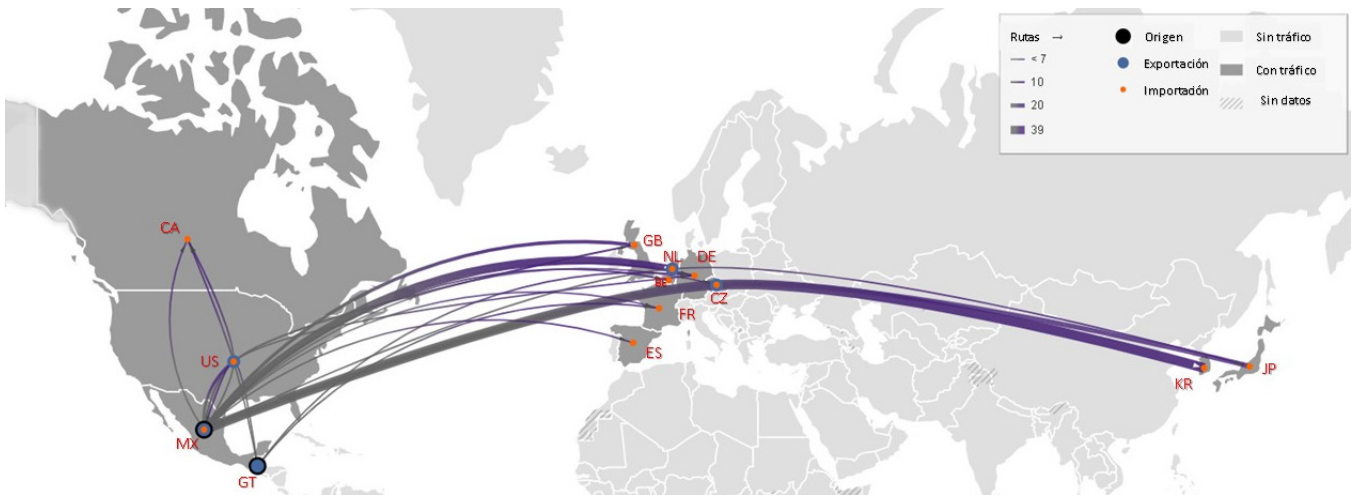


Figure 5. Geographical representation of the trade flow of *Abronia* specimens. Where: BE = Belgium, CA = Canada, CZ = Czech Republic, DE = Germany, ES = Spain, FR = France, GB = United Kingdom, JP = Japan, KR = South Korea, MX = Mexico, NL = Netherlands, US = United States. The gray countries are those that participate in international trade, the countries with diagonals are those that do not have free trade information and the light gray countries are not in the trade. As for the lines, the thickness indicates the number of registered specimens. Origin countries are those with a black circle, exporting countries (with hatcheries) are those with a blue circle, and importing countries are those with an orange circle.

Figura 5. Representación geográfica del flujo de comercio de ejemplares de *Abronia*. Donde: BE = Bélgica, CA = Canadá, CZ = República Checa, DE = Alemania, ES = España, FR = Francia, GB = Reino Unido, JP = Japón, KR = Corea del Sur, MX = México, NL = Países Bajos, US = Estados Unidos. Los países de color gris son los que participan en el comercio internacional, los países con diagonales son aquellas que no poseen información libre del comercio y los países de color gris claro no se encuentran en el tráfico. En cuanto a las líneas, el grosor indica el número de ejemplares registrados. Los países origen son aquellos que poseen un círculo negro, los países exportadores (con criaderos) son aquellos que presentan un círculo azul y los países importadores son aquellos con un círculo naranja.

**Table 1.** *Abronia* species sold on web. The countries, criteria and price range are shown in Mexican pesos. Where: BE = Belgium, CA = Canada, CZ = Czech Republic, DE = Germany, ES = Spain, FR = France, GB = United Kingdom, MX = Mexico, US = United States. The criteria are: C = Collective, E = Establishment.

**Tabla 1.** Especies de *Abronia* vendidas en portales web. Se muestran los países, criterios y rango de precios en pesos mexicanos. Donde: BE = Bélgica, CA = Canadá, CZ = República Checa, DE = Alemania, ES = España, FR = Francia, GB = Reino Unido, MX = México, US = Estados Unidos. Los criterios son: C = Colectivo, E = Establecimiento.

Especie	País de venta	Criterio	Rango de precios (pesos mexicanos, MXN)
<i>A. aurita</i>	DE	C	20,101 (~1,003.29 USD) – 35,177 (~1,755.76 USD)
<i>A. campbelli</i>	DE	C	3,051 (~152.28 USD) – 12,071 (~602.49 USD)
<i>A. deppii</i>	US, FR, GB	C, E	6,036 (~301.27 USD) – 27,866 (~1,390.86 USD)
<i>A. graminea</i>	DE, CA, US, ES, GB, MX	C, E	999 (~49.86 USD) – 30,160 (~1505.35 USD)
<i>A. lythrochila</i>	US, GB	C, E	3,715.3 (~185.44 USD) – 27,839.8 (~1389.55 USD)
<i>A. martindelcampoi</i>	CZ	C	16,081.36 (~802.66 USD)
<i>A. mixteca</i>	DE, US	C, E	1,856.36 (~92.66 USD) – 27,866.85 (~1390.90 USD)
<i>A. smithi</i>	US, GB	E	9,288.76 (~463.62 USD) – 16,914.02 (~844.22 USD)
<i>A. taeniata</i>	BE, US, GB	C, E	2,786.50 (~139.08 USD) – 15,780.64 (~787.65 USD)
<i>A. vasconcelosii</i>	DE, FR, GB	C, E	10,053.43 (~501.79 USD) – 16,081.36 (~802.66 USD)

mientras que *A. aurita* es la especie que se oferta con los precios más altos en el mercado (Tabla 1).

En cuanto a los criterios del portal web, existe una menor proporción de establecimientos (tiendas) en comparación de colectivos (foros en internet), la diferencia entre ambos, tomando en cuenta los precios por ejemplar, es significativa ( $H = 10.85$ ,  $P < 0.05$ ). Los colectivos son los que ofrecen precios más altos, oscilando entre \$ 1,856.36 (~ 92.66 USD) a \$ 35,177.97 MXN (~ 1747.78 USD) por ejemplar de la especie, mientras que los establecimientos venden los ejemplares entre \$ 999 (~ 49.86 USD) y \$ 22,293.29 MXN (~ 1112.71 USD).

## DISCUSIÓN

La extracción ilegal de ejemplares del medio silvestre y su comercio representan una fuerte amenaza para la biodiversidad (Hudson et al., 2001; UNEP-WCMC, 2009; Alvarado-Martínez, 2012; US LEMIS, 2013; SEMARNAT, 2013). Esta actividad ha sido poco estudiada en México (Sosa-Escalante, 2011) a pesar de ser uno de los factores negativos más fuertes para la conservación de la biodiversidad. Posiblemente sea poco conocida la legislación sobre la protección de la vida silvestre y, aunado a la inmensurable corrupción de las autoridades competentes (Garza Almanza, 2008; Patrón & Sosa, 2010; Sánchez-Herrera et al., 2017), vuelven al tráfico de especies una amenaza difícil de eliminar.

En el caso de México, una peculiaridad fue encontrar que los estados que presentan mayor número de decomisos son aquellos que cuentan con unidades de manejo ambiental UMAs/PIMVS de las especies del género *Abronia*, como en la CDMX, Puebla, Veracruz y Nuevo León. Por lo tanto, se puede inferir que la presencia de especies en el mercado, y el precio elevado que tiene un ejemplar con venta legal comparado con uno ilegal, fomenta las recolectas en el medio silvestre. Se encontró que la demanda es mayor en sitios donde se promociona su venta, al igual que lo reportado por Ngo et al. (2019) con especies de geckos.

También se ha documentado la contratación de cazadores furtivos por proveedores de otros sitios que se dedican a la venta ilegal de diversas especies (Carrillo-Páez, 2018). Lemos-Espinal (24 noviembre, 1998) reportó a la Dirección de Vida Silvestre (SEMARNAT), que ciudadanos estadounidenses viajaban a México y pagaban alrededor de \$ 5 USD por ejemplar de *Abronia*, para posteriormente venderlos en Estados Unidos a \$ 650 USD cada uno. Otro ejemplo lo reporta Sosa-Escalante (2011), quien documenta la venta ilegal de reptiles en la localidad Charco Cercado, San Luis Potosí, lugar donde las personas de la región ofrecen las aves, mamíferos y reptiles a pie de carretera en encierros improvisados.

Una posible solución a este problema es realizar programas de gobierno con actividades alternativas al tráfico ilegal que sean económicamente redituables (Alvarado-Martínez, 2012; Reyna Rojas et al., 2015), además de implementar programas de educación ambiental (Garza Almanza, 2008). Los programas educativos son importantes en la concientización del papel que juegan las especies en los ecosistemas como controladores biológicos (Arnauld, 2020) y parte de la cadena alimentaria dentro del ecosistema (Campbell & Frost, 1993). Otra de las vías usadas para la obtención de ejemplares se debe al comercio en línea, que aplica a una escala internacional. Encontramos

diferencias significativas entre los precios publicados de acuerdo a los criterios web, los colectivos presentan precios más altos que los establecimientos (ver Tabla 1). La variación de los costos por ejemplar es por el tipo de cambio de moneda entre los euros, pesos mexicanos o dólares, ya que, en su mayoría, los colectivos se presentan principalmente en países europeos; patrón similar a lo reportado por D'Cruze et al. (2015), Janssen & de Silva (2019) y Ngo et al. (2019) con otros grupos de reptiles. Debido a la lejanía de Europa con el hábitat de las especies, es complicado obtener un ejemplar de las especies del género *Abronia*, por tal razón se encuentran a un mayor precio que en países de América.

La mayor demanda de las especies de *Abronia* se encuentra en EUA, considerado como uno de los países con mayor tráfico de vida silvestre de forma ilegal (Auliya et al., 2016; Hitchens & Blakeslee, 2020), además de Alemania, país donde se realiza la convención de Terrastika, en la que se celebra la feria de reptiles más grande de Europa (Ngo et al., 2019). El tercer país con mayor tráfico de especies de *Abronia* es la República Checa, el que también es exportador de este género hacia países más lejanos en Asia (Japón y Corea del Sur). Esta ruta de tráfico se identifica por el comercio ilegal de especies de tortugas (Fauzi et al., 2020) y de camaleones (Türkozan et al., 2008; Carpenter et al., 2014).

Existe evidencia de traslados inapropiados e ilegales de ejemplares de *Abronia* a diferentes países. Por ejemplo, en 2009 se documentó el decomiso en el Reino Unido de dos ejemplares de *Abronia aurita* dentro de una caja de video (casete VHS), con el destino de llegar a República Checa desde Guatemala; mientras que Wagner (2008a, 2008b) documentó la venta de dos ejemplares de *A. graminea* provenientes de una UMA inexistente en Veracruz con destino a la Unión Europea.

Entre los problemas que presenta la exportación ilegal, está la alta mortalidad de ejemplares durante el transporte y almacenamiento (Sollund & Maher 2015; Carrillo-Páez, 2018; Ngo et al., 2019), similar a lo reportado por Restrepo-Rodas & Pulgarín-Restrepo (2017) con especies de loros colombianos y Germán & Ríos (2018) con primates peruanos. En cuanto a los precios de los ejemplares, la investigación sugiere que sobrepasan los precios estimados por el CITES (2015), que es de \$ 3,434 (~ 171.40 USD) a \$ 28,135 MXN (~ 1404.28 USD), ya que en este estudio alcanzaron hasta \$ 35,177 MX (~ 1755.76 USD) por ejemplar. Debido a las diferencias significativas entre precios por especies es posible deducir que algunas de éstas, como *Abronia aurita*, poseen un mayor valor monetario en el mercado; el motivo de esto es desconocido, aunque podría atribuirse a las características morfológicas o por ser una especie dentro de una alta categoría de riesgo (En peligro, EN) en la IUCN. Por tal

motivo, la intervención del CITES como órgano internacional encargado de regular el tráfico de especies es crucial (Fauzi et al., 2020) apoyando en procesos de legislación en México, y así poder regularizar el comercio de *Abronia* y otros reptiles mexicanos, lo cual sería lo ideal para la conservación de las especies (Fitzgerald et al., 2004; Alvarado-Martínez, 2012).

En el año 2017 se difundió una guía de identificación del género, lo cual es una aportación de utilidad para conocer características diagnósticas de las especies, y así evitar obtener ejemplares de especies que se encuentran en peligro (Sánchez-Herrera et al., 2017); por lo que, es necesario resaltar la responsabilidad de adquirir ejemplares de cautiverio que cuenten con legal procedencia.

## CONCLUSIONES

Pese a la formación de las unidades de manejo ambiental que reproducen especies de *Abronia*, existe un mercado ilegal con el principal propósito de tener ejemplares como mascotas. De este mercado ilegal se han podido identificar a cuatro especies del género *Abronia* decomisadas en México y 11 comercializadas internacionalmente en portales web a países de Norteamérica (Estados Unidos) y Europa (Alemania, Francia y Reino Unido, entre otros) a precios muy elevados. Es importante realizar este tipo de análisis para poder identificar a las especies con mayor amenaza por la sustracción de ejemplares del medio silvestre.

El presente estudio ayuda a complementar los objetivos diseñados en el proyecto de conservación, asesoramiento y manejo planificado para lagartijas *Abronia* (Hudson et al., 2001) y el Proyecto *Abronia*, principalmente en la identificación del riesgo potencial al que se enfrenta este género de anguidos, del que Campbell y Frost (1993) y Hudson et al. (2001) mencionan que es el género de lagartijas con mayor proporción de especies en riesgo en América. Se espera poder realizar un mayor esfuerzo en divulgación de la conservación de estos y de otros reptiles escamados que sufren bajas en sus poblaciones por el tráfico ilegal.

**Agradecimientos.**— Agradecemos a las autoridades nacionales e internacionales (PROFEPA-México y CITES) por brindar los datos necesarios para el cumplimiento de los objetivos, así como a las tiendas/comercios participantes que ofertaban abronias legales por su cooperación en la recolección de datos. También estamos agradecidos con César A. Díaz-Marín, Adam G. Clause y Andrés Novales por permitirnos usar sus espectaculares fotografías.

## LITERATURA CITADA

- Alvarado-Martínez, I. 2012. Delincuencia organizada ambiental en México, una nueva manifestación criminal del tráfico de especies. *Revista Criminalista* 54:283-311.
- Anaya-Hong, S. 2010. Comercio ilegal de animales silvestres de México, en: Universidad Nacional Autónoma de México, concurso Nacional de Periodismo y Divulgación Científica <http://20062012.conacyt.gob.mx/comunicacion/Periodismo/Documents/ESTUDIANTES%20LICENCIATURA/Comercio%20ilegal%20de%20animales.pdf>, Ciudad de México, México. [consultado en febrero 2021].
- Arnauld, G. 2020. Estrategias de conservación de los vertebrados de México. *Recursos Naturales y Sociedad* 6:55-65.
- Arroyo-Quiroz I. & T. Wyatt. 2018. Criminología verde en México, México, CRIM-UNAM. 239 pp. Disponible en: <https://www.dimensionantropologica.inah.gob.mx/?p=15792>
- Auliya M., S. Altherr, D. Ariano-Sanchez, H.E. Baard, C. Brown, R.M. Brown, J.C. Cantu, G. Gentile, P. Gildenhuys, E. Henningheim, J. Hintzmann, K. Kanari, M. Kravac, M. Lettink, J. Lippert, L. Luiselli, G. Nilson, T.Q. Nguyen, V. Nijman, J.F. Parham, S.A. Pasachnik, M. Pedrono, A. Rauhaus, D.R. Córdova, M.E. Sanchez, U. Schepp, M.van Schingen, N. Schneeweiss, G.H. Segniabeto, R. Somaweera, E.Y. Sy, O. Türkozan, S. Vinke, T. Vinke, R. Vyas, S. Williamson & T. Ziegler. 2016. Trade in live reptiles, its impact in wild populations, and the role of the European market. *Biological Conservation* 204:103-119.
- Campbell, J.A. & R.D. Frost. 1993. Anguid lizards of the genus *Abronia*: revisionary notes, descriptions of four new species, a phylogenetic analysis, and key. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 216. New York, U.S.
- Campbell, J.A., I. Solano-Zavaleta, O. Flores-Villela, I.W. Caviades-Solis & D.R. Frost. 2016. A New Species of *Abronia* (Squamata: Anguidae) from the Sierra Madre del Sur of Oaxaca, Mexico. *Journal of Herpetology* 50:149-156.
- Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES). 2014. Estado de conservación, uso, gestión y comercio de las especies del género *Abronia* que se distribuyen en México. Vigésimo séptima reunión del Comité de Fauna. Veracruz, México.
- CITES. 2015. Status of conservation, use, management of and trade in the species of the genus *Abronia*. Twenty-eighth meeting of the Animals Committee. Tel Aviv, Israel.
- Carpenter, A.I., F. Andreone, R.D. Moore & R.A. Griffiths. 2014. A review of the international trade in amphibians: the types, levels and dynamics of trade in CITES-listed species. *Fauna & Flora International, Oryx* 48:565-574.
- Carrillo-Páez, C.C. 2018. Wildlife trafficking by parcel service: A national problem that threatens biodiversity. Pp. 115-125. En: I. Arroyo-Quiroz & T. Wyatt (Eds.) *Green crime in Mexico: Palgrave Studies in Green Criminology*. Palgrave Macmillan, Cham.
- Diario Oficial de la Federación (DOF). 2010. Ley Federal de Protección de Datos Personales en Posesión de los Particulares. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. CDMX, México.
- D'Cruze, N., B. Singh, T. Morrison, J. Schmidt-Burbach, D.W. Macdonald & A. Mookerjee. 2015. A star attraction: The illegal trade in Indian Star Tortoises. *Nature Conservation* 13:1-19.
- Fauzi, M.A., A. Hamidy & N. Kurniawan. 2020. Harvesting trends of Amboina box turtles (*Cuora amboinensis*) seventeen years after listing in Appendix II CITES. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity* 21:1142-1148.
- Fitzgerald, L.A., C.W. Painter, A. Reuter & C. Hoover. 2004. Collection, trade, and regulation of reptiles and amphibians of the chihuahuan desert ecoregion. *Traffic North America*. World Wildlife Fund. Washington D. C., U. S.
- Garza Almanza, V. 2008. Tráfico ilegal de vida Silvestre y educación ambiental. *Cultura Científica y Tecnológica* 27:5-12 pp.
- Germán, V. & D. Ríos. 2018. Impacto ambiental del tráfico ilegal de animales silvestres en Iquitos, Perú. *Revista Encuentro Científico Internacional Perú*: 15:1-13.
- González-Porter, G.P., F.R. Méndez-De la Cruz, R.C. Vogt & J. Campbell. 2015. Reproducción del escorpión verde *Abronia graminea* (Squamata: Anguidae) Cope 1864. *Revista digital E-Bios* 1:1-10.
- Hitchens, R.T. & A.M.H. Blakeslee. 2020. Trends in illegal wildlife trade: Analyzing personal baggage seizure data in the Pacific Northwest. *PLoS ONE* 15:e0234197.





- Hudson, R., L. Sigler, C. Guichard, O. Flores & S. Ellis (Eds.). 2001. Conservación, asesoramiento y manejo planificado para lagartijas *Abronia*. Informe, IUCN/SSC Conservation Breeding Specialist Group. Apple Valley, MN.
- Janssen, J. & A. de Silva. 2019. The presence of protected reptiles from Sri Lanka in international commercial trade. *Traffic Bulletin* 31:9-15.
- Lemos-Espinal, J. (24 noviembre, 1998) [Carta para Felipe Ramírez Ruiz de Velasco, director general de Vida Silvestre, SEMARNAP]. Escuela nacional de estudios profesionales Itztacala. Unidad de Biología, tecnología y prototipos, Laboratorio de ecología. UNAM. CDMX.
- Ngo, H.N., T.Q. Nguyen, T.Q. Phan, M. van Schingen & T. Ziegler. 2019. A case study on trade in threatened Tiger Geckos (*Goniurosaurus*) in Vietnam including updated information on the abundance of the Endangered *G. catbaensis*. *Nature Conservation* 33:1-19.
- Patrón, P. & J.E. Sosa. 2010. Aplicación de la legislación relativa a los recursos naturales. Pp. 170-171, En: J. Carabias, J. Sarukhán, J. de la Maza & C. Galindo (Eds.) *Patrimonio natural de México: cien casos de éxito*. Comisión Nacional para el Conocimiento de la Biodiversidad.
- Pérez Sato, J.A., R. Mora Gallardo, N.M. Cerón de la Luz, F.A. Lara Hernández, J. Salazar Ortiz, G. Alcántara Salinas & J.E. Rivera-Hernández. 2017. Manual para el manejo intensivo del “escorpión verde” (*Abronia graminea* Cope, 1864). Colegio de Postgraduados, Campus Córdoba, Veracruz, México.
- Ramos Roca, E. & N. Rodríguez Castañeda. 2019. ¿Comer iguana verde? Antropología, arqueología, biología de la conservación y etnobiología: distintas miradas a un mismo problema. *Revista Etnobiología* 17:55-75.
- Restrepo-Rodas, D.C. & P.C. Pulgarín-Restrepo. 2017. Dinámicas de los loros en cautiverio en Colombia: tráfico, mortalidad y liberación. *Ornitología Colombiana* 16:eA06
- Reyna Rojas, M.A., A. García Flores, E.E. Neri Castro, A. Alagón Cano & R. Monroy Martínez. 2015. Conocimiento etnoherpetológico de dos comunidades aledañas a la Reserva Estatal Sierra de Montenegro, Morelos. 13:37-48.
- Sánchez-Herrera, O., I. Solano-Zavaleta & E. Rivera-Téllez. 2017. Guía de identificación de los Dragoncitos (lagartijas arborícolas, *Abronia* spp.) regulados por la CITES, CONABIO. México.
- Schmidt-Ballardo, W. 2019. Reseña de libro. Libro sobre el cuidado y la reproducción de *Abronia graminea* en cautiverio. “Manual para el manejo intensivo del “escorpión verde” (*Abronia graminea* Cope, 1864)”. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 2:107-09.
- Schmidt, W. 1991. *Abronia graminea* (Sauria, Anguillidae) en la Sierra Mazateca, Oaxaca, México. *Boletín de la Sociedad Herpetológica Mexicana* 3:11-12.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2013. Tráfico ilegal de vida silvestre. Cuadernos de divulgación ambiental. Centro de Educación y Capacitación para el Desarrollo Sustentable (CECADESU), Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA). Printing Arts México, S. de R.L. de C.V. Guadalajara, Jalisco. México.
- SEMARNAT. 2018. Programa de Acción para la Conservación de las Especies *Abronia* (*Abronia* spp.) en México, SEMARNAT/CONANP. México.
- Sollund, R. & J. Maher. 2015. The illegal wildlife trade: a case study report on the illegal wildlife trade in the United Kingdom, Norway, Colombia and Brazil. A study compiled as part of the EFFACE project. University of Oslo and University of South Wales.
- Sosa-Escalante, J.E. 2011. Aplicación de la ley para el combate del tráfico ilegal de la vida silvestre en México: El caso de Charco Cercado. *Theyra* 2:245-262.
- TRAFFIC. 2018. TradeMapper – a tool for visualising trade data. Available at [www.trademapper.co.uk](http://www.trademapper.co.uk)
- Türkozan, O., A. Özdemir & F. Kiremit. 2008. International Testudo trade. *Chelonian Conservation and Biology* 7:269-274.
- Wagner, J. 2008a. Summary of thoughts on smuggling, conservation & our website. In CITES. 2015. Status of conservation, use, management of and trade in the species of the genus *Abronia*. Twenty-eighth meeting of the Animals Committee. Tel Aviv, Israel.

- Wagner, J. 2008b. Japanese pet shops supplied with smuggled *Abronia*. In CITES. 2015. Status of conservation, use, management of and trade in the species of the genus *Abronia*. Twenty- eighth meeting of the Animals Committee. Tel Aviv, Israel.
- United Nations Environment Programme and World Conservation Monitoring Centre (UNEP-WCMC). 2009. Review of non-CITES reptiles that are known or likely to be in international trade. A report to the European Commission. UNEP-WCMC, Cambridge, UK.
- US LEMIS Database. 2013. Imports and exports of *Abronia* within the period 2002-2012.
- Wilson, L.D., V. Mata-Silva & J.D. Johnson. 2013. A conservation reassessment of the reptiles of Mexico based on the EVS measure. *Amphibian & Reptile Conservation* 7:1-47.
- Zar, J.H. 2010. Two-sample hypotheses. Pp. 130-178. En: J.H. Zar, *Biostatistical Analysis*. Fifth Edition. Prentice-Hall/Pearson. Upper Saddle River, New Jersey, U.S.



# FIN A LA INCERTIDUMBRE. EXTENSIÓN DE DISTRIBUCIÓN DE *ALSODES VALDIVIENSIS* FORMAS, CUEVAS & BRIEVA, 2002 (ANURA: ALSODIDAE) HACIA EL SUR DE CHILE CONFIRMA LA PRESENCIA DEL GÉNERO EN LA ISLA GRANDE DE CHILOÉ

END TO UNCERTAINTY. DISTRIBUTION EXTENSION OF *ALSODES VALDIVIENSIS* FORMAS, CUEVAS & BRIEVA, 2002 (ANURA: ALSODIDAE) TOWARDS SOUTHERN CHILE CONFIRMS THE PRESENCE OF THE GENUS ON THE ISLAND OF CHILOÉ

FELIPE E. RABANAL<sup>1\*</sup>, CLAUDIO CORREA<sup>2</sup> & MATÍAS GARGIULO<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Ciencias Ambientales y Evolutivas, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.

<sup>2</sup>Laboratorio de Sistemática y Conservación de Herpetozoos, Departamento de Zoología, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción, Chile.

<sup>3</sup>Innovación Ambiental Consultores, Castro, Chiloé.

\*Correspondence: [feliperabanal@gmail.com](mailto:feliperabanal@gmail.com)

Received: 2022-01-19. Accepted: 2022-04-20. Published: 2022-05-12.

Editor: Francisco Brusquetti, Paraguay.

**Abstract.**— The presence of a species of the genus *Alsodes* is confirmed on the Isla Grande de Chiloé, southern Chile, with morphological and phylogenetic evidence. The species was identified as *Alsodes valdiviensis*, registered in the vicinity of the city of Castro, which extends its geographical distribution by 157 km to the south of the southernmost population known so far, Cordillera del Sarao, Los Lagos Region. This work clears the doubts about the uncertain historical records and taxonomic confusions about the existence of representatives of the genus *Alsodes* and their true identity, in the Isla Grande de Chiloé.

**Key words.**— Presence confirmation, Pelada mountain spiny chest frog, southern Chile.

**Resumen.**— Se confirma la presencia de una especie del género *Alsodes* en la Isla Grande de Chiloé, sur de Chile, con evidencia morfológica y filogenética. La especie fue identificada como *Alsodes valdiviensis* y registrada en las cercanías de la ciudad de Castro, lo cual extiende su distribución geográfica en 157 km al sur de la población más meridional conocida hasta ahora, Cordillera del Sarao, Región de Los Lagos. Este trabajo despeja las dudas sobre los registros históricos inciertos y confusiones taxonómicas acerca de la existencia de representantes del género *Alsodes* y su verdadera identidad, en la Isla Grande de Chiloé.

**Palabras claves.**— Confirmación de registro, rana de pecho espinoso de Cordillera Pelada, sur de Chile.

*Alsodes* Bell, 1843 es un género de anuros que se distribuye en el centro-sur de Chile (32-49° S) y a lo largo de una delgada franja que baja por la vertiente oriental de los Andes del suroeste de Argentina (36-49° S) desde el sur de la Provincia de Mendoza (Formas & Brieva, 2004; Charrier et al., 2015; Barrasso et al., 2022). Actualmente, en Chile se reconocen 18 especies para este género, 13 de ellas endémicas, conformando el género de anfibios con mayor representatividad en el país (Correa, 2021; Barrasso et al., 2022). Hasta ahora, cuatro especies de *Alsodes* han sido reportadas en porciones insulares de Chile. Bell (1843)

describió a la especie *Alsodes monticola*, especie tipo del género, sobre la base de un ejemplar proveniente de la Isla Inchy, la cual estaría ubicada en el Archipiélago de los Chonos, en la parte norte del Cabo de Tres Montes, Región de Aysén (Formas et al., 2008). Sin embargo, no se tiene certeza de la posición geográfica exacta de esta isla en cartas de navegación ni mapas actuales y sólo existe el dato impreciso en un mapa de Jefferys Thomas de 1787 (Cuevas, 2013), manteniéndose como un enigma por resolver. Las otras tres especies corresponden a *Alsodes coppingeri* (Günther, 1881), *Alsodes kaweshkari* Formas, Cuevas & Nuñez

1998 y *Alsodes verrucosus* (Philippi, 1902), especies registradas en la Isla Wellington, Región de Magallanes (Díaz & Núñez, 1988; Formas et al., 2008; Barrasso et al., 2022). Por su parte, Asencio et al. (2009) agregan una quinta especie, *Alsodes australis* Formas, Úbeda, Cuevas & Núñez 1997, para Isla Wellington, pero Barrasso et al. (2022) sugieren que tanto la presencia de *A. australis*, cuya localidad tipo, Puente Traihuanca, en la Región de Aysén, se encuentra a más de 300 km al norte, como la de *A. verrucosus*, especie pobremente definida, tanto taxonómica como distribucionalmente, deben ser tomadas con cautela hasta obtener evidencia de mayor solidez.

La Isla Grande de Chiloé, ubicada en el Archipiélago de Chiloé, en la región de Los Lagos, en el sur de Chile, es la isla de mayor tamaño de dicho complejo de islas y del país, alcanzando una superficie de aproximadamente 8,400 km<sup>2</sup>. En ella se han registrado ocho especies de ranas, todas presentes en Chile continental: *Batrachyla antartandica* Barrio 1967; *Batrachyla leptopus* Bell, 1843; *Batrachyla taeniata* (Girard, 1855); *Eupsophus calcaratus* (Günther, 1881); *Eupsophus emiliopugini* Formas, 1989; *Hylorina sylvatica* Bell, 1843; *Pleurodema thaul* (Schneider, 1799) y *Rhinoderma darwini* (Duméril & Bibron, 1841). Sin embargo, registros históricos sugerían la presencia de a lo menos una especie más, los que fueron quedando rezagados por falta de evidencia en prospecciones más actuales y a la vaguedad de los datos más antiguos.

Cei (1960; 1962 a, b) señaló haber revisado ejemplares de *Eupsophus nodosus*, especie transferida al género *Alsodes* por Gallardo (1970), provenientes de Chiloé. Donoso-Barros (1970) indicó la presencia de *Eupsophus monticola* en Chiloé, basado en los textos de Günther (1881) y Cei (1960) quienes, respectivamente, señalaron la existencia de *Cacotus coppingeri* y *Eupsophus coppingeri*, ambas especies consideradas sinónimas de *Alsodes monticola* por Lynch (1968) sobre la base de las distribuciones presentadas por Grandison (1961) y Cei (1960; 1962 a, b). Más tarde, Veloso y Navarro (1988) desestimaron la sinonimia propuesta por Lynch (1968), pero persistieron en la idea de la presencia de *Eupsophus coppingeri* en Chiloé, señalando además que ésta sería la localidad tipo de la especie. Esto fue rectificado por Formas et al. (2008) quienes reubicaron la localidad tipo de *Alsodes coppingeri* en Puerto Río Frío, Región de Magallanes, sin desmentir ni afirmar acerca de la posible presencia de alguna especie de *Alsodes* en la Isla Grande de Chiloé. Así, debido probablemente a la heterogeneidad del material examinado (ver Formas et al., 2008) y a las incertidumbres taxonómicas acarreadas durante décadas, la presencia de las especies antes mencionadas en la Isla Grande de Chiloé quedó a la espera de

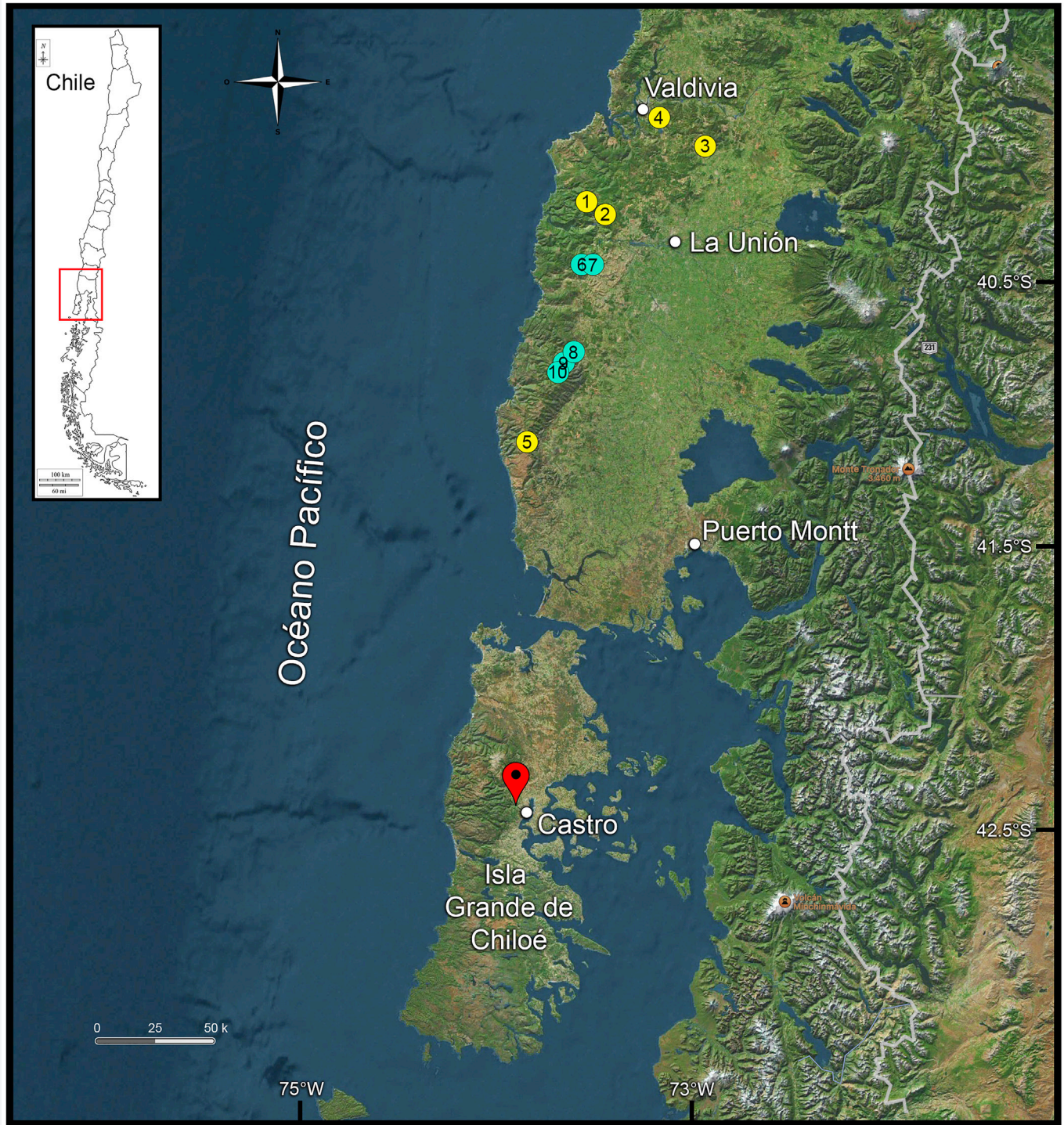
nuevas evidencias que pudieran aclarar la supuesta existencia de alguna especie del género *Alsodes* en dicho territorio.

Durante una expedición fotográfica realizada en octubre de 2019 en Llicaldad, a 8 km al suroeste de Castro (42.4878° S, 73.8638° W; 552 m s.n.m.), en la Isla de Chiloé (Tabla 1; Fig. 1), por aficionados a la observación de fauna, el Biólogo Marino Matías Gargiulo, junto a sus hijos Bastián y Martín, registraron ejemplares de una especie de rana cuya identidad no pudieron resolver, debido a que no se ajustaba en apariencia a las de las especies conocidas en la Isla. Por ello, se sirvieron del proyecto “Anfibios de Chile” de la plataforma de Ciencia ciudadana iNaturalist Chile (referencia de observación, <https://inaturalist.mma.gob.cl/observations/37238757>), con el fin de encontrar apoyo en la comunidad especialista para identificar los ejemplares a partir de material fotográfico. Estos registros dieron el puntapié inicial a la investigación, y se organizó una segunda expedición en enero de 2020, a la misma área, con el curador de

**Table 1.** Historical and new records of *Alsodes valdiviensis*. \* Records cited as *Alsodes monticola*, tentatively attributed to *A. valdiviensis* by Nuñez et al. (2019).

**Tabla 1.** Registros históricos y nuevos de *Alsodes valdiviensis*. \* Registros citados como *Alsodes monticola*, atribuidos tentativamente a *A. valdiviensis* por Nuñez et al. (2019).

Localidad	Coordenadas	Referencia
1) Cerro Mirador	40,167° S, 73,483° W	Formas et al. (2002)
2) Raulintal	40,1941° S, 73,4349° W	Olivares et al. (2014), Nuñez et al. (2019)
3) Reumén	39,9558° S, 72,8987° W	Olivares et al. (2014), Nuñez et al. (2019)
4) Llancahue	39,833° S, 73,167° W	Nuñez et al. (2019)
5) Cordillera del Sarao	41,067° S, 73,783° W	Nuñez et al. (2019)
6) Namul Lahual 1 *	40,417° S, 73,5° W	Méndez et al. (2005), Nuñez et al. (2019)
7) Namul Lahual 2 *	40,417° S, 73,517° W	Méndez et al. (2005)
8) Catrinhuala *	40,767° S, 73,567° W	Méndez et al. (2005), Nuñez et al. (2019)
9) Puente La Herradura*	40,8° S, 73,6° W	Méndez et al. (2005)
10) Centinela *	40,8° S, 73,617° W	Méndez et al. (2005)
11) Localdad 1, Chiloé	42,4878° S, 73,8638° W	Este estudio
12) Localdad 2, Chiloé	42,4852° S, 73,8699° W	Este estudio



**Figure 1.** Geographical distribution of *Alsodes valdiviensis*. Yellow circles: 1) Cerro Mirador (type locality), 2) Raulintal, 3) Reumén, 4) Llancahue, 5) Cordillera del Sarao; Baby blue circles corresponding to *Alsodes monticola* according to Méndez et al. (2005) and tentatively attributed to *A. valdiviensis* by Nuñez et al. (2019): 6) Namul Lahual 1, 7) Namul Lahual 2, 8) Catrinhuala, 9) Puente La Herradura, 10) Centinela; Red pin: new records.

**Figura 1.** Distribución geográfica de *Alsodes valdiviensis*. Círculos amarillos: 1) Cerro Mirador (localidad tipo), 2) Raulintal, 3) Reumén, 4) Llancahue, 5) Cordillera del Sarao; Círculos celestes citados como *Alsodes monticola* según Méndez et al. (2005) y atribuidos tentativamente a *A. valdiviensis* por Nuñez et al. (2019): 6) Namul Lahual 1, 7) Namul Lahual 2, 8) Catrinhuala, 9) Puente La Herradura, 10) Centinela; Pin rojo: Nuevos registros.

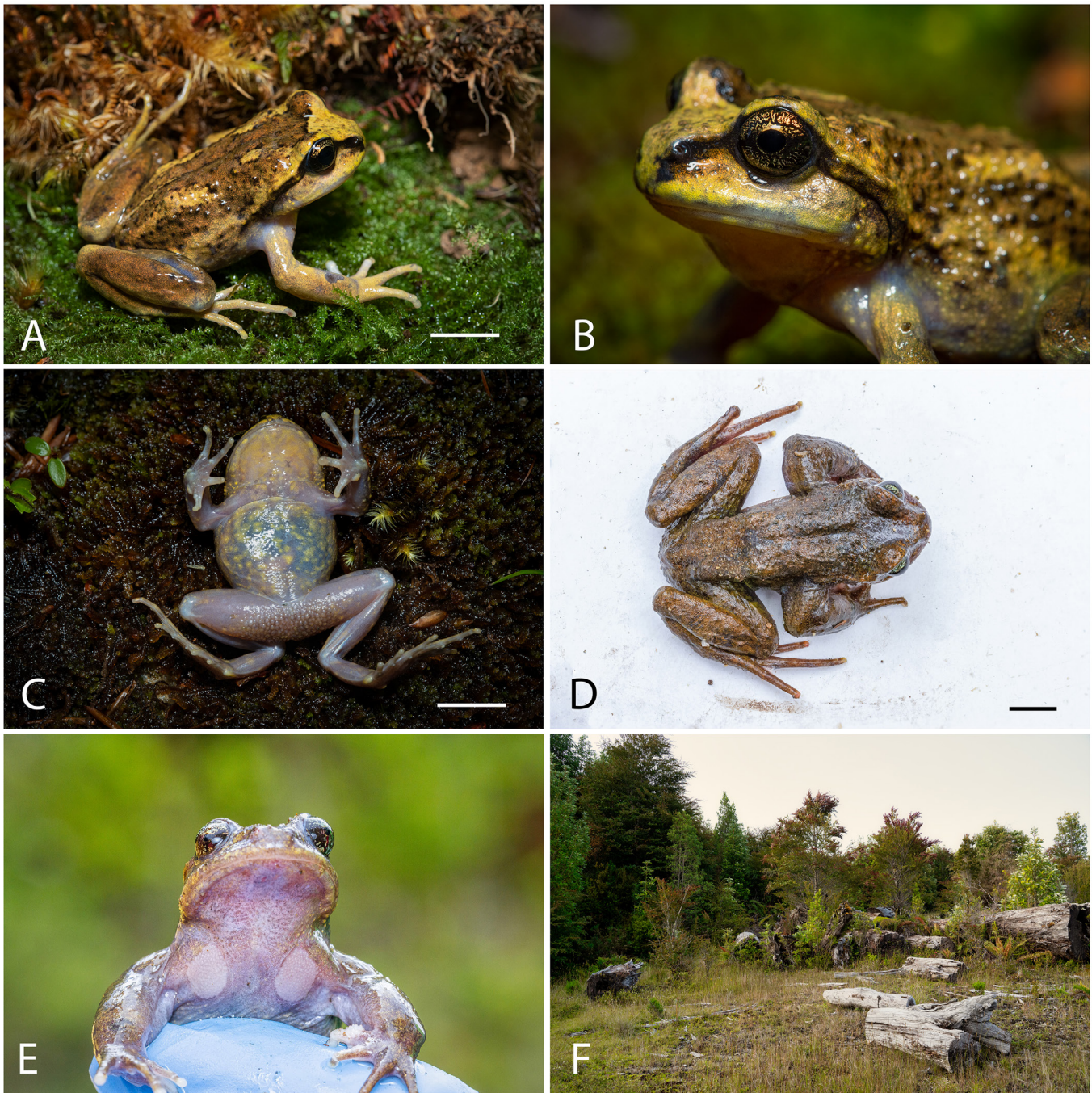
anfibios chilenos de iNaturalist Chile (F.E. Rabanal), con el fin de obtener nuevos registros y resolver el estatus taxonómico de los individuos observados. En dicha expedición se registraron doce ejemplares juveniles (Fig. 2a, b y c) de la especie no identificada, los cuales fueron encontrados en sus refugios, en dos áreas de condiciones ambientales similares y alejadas a lo menos 600 m entre sí (ver localidades 11 y 12, Tabla 1), bajo troncos de árboles caídos y rocas en ambientes abiertos (Fig. 2d), pero rodeados de renovales de bosque nativo y matorral arbustivo. Los ejemplares de ambos puntos de observación se encontraban alejados de cuerpos de agua, siendo el más cercano una quebrada con un arroyo de aguas someras a unos 260 m de distancia. Las especies de flora que destacan en el área son árboles como el arrayán (*Luma apiculata*), avellano (*Gevuina avellana*), canelo (*Drimys winteri*), notro (*Embothrium coccineum*) y helechos como el costilla de vaca (*Blechnum chilense*).

Los individuos registrados presentaron las siguientes características morfológicas externas (Fig. 2a, b y c): 1) Longitud Hocico-Cloaca (LHC):  $31.2 \pm 3.8$  mm; n = 3; 2) hocico redondeado en vista dorsal y trunco en vista lateral; 3) coloración dorsal amarillenta con manchas extensas de color café y mancha con forma de triángulo invertido en la cabeza; algunos ejemplares presentaron bandas transversales más o menos difusas en las extremidades posteriores; 4) coloración ventral grisácea con manchas amarillentas difusas; 5) pupila elíptica horizontal; 6) iris negro con reticulaciones doradas; 7) línea café que recorre a modo de antifaz desde la punta del hocico hasta la porción proximal del brazo; 8) anillo timpánico no visible externamente; 9) dedos y ortijos terminados en puntas redondeadas; sin membrana interdígital; 10) ejemplares subadultos con esbozos de parches queratinosos en la región pectoral. En una visita posterior al lugar, se logró registrar un ejemplar macho adulto (LHC = 57 mm) con caracteres sexuales secundarios más definidos (Fig. 2d y e). Estas características permitieron identificar a los ejemplares como pertenecientes al género *Alsodes*, pero no fue posible llegar con certeza a nivel específico, debido a la cripticidad de las especies de este género de anuros. Por ello, se decidió coleccionar tres individuos juveniles (uno de la localidad 11 y dos de la localidad 12, Tabla 1), los que fueron depositados en la colección herpetológica de la Universidad de Concepción (MZUC-UCCC 46675, 46676 y 46677), de las cuales se obtuvieron muestras para análisis moleculares y así obtener resultados más concluyentes.

Se extrajo ADN del hígado de los ejemplares colectados usando un kit comercial (Promega ReliaPrep™ gDNA Tissue Miniprep System) siguiendo las instrucciones del fabricante. Se obtuvo por PCR un fragmento del gen mitocondrial citocromo b (cytb)

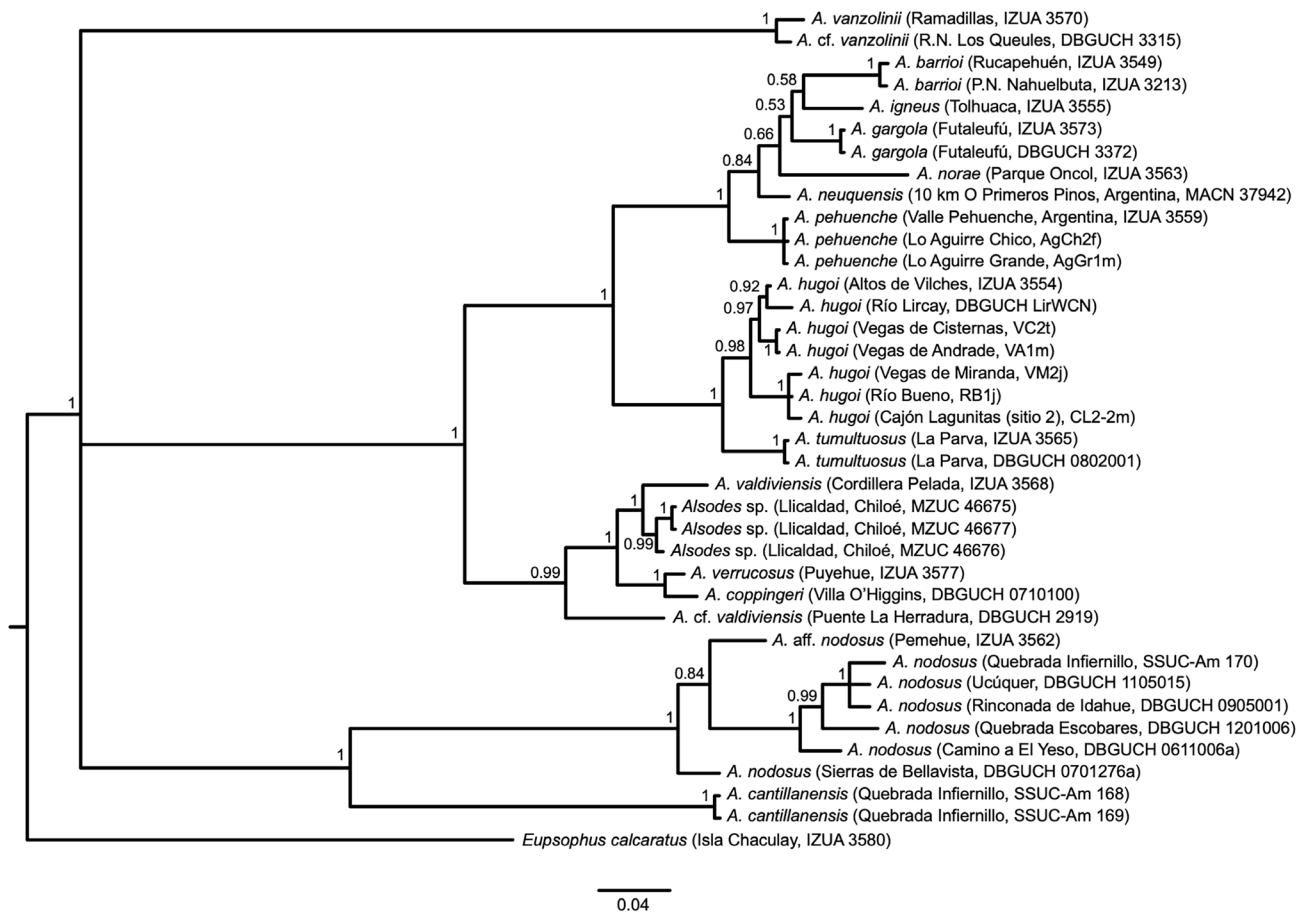
de aproximadamente 1000 pares de bases con los partidores MVZ15-L (Moritz et al., 1992) y CytbAR-H (Goebel et al., 1999). El protocolo de PCR y el perfil térmico se encuentran en Correa et al. (2013). Se realizó un análisis de inferencia bayesiana (IB) para evaluar las afinidades filogenéticas y la posible identidad taxonómica de los tres especímenes. Para ello, se incluyeron secuencias de la mayoría de especies del género (disponibles en GenBank; Blotto et al., 2013; Charrier et al., 2015 y Correa et al., 2020; ver Apéndice 1). El análisis de IB se realizó con el programa MrBayes v3.2.7a (Ronquist et al., 2012), aplicando un método de salto reversible para explorar el espacio de los submodelos del modelo "General Time-Reversible", más parámetro gamma y proporción de sitios invariables. El análisis consistió de cuatro cadenas independientes ejecutadas durante 20 millones de generaciones, muestreadas cada 1000 generaciones. El primer 25% de las generaciones se descartó conservativamente como "burnin", después de observar la estacionariedad de los ln de las probabilidades de los árboles en Tracer v1.7.1 (Rambaut et al., 2018). La convergencia y la mezcla de cadenas se evaluaron examinando los valores de la desviación estándar promedio de las frecuencias de división (ASDSF) y los tamaños de muestreo esperados (ESS) y el "potential scale reduction factor" (PSRF) para todos los parámetros. El árbol se enraizó con un espécimen de *Eupsophus calcaratus* (IZUA 3580), un representante del género hermano de *Alsodes* (Blotto et al., 2013).

La topología del análisis de IB (Fig. 3) resultó casi totalmente congruente con las hipótesis filogenéticas anteriores propuestas para el género con genes mitocondriales y nucleares (Blotto et al., 2013; Charrier et al., 2015). La única diferencia relevante es la posición de *A. vanzolinii*, que aquí aparece formando una politomía basal con otros dos clados, uno formado por *A. nodosus* + *A. cantillanensis*, y otro que incluye todas las demás especies del género. Dentro de este último clado, existe un grupo compuesto por las especies nominales *A. coppingeri*, *A. valdiviensis* y *A. verrucosus* que se ha recuperado consistentemente en los análisis con genes mitocondriales y nucleares (Blotto et al., 2013; Charrier et al., 2015) y los que solo han incluido mitocondriales (Correa et al., 2018; 2020). En estos dos últimos estudios, un ejemplar de Puente La Herradura (Tabla 1, Fig. 1), etiquetado como *A. cf. valdiviensis*, también se recuperó en el mismo grupo. Las tres muestras de la isla de Chiloé incluidas en este estudio fueron recuperadas como el grupo hermano del espécimen de *A. valdiviensis* de la localidad tipo, Cordillera Pelada, con máximo soporte (probabilidad posterior, pp = 1). A su vez, los tres ejemplares de Chiloé + *A. valdiviensis* conforman el grupo hermano del clado formado por *A. coppingeri* + *A. verrucosus*. Finalmente, estos dos grupos están estrechamente relacionados con el espécimen de *A. cf. valdiviensis*. Así, esta topología sustenta



**Figure 2.** Specimens and habitats of *Alsodes valdiviensis* from the new locality described in the Isla Grande de Chiloé. A, B and C, Juvenile; D and E, adult male; F, Habitat of the individuals found. Bar: 10 mm. Photos: 1A, B, and F: Felipe Rabanal / Photos 1D and E: Matías Gargiulo.

**Figura 2.** Ejemplares y hábitats de *Alsodes valdiviensis* de la nueva localidad descrita en la Isla Grande de Chiloé: A, B y C, Ejemplar juvenil; D y E, Ejemplar macho adulto; F, Hábitat de los ejemplares registrados. Barra: 10 mm. Fotos 1A, B y F: Felipe Rabanal / Fotos 1D y E: Matías Gargiulo.



**Figure 3.** Bayesian inference consensus tree (50% majority-rule) of the cytochrome b fragment, showing the phylogenetic relationships of *Alsodes* specimens from Isla Grande de Chiloé in the context of the species of the genus. The values next to the nodes correspond to the posterior probabilities and the scale bar below the tree represents the expected substitutions per site along the branches. Appendix 1 shows the GenBank accession numbers of the sequences included in this analysis.

**Figura 3.** Árbol consenso de inferencia bayesiana (regla de la mayoría del 50%) del fragmento del citocromo b, mostrando las relaciones filogenéticas de los ejemplares de *Alsodes* de la Isla Grande de Chiloé en el contexto de las especies del género. Los valores junto a los nodos corresponden a las probabilidades posteriores y la barra de escala debajo del árbol representa las sustituciones esperadas por sitio a lo largo de las ramas. En el Apéndice 1 se indican los números de acceso de GenBank de las secuencias incluidas en este análisis.

la identificación de la población de Chiloé como *A. valdiviensis*, lo cual es consistente con la evidencia morfológica. Sin embargo, es difícil explicar la relación más cercana entre las poblaciones de Chiloé y la Cordillera Pelada (localidad tipo de *A. valdiviensis*) con una especie andina (*A. verrucosus*) y otra austral (*A. coppingeri*), que con una población de la Cordillera de La Costa (Puente La Herradura) que se ubica geográficamente entre ellas. Además, otro aspecto que conviene aclarar en futuras investigaciones, es la relación de las poblaciones de Chiloé y Cordillera Pelada con respecto a la población de Reumén, que se encuentra en el extremo norte de la distribución de *A. valdiviensis* (Olivares

et al., 2014). Estos autores utilizaron secuencias del citocromo b para mostrar que esta población pertenece a *A. valdiviensis*, pero lamentablemente estas secuencias no están disponibles en GenBank.

Por otra parte, Olivares et al. (2014) y Nuñez et al. (2019) sugieren que los registros de Méndez et al. (2005), provenientes de Namul Lahual y Catrinhuala (Tabla 1; Fig. 1), identificados como *Alsodes monticola*, corresponderían a *A. valdiviensis*. Sin embargo, consideramos que dicha afirmación debe ser tomada con cautela, debido a que la secuencia obtenida de un ejemplar proveniente



de la población Puente La Herradura, muy cercana a Catrihuala y Centinela (Tabla 1; Fig. 1), aparece separada de *A. valdiviensis* en el árbol de consenso de IB (Fig. 3). Debido a esto, creemos necesario la realización de un estudio más exhaustivo, incluyendo análisis moleculares, con el fin de obtener un mayor grado de certeza respecto al estatus taxonómico de dichas poblaciones. Pese a esto, el hallazgo de Chiloé, al igual que los datos moleculares aquí presentados, sugieren que podrían existir más poblaciones de esta especie por validar y por descubrir en el amplio territorio intermedio existente entre las poblaciones extremas.

En resumen, tanto la morfología como los datos moleculares demuestran la presencia de una población de *Alsodes valdiviensis* en la Isla Grande de Chiloé, extendiendo su rango de distribución en 157 km al sur de la población más meridional conocida, cordillera costera del Sarao (Nuñez et al., 2019), en la región de Los Lagos, y a la vez ampliando el rango de distribución de la especie a 300 km lineales, considerando a la población de Llancahue (Nuñez et al., 2019), Región de Los Ríos, como la más septentrional, y la de Chiloé la más sureña. Además, esto suma una población a las señaladas en la literatura para la especie (Tabla 1), lo que constituiría una noticia auspiciosa, si consideramos que su estado vigente de conservación, según el Reglamento de Clasificación de Especies de Chile (RCE), es “En Peligro”. Esta categoría se basa en los criterios B1ab(iii) + 2ab(iii) que corresponden a: menos de 5 poblaciones conocidas (a la fecha del proceso de clasificación en que fue incluida la especie, año 2015, no se consideraron las poblaciones de Méndez et al. (2005) como *A. valdiviensis*) y a que la extensión de la presencia era de menos de 5,000 km<sup>2</sup>, y su área de ocupación de menos de 500 km<sup>2</sup>.

No obstante lo anterior, la población registrada en la Isla Grande de Chiloé no se encuentra dentro de ningún sitio protegido por el Sistema Nacional de Áreas Silvestres del Estado (SNASPE), lo cual le confiere cierto grado de amenaza relacionada con la pérdida de hábitat por deforestación o áreas de pastoreo. Pese a ello, la población parece saludable, con variados y abundantes refugios, juzgando por la gran cantidad de individuos encontrados con poco esfuerzo de muestreo, en sucesivas visitas. Sin embargo, esto debe ser evaluado en el tiempo, por lo que se sugiere el monitoreo de la población y la búsqueda de otras dentro de la isla.

Finalmente, la evidencia sugiere que los registros y supuesta presencia de *Alsodes nodosus* según Ceí (1960; 1962 a, b) se tratarían de un error de identificación de ejemplares por parte de dicho autor, tratándose en definitiva de *Alsodes valdiviensis*. Así, el límite sur conocido para *Alsodes nodosus* sería Pemehue,

Región de La Araucanía (Lobos et al., 2010; Blotto et al., 2013; Correa, 2021). Por lo tanto, este trabajo despeja las dudas sobre los registros históricos inciertos y confusiones taxonómicas acerca de la existencia de representantes del género *Alsodes* y su verdadera identidad en la Isla Grande de Chiloé.

**Agradecimientos.**— F.E.R agradece a Martín y Bastián Gargiulo, que gracias a sus entusiastas expediciones para conocer el mundo natural de Chiloé, propiciaron el fabuloso hallazgo de esta publicación. A Vicente Valdés, gran colaborador en el proyecto “Anfibios de Chile” de iNaturalist, siempre pendiente de las novedades en la plataforma y RRSS.

## LITERATURA CITADA

- Asencio, J., A. Kush, J.M. Henríquez & J. Cárcamo. 2009. Registros de anfibios en el bosque norpatagónico costero del Canal Messier, Chile. *Anales del Instituto de la Patagonia* 37(1):113-116.
- Barrasso, D.A., C.A. Úbeda, L. Cotichelli & N.G. Basso. 2022. On the presence of *Alsodes coppingeri* (Anura, Alsodidae) in Argentina, with comments on other southern *Alsodes*. *Neotropical Biodiversity* 8(1):21-30.
- Bell, T.H. 1843. Reptiles. Pp. 1-51. En Darwin, C. (Ed.). *The zoology of voyage of HMS Beagle, under the command of captain Fitzroy, R.N., during the years 1832-1836*. Smith Elder Publishers, London, United Kingdom.
- Blotto, B.L., J.J. Nuñez, N.G. Basso, C.A. Úbeda, W.C. Wheeler & J. Faivovich. 2013. Phylogenetic relationships of a Patagonian frog radiation, the *Alsodes* + *Eupsophus* clade (Anura: Alsodidae), with comments on the supposed paraphyly of *Eupsophus*. *Cladistics* 29(2):113-131.
- Ceí, J.M. 1960. A survey of the leptodactylid frogs genus *Eupsophus* in Chile. *Breviora* 118:1-13.
- Ceí, J.M. 1962a. *Batracios de Chile*. Ediciones de la Universidad de Chile. Santiago.
- Ceí, J.M. 1962b. El género *Eupsophus* en Chile. *Investigaciones Zoológicas Chilenas* 7:7-42.
- Charrier, A., C. Correa, C. Castro & M.A. Méndez. 2015. A new species of *Alsodes* (Anura: Alsodidae) from Altos de Cantillana, central Chile. *Zootaxa* 3915(4):540-550.



- Correa, C. 2021. Lista viva de las especies de anfibios de Chile (Versión 2020.2). Ediciones de la Asociación Red Chilena de Herpetología, RECH. <http://www.herpetologiadechile.cl> [Consultado en enero 2022]
- Correa, C., J. Morales, C. Schussler & J.C. Ortiz. 2020. An enigmatic population of *Alsodes* (Anura, Alsodidae) from the Andes of central Chile with three species-level mitochondrial lineages, Mitochondrial DNA Part A 31(1):25-34.
- Correa, C., L. Pastenes, P. Iturra, P. Calderón, D. Vásquez, N. Lam, H. Salinas & M.A. Méndez. 2013. Confirmation of the presence of *Alsodes pehuente* Cei, 1976 (Anura, Cycloramphidae) in Chile: morphological, chromosomal and molecular evidence. *Gayana* 77(2):117-123.
- Correa, C., P. Zepeda, N. Lagos, H. Salinas, R.E. Palma & D. Vásquez. 2018. New populations of two threatened species of *Alsodes* (Anura, Alsodidae) reveal the scarce biogeographic knowledge of the genus in the Andes of central Chile. *Zoosystematics and Evolution* 94(2):349-358.
- Cuevas, C.C. 2013. Análisis taxonómico de *Alsodes nodosus* (Duméril & Bibron, 1841) (Amphibia: Neobatrachia): Antecedentes morfológicos y moleculares. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias, Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile.
- Donoso-Barros, R. 1970. Catálogo herpetológico chileno. *Boletín del Museo Nacional de Historia Natural de Chile* 31:49-124.
- Faivovich, J., C.F.B. Haddad, P.C.A. Garcia, D.R. Frost, J.A. Campbell & W.C. Wheeler. 2005. Systematic review of the frog family Hylidae, with special reference to Hylinae: phylogenetic analysis and taxonomic revision. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 294:1-240.
- Formas, J.R., C.C. Cuevas & L.M. Brieva. 2002. A new species of *Alsodes* (Anura: Leptodactylidae) from Cerro Mirador, Cordillera Pelada, southern Chile. *Proceedings of the Biological Society of Washington* 115:708-719.
- Formas, J.R. & L. Brieva. 2004. The tadpoles of *Alsodes vanzolinii* and *A. verrucosus* (Anura: Leptodactylidae) with descriptions of their internal oral and chondrocranial morphology. *Amphibia-Reptilia* 25:151-164.
- Formas, J.R., J.J. Nuñez & C.C. Cuevas. 2008. Identidad de la rana austral chilena *Eupsophus coppingeri* (Amphibia, Anura, Neobatrachia): evidencias morfológicas, cromosómicas y moleculares. *Revista Chilena de Historia Natural* 81:3-20.
- Gallardo, J.M. 1970. A propósito de los Telmatobiinae (Anura, Leptodactylidae) patagónicos. *Neotrópica*: 16:73-85.
- Goebel, A.M., J.M. Donnelly & M.E. Atz. 1999. PCR primers and amplification methods for 12S ribosomal DNA, the control region, cytochrome oxidase I, and cytochrome b in bufonids and other frogs, and an overview of PCR primers which have amplified DNA in amphibians successfully. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 11:163-199.
- Grandison, A. G. C. 1961. Chilean species of the genus *Eupsophus* (Anura: Leptodactylidae). *Bulletin of the British Museum (Natural History), Zoology* 8:111-149.
- Günther, A. 1881. Reptiles and batrachians collected during the survey of H.M.S. Alert on the coast of Patagonia. *Proceedings of the Zoological Society of London* 1881:1-19.
- Lobos, G., M. Vidal, C. Correa, A. Labra, H. Díaz-Páez, A. Charrier, F. Rabanal, S. Díaz & C. Tala. 2013. Anfibios de Chile, un desafío para la conservación. Ministerio del Medio Ambiente, Fundación Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias de la Universidad de Chile y Red Chilena de Herpetología, Santiago.
- Lynch, J.D. 1968. The identity of the Chilean frog *Alsodes monticola* Bell, and the status of the genus *Alsodes* (Amphibia: Leptodactylidae). *Herpetologica* 24:255-257.
- Méndez, M., E. Soto, F. Torres-Pérez & A. Veloso. 2005. Anfibios y Reptiles de los Bosques de la Cordillera de la Costa (X Región, Chile). Pp. 441-449. En C. Smith, J. Armesto & C. Valdovinos (Eds.). *Historia, Biodiversidad y Ecología de los Bosques Costeros de Chile*. Editorial Universitaria, Santiago, Chile.
- Moritz, C., C.J. Schneider, & D.B. Wake. 1992. Evolutionary relationships within the *Ensatina eschscholtzii* complex confirm the ring species interpretation. *Systematic Biology* 41:273-291.
- Nuñez, J.J., A.P. Olivares, N.I. González & C. Contreras-Carrillo. 2019. Anfibios de la Cordillera de la Costa valdiviana: diversidad, vulnerabilidad y estrategias de conservación. Pp. 125-136. En C. Smith-Ramírez & F.A. Squeo (Eds.). *Biodiversidad y Ecología de los Bosques Costeros de Chile*. Editorial Universidad de Los Lagos, Osorno.



- Olivares, A.P., N.I. González, S. Puente-Torres, C. Contreras-Carrillo & J.J. Nuñez. 2014. Nuevos registros geográficos de la rana de pecho espinoso de Cordillera Pelada, *Alsodes valdiviensis* Formas, Cuevas & Brieva, 2002 (Amphibia: Alsodidae) y evaluación de su estado de conservación. Boletín de Biodiversidad de Chile 9:11-20.
- Rambaut, A., A.J. Drummond, D. Xie, G. Baele & M.A. Suchard. 2018. Posterior summarization in Bayesian phylogenetics using Tracer 1.7. Systematic Biology 67:901-904.
- Ronquist, F., M. Teslenko, P. van der Mark, D.L. Ayres, A. Darling, S. Höhna, B. Larget, L. Liu, M.A. Suchard & J.P. Huelsenbeck. 2012. MrBayes 3.2: efficient Bayesian phylogenetic inference and model choice across a large model space. Systematic Biology 61:539-542.
- Veloso, A. & J. Navarro. 1988. Lista sistemática y distribución geográfica de anfibios y reptiles de Chile. Bolletino del Museo Regionale di Scienze Naturale Torino (Italy) 6:481-539.



## APÉNDICE I

**Appendix 1.** Specimens included in the phylogenetic analysis. For each specimen, species, locality, collection number or label, GenBank accession number and source of the sequences are indicated.

**Apéndice 1.** Ejemplares incluidos en el análisis filogenético. Para cada espécimen, se indica especie, localidad, número de colección o rótulo, número de acceso de GenBank y fuente de la secuencia.

Especie	Localidad	Número de colección o rótulo	Número de acceso de GenBank	Fuente
<i>Alsodes barrioi</i>	Rucapehuén	IZUA 3549	JX203940	Blotto et al. (2013)
<i>Alsodes barrioi</i>	P.N. Nahuelbuta	IZUA 3213	MH378967	Correa et al. (2018)
<i>Alsodes cantillanensis</i>	Quebrada Infiernillo	SSUC-Am 168	KJ418844	Charrier et al. (2015)
<i>Alsodes cantillanensis</i>	Quebrada Infiernillo	SSUC-Am 169	KJ418845	Charrier et al. (2015)
<i>Alsodes coppingeri</i>	Villa O'Higgins	DBGUCH 0710100	MH378969	Correa et al. (2018)
<i>Alsodes gargola</i>	Futaleufú	IZUA 3573	JX203951	Blotto et al. (2013)
<i>Alsodes gargola</i>	Futaleufú	DBGUCH 3372	MH378971	Correa et al. (2018)
<i>Alsodes hugoi</i>	Cajón Lagunitas (sitio 2)	CL2-2m	MH332811	Correa et al. (2018)
<i>Alsodes hugoi</i>	Vega Sin Nombre	VSN1t	MH332818	Correa et al. (2018)
<i>Alsodes hugoi</i>	Vegas de Cisternas	VC2t	MH332790	Correa et al. (2018)
<i>Alsodes hugoi</i>	Vegas de Andrade	VA1m	MH332798	Correa et al. (2018)
<i>Alsodes hugoi</i>	Vegas de Miranda	VM2j	MH332800	Correa et al. (2018)

**Appendix 1 (cont.).** Specimens included in the phylogenetic analysis. For each specimen, species, locality, collection number or label, GenBank accession number and source of the sequences are indicated.

**Apéndice 1 (cont.).** Ejemplares incluidos en el análisis filogenético. Para cada espécimen, se indica especie, localidad, número de colección o rótulo, número de acceso de GenBank y fuente de la secuencia.

Espece	Localidad	Número de colección o rótulo	Número de acceso de GenBank	Fuente
<i>Alsodes hugoi</i>	Río Bueno	RB1j	MH332807	Correa et al. (2018)
<i>Alsodes hugoi</i>	Altos de Vilches	IZUA 3554	JX203956	Blotto et al. (2013)
<i>Alsodes hugoi</i>	Río Lircay	DBGUCH LirWCN	MH378966	Correa et al. (2018)
<i>Alsodes igneus</i>	Tolhuaca	IZUA 3555	JX203957	Blotto et al. (2013)
<i>Alsodes neuquensis</i>	Neuquén, Aluminé, 10 km O Primeros Pinos	MACN 37942	AY843787	Faivovich et al.(2005)
<i>Alsodes nodosus</i>	Quebrada Infiernillo	SSUC-Am 170	KJ418846	Charrier et al. (2015)
<i>Alsodes nodosus</i>	Ucúquer	DBGUCH 1105015	KJ418849	Charrier et al. (2015)
<i>Alsodes nodosus</i>	Rinconada de Idahue	DBGUCH 0905001	KJ418850	Charrier et al. (2015)
<i>Alsodes nodosus</i>	Quebrada Escobares	DBGUCH 1201006	KJ418847	Charrier et al. (2015)
<i>Alsodes nodosus</i>	Camino a El Yeso	DBGUCH 0611006a	KJ418848	Charrier et al. (2015)
<i>Alsodes nodosus</i>	Río Claro (Sierras de Bellavista)	DBGUCH 0701276a	KJ418851	Charrier et al. (2015)
<i>Alsodes aff. nodosus</i>	Pemehue	IZUA 3562	JX203967	Blotto et al. (2013)
<i>Alsodes norae</i>	Parque Oncol	IZUA 3563	JX203961	Blotto et al. (2013)
<i>Alsodes pehuenche</i>	Valle Pehuenche	IZUA 3559	JX203962	Blotto et al. (2013)
<i>Alsodes pehuenche</i>	Lo Aguirre Chico	AgCh2f	MH332819	Correa et al. (2018)
<i>Alsodes pehuenche</i>	Lo Aguirre Grande	AgGr1m	MH332820	Correa et al. (2018)
<i>Alsodes sp.</i>	Llicaldad	MZUC 46675	ON045120	Este estudio
<i>Alsodes sp.</i>	Llicaldad	MZUC 46676	ON045121	Este estudio
<i>Alsodes sp.</i>	Llicaldad	MZUC 46677	ON045122	Este estudio

**Appendix 1 (cont.).** Specimens included in the phylogenetic analysis. For each specimen, species, locality, collection number or label, GenBank accession number and source of the sequences are indicated.

**Apéndice 1 (cont.).** Ejemplares incluidos en el análisis filogenético. Para cada espécimen, se indica especie, localidad, número de colección o rótulo, número de acceso de GenBank y fuente de la secuencia.

<b>Especie</b>	<b>Localidad</b>	<b>Número de colección o rótulo</b>	<b>Número de acceso de GenBank</b>	<b>Fuente</b>
<i>Alsodes tumultuosus</i>	La Parva	IZUA 3565	JX203969	Blotto et al. (2013)
<i>Alsodes tumultuosus</i>	La Parva	DBGUCH 0802001	MH378968	Correa et al. (2018)
<i>Alsodes valdiviensis</i>	Cordillera Pelada	IZUA 3568	JX203972	Blotto et al. (2013)
<i>Alsodes cf. valdiviensis</i>	Puente La Herradura	DBGUCH 2919	MH378970	Correa et al. (2018)
<i>Alsodes vanzolinii</i>	Ramadillas	IZUA 3570	JX203974	Blotto et al. (2013)
<i>Alsodes cf. vanzolinii</i>	R.N. Los Queules	DBGUCH 3315	KJ418852	Charrier et al. (2015)
<i>Alsodes verrucosus</i>	Puyehue	IZUA 3577	JX203977	Blotto et al. (2013)
<i>Eupsophus calcaratus</i>	Isla Chaculay	IZUA 3580	JX203983	Blotto et al. (2013)

# HIGH DENSITY ROAD KILL EVENT OF *GYMNOPIIS MULTIPLICATA* AND FIRST ROAD KILL REPORT OF *DERMOPHIS GLANDULOSUS*, TWO CAECILIAN SPECIES IN COSTA RICA

EVENTO DE ALTA DENSIDAD DE ATROPELLOS EN *GYMNOPIIS MULTIPLICATA* Y PRIMER REPORTE DE ATROPELLO DE *DERMOPHIS GLANDULOSUS*, DOS ESPECIES DE CECÍLIDOS EN COSTA RICA

DANIELA SALAZAR-SÁNCHEZ\*

<sup>1</sup>Escuela de Ciencias Biológicas, Universidad Latina de Costa Rica, San Pedro de Montes de Oca, dirección postal 11501, San José, Costa Rica

\*Correspondence: [dansalazarsanchez@gmail.com](mailto:dansalazarsanchez@gmail.com)

Received: 2021-11-11. Accepted: 2022-04-26. Published: 2022-05-12.

Editor: Adrián García-Rodríguez, Costa Rica.

**Resumen.**— Los cecílicos son el grupo menos conocido de los anfibios debido a su vida fosorial, lo que dificulta la búsqueda y estudio de estos organismos. Se ha observado que estos organismos tienden a emerger después de fuertes lluvias, debido a que sus madrigueras están inundadas y necesitan salir a la superficie en busca de oxígeno. Aquí se presenta el primer reporte de atropello para *Dermophis glandulosus* e informes adicionales de atropellos en *Gymnopsis multiplicata* en Costa Rica. En marzo de 2020, en la carretera a Pozos, Puriscal, Costa Rica, se encontraron un total de 23 cecílicos muertos en un tramo de carretera de 3.94 km. Esta inusual observación podría ser consecuencia de las fuertes lluvias reportadas en el área el día antes del evento. Ésta es la más alta densidad de atropellos en cecílicos reportada a nivel nacional.

**Palabras claves.**— Anfibios, atropellos, carreteras, cecílicos.

**Abstract.**— Caecilians are the least known group of amphibians due to their fossorial lifestyle, which make them difficult to find and study. It has been observed that these organisms tend to surface after heavy rains because their burrows are flooded and they need to breathe. Here I present the first roadkill report for *Dermophis glandulosus* and additional road kill reports of *Gymnopsis multiplicata* in Costa Rica. In March 2020, on the road to Pozos, Puriscal, Costa Rica, a total of 23 caecilians road kills were found on a 3.94km road segment. This unusual observation could be a consequence of heavy rains reported in the area the day before the event. This is the highest caecilian road kill density reported at national level.

**Key words.**— Amphibians, caecilians, road, road kill.

The run over of wildlife is one of the main consequences that occur worldwide due to the presence of roads (De la Ossa et al., 2015). In Costa Rica, amphibians have been the group most affected by accidents, representing 95% of the studied cases (Arévalo et al., 2017). Caecilians are the least studied group of the Amphibian class (Zardoya & Meyer, 2000). These amphibians present a series of morphological adaptations for fossorial life, due to their lifestyle, it is very difficult to find them in investigations (Gomes et al., 2012; Leenders, 2016).

On May 30, 2020, at 06:00 hours, in the town of Cañales Arriba, Santiago, Puriscal, San José (9.823398, -84.307946), a total of 23 caecilian roadkill carcasses were found in a fragment of 3.94 km of the road to Pozos. The geographical area is a rural steeped

area with an average temperature of 17 - 24°C, an elevation of 1.105 m a.s.l and average slope angles of 85° (Solano & Villalobos, 2001; SNIT, 2022). The land adjacent to the road is classified as mainly forest segments and pastures with scattered houses built along the roadside, <1% of urbanized area per Km<sup>2</sup> as established on a GIS analysis of the area performed on QGIS V.3.22 software (QGIS.org, 2022). Photographic records were taken from each of the individuals for registration and subsequent identification to the highest taxonomic resolution possible. Given the condition of the bodies, only 6 out of 23 individuals were identified. Six specimens of two species, from two different genera of the Dermophiidae family were identified. *Dermophis glandulosus* (Tylor, 1955) (n = 4) and *Gymnopsis multiplicata* (Cope, 1877) (n = 2) (Fig. 1). It is reported that the day before the event, it rained





**Figura 1.** Cecílido atropellado en la carretera a Pozos, Puriscal, San José, Costa Rica.

**Figure 1.** Caecilian road kill on the road to Pozos, Puriscal, San José, Costa Rica.

heavily in the area. I hypothesized that, as has been previously reported, due to the rain, their tunnels could have flooded, causing them to rise to the surface in search for oxygen, and were run over (Leenders, 2016). In this case, the most of the carcasses were found fresh.

This constitutes the first report focused exclusively on the roadkill of caecilians in Costa Rica, because they are usually only mentioned in studies focused on road kills, of whether amphibians or general fauna (Gutiérrez, 2017; Monge-Velázquez, 2017). In the only previous record available, Artavia (2015) reported 16 roadkill individuals of *G. multiplicata* in a road section of almost 95km during a sampling period of eight months in a distant area, which highlights the relevance of

this report. Both *G. multiplicata*, and *D. glandulosus* are listed as Least concern species (LC) by the IUCN Red List criteria (IUCN, 2021). However, the populations of *D. glandulosus* are decreasing (IUCN, 2021; Leenders, 2016). The finding of this number of road kills sets the question of whether in this area of the country they occur in high abundances or if they are also usually found on the ground frequently. Further research must be conducted to improve our knowledge about population size estimates, detailed geographic distributions and the impact of roadkill events on its population dynamics.

**Acknowledgements.**— I thank E. Arévalo-Huezo, C. Esquivel and S. Stephens-Cárdenas, for their comments on the early draft of this manuscript.

## CITED LITERATURE

- Arévalo, E., W. Honda, A. Arce-Arias & A. Hager. 2017. Spatiotemporal variation of roadkills show mass mortality events for amphibians in a highly trafficked road adjacent to a national park, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical* 65:1261-1276.
- Artavia, R. 2015. Identificación y caracterización de cruces de fauna silvestre en la sección de la ampliación de la carretera nacional Ruta 32, Limón, Costa Rica. Tesis de Maestría. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Cartago, Costa Rica.
- De la Ossa, J., O. De la Ossa-Nadjar & E. Medina-Bohórquez. 2015. Atropellamiento de fauna silvestre. *Revista Colombiana de Ciencia Ambiental* 7:109-116.
- Gomes, A.D., R.G. Moreira, C.A. Navas, M.M. Antoniazzi & C. Jared. 2012. Review of the reproductive biology of Caecilians (Amphibia, Gymnophiona). *South American Journal of Herpetology* 7:191-202.
- Gutiérrez, D. 2017. Evaluación del riesgo de las carreteras nacionales para la fauna silvestre y el uso de la ciencia ciudadana como herramienta para el monitoreo de fauna silvestre atropella en Costa Rica. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Costa Rica, Heredia, Costa Rica.
- IUCN. 2021. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2021-2. <https://www.iucnredlist.org>. (Accessed: 10 December 2020).
- Leenders, T. 2016. *Amphibians of Costa Rica: A Field Guide*. A Zona Tropical Publication, Comstock Publishing Associates, Cornell University Press, Ithaca, New York, USA.
- Monge-Velázquez, M. 2018. Herpetofauna atropellada en la Carretera Interamericana Norte, Guanacaste, Costa Rica: Influencia de los atributos del paisaje en las muertes y medidas para su mitigación. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Costa Rica, Heredia, Costa Rica.
- QGIS.org, 2022. QGIS 3.16. Geographic Information System. QGIS Association. <http://www.qgis.org> (Consulted: 20 January 2022).
- SNIT. 2022. Sistema Nacional De Información Territorial. Gobierno de Costa Rica. <https://www.snitcr.go.cr/> (Consulted: 20 January 2022).
- Solano, J. & R. Villalobos. 2001. Aspectos fisiográficos aplicados a un bosquejo de regionalización geográfico climático de Costa Rica. *Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos* 8:26-3.
- Zardoya, R. & A. Meyer. 2000. Mitochondrial evidence on the phylogenetic position of caecilians (Amphibia: Gymnophiona). *Genetics* 155:765-775.





# CONFIRMACIÓN DE UNA NUEVA LOCALIDAD DE *TELMATOBUFO VENUSTUS* PHILIPPI, 1899 EN LA PRECORDILLERA ANDINA DE LA REGIÓN DE ÑUBLE, CHILE

CONFIRMATION OF A NEW LOCALITY OF *TELMATOBUFO VENUSTUS* PHILIPPI, 1899 IN THE ANDEAN PRECORDILLERA OF THE ÑUBLE REGION, CHILE

NICOLÁS GONZÁLEZ-VÉLIZ<sup>1,2\*</sup>, MANUEL VALDÉS-PUGA<sup>2</sup>, PABLO ESPINOZA-CARBULLANCA<sup>2</sup>, JOSÉ M. SERRANO-SERRANO<sup>3</sup> & NELSON A. VELÁSQUEZ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Comunicación Animal, Facultad de Ciencias Básicas, Universidad Católica del Maule, San Miguel 3605, 3480112, Talca, Chile

<sup>2</sup>Asociación Dosel, San Fabián de Alico, Región de Ñuble, Chile

<sup>3</sup>Museo de Zoología "Alfonso L. Herrera", Departamento Biología Evolutiva, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Circuito Exterior s/n, Ciudad Universitaria, Coyoacán, 04510, Ciudad de México, México

\*Correspondence: nicolasgonzalezv@gmail.com

Received: 2021-09-30. Accepted: 2022-04-26. Published: 2022-05-12.

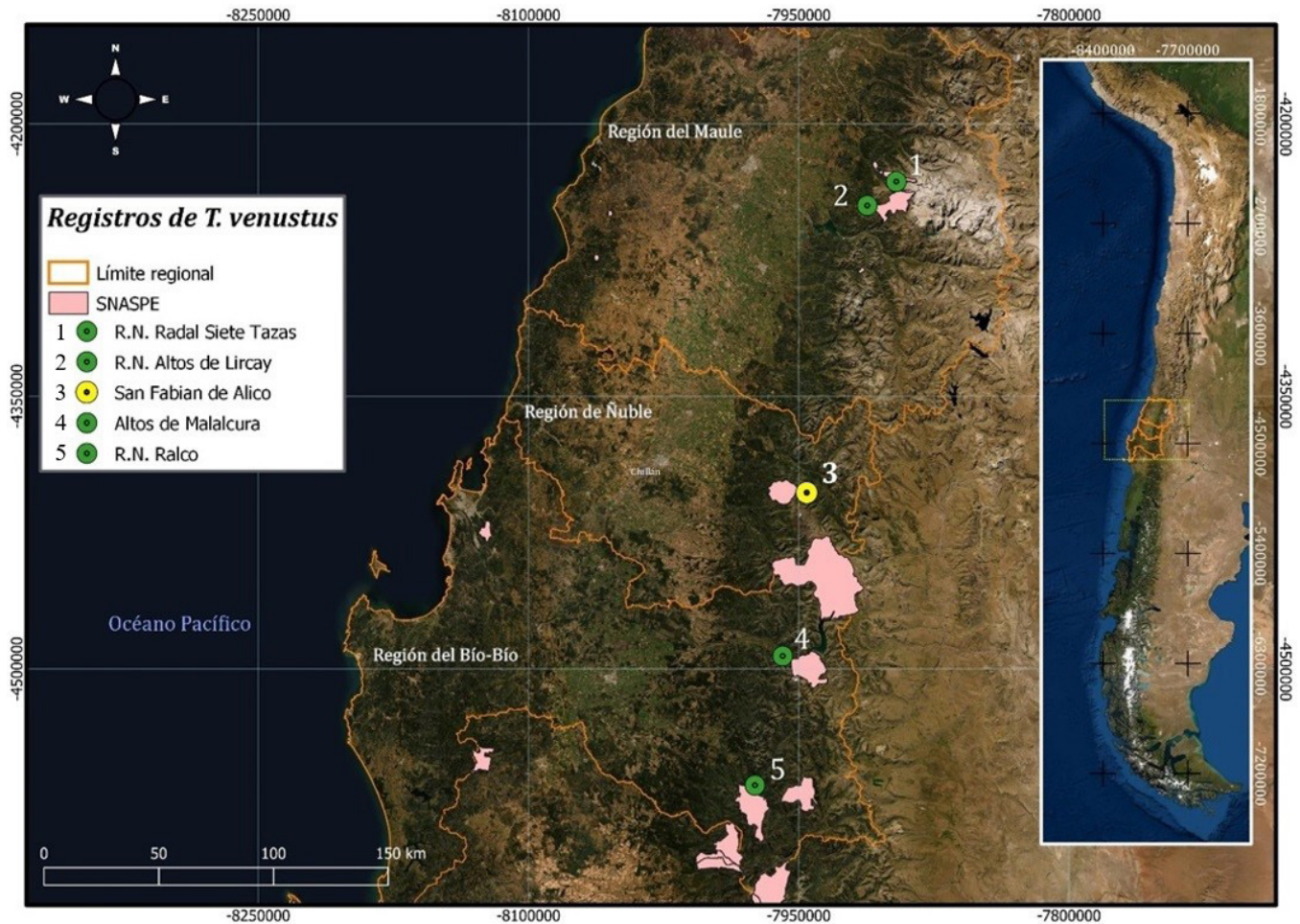
Editor: Felipe Rabanal, Chile.

El sapo hermoso (*Telmatobufo venustus*) es un anuro endémico de los bosques templados de Chile central (Ortíz & Díaz-Páez, 2006; Correa et al., 2019), que se encuentra clasificado por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza como En Peligro de Extinción y con tendencia poblacional desconocida (IUCN, 2015), y según el Reglamento de Clasificación de Especies Silvestres de Chile como especie En Peligro (Nuñez & Garín, 2011). La distribución geográfica de *T. venustus* se extiende de forma fragmentada por las laderas occidentales de la Cordillera de los Andes, entre los 600 y 1638 m s.n.m. (Araya & Cisternas, 2008; Caro-Lagos & Charrier, 2020; Díaz-Páez & Alveal, 2021), en cuatro localidades: 1) el Parque Nacional Radal Siete Tazas, Región del Maule (35.498175° S, 70.929808° O), que corresponde al límite septentrional de la distribución (Caro-Lagos & Charrier, 2020); 2) la Reserva Nacional Altos de Lircay, Región del Maule (35.466667° S, 71.183333° O y 35.594722° S, 71.074167° O) (Nuñez & Formas, 2000; Núñez & Gálvez 2015); 3) el sector de Altos de Malalcura, Región del Biobío (37.38505° S, 71.495833° O) (Díaz-Páez & Alveal, 2021); y 4) en las cercanías del Río Ralco (con información imprecisa si se ubica dentro o fuera de la Reserva Nacional Ralco), Región del Biobío (Díaz et al., 1983). Adicionalmente, existe una descripción imprecisa sobre la distribución de *T. venustus* en Niblinto, Región de Ñuble (Ibarra et al., 1999) y una observación no confirmada en San Fabián de Alico (Charrier, 2019). Distintos autores afirman que no existen puntos precisos de la presencia actual de la especie en la Región de Ñuble, y que sólo mantiene la ambigüedad del reporte de Rodolfo Philippi del año 1899 (Philippi, 1899; Formas et al., 2001;

Cuevas, 2010; Fenolio et al., 2011; Castro-Pastene & Carrasco, 2020).

Durante una expedición en una localidad montañosa de la Región de Ñuble, Chile, observamos individuos de *T. venustus* en la orilla de un arroyo correntoso de entre 4 a 15 m de ancho alrededor de las 23:00 h del 14 de diciembre del 2019. Las observaciones se realizaron sin manipulación de los individuos, por lo cual, la identificación de sexo y mediciones morfométricas no fueron registradas. El registro es exclusivamente fotográfico y con los datos georreferenciados del encuentro. Las fotografías digitales de las observaciones fueron depositadas en la Colección de Anfibios y Reptiles del Natural History Museum of Los Ángeles County, California, EUA (números de catálogo: LACM PC 2814-2819).

Los ejemplares fueron encontrados por Manuel Valdés y Pablo Espinoza, en una zona montañosa cercana a la localidad de San Fabián de Alico, en la comuna de Coihueco, en el punto geográfico: 36.740589° S; 71.376011° O (UTM WGS84), a 1228 m s.n.m. (Fig. 1). Este sitio está ubicado en un área privada, aproximadamente a 6 km hacia el Este de la Reserva Nacional Los Huemules de Niblinto, en la zona de amortiguamiento del Corredor Biológico Nevados de Chillán - Laguna del Laja. En el encuentro se registraron dos ejemplares adultos vivos de *T. venustus* (Figs. 2A y 2B). Uno de los individuos se encontraba posado sobre una roca, mientras que el otro se ubicó sobre cobertura vegetal. Adicionalmente dentro del arroyo se registraron seis larvas, identificadas como *Alsodes*



**Figure 1.** Geographic distribution of *Telmatobufo venustus*. 1) Radal Siete Tazas National Reserve, 2) Altos de Lircay National Reserve, 3) New locality, San Fabián de Alico, 4) Altos de Malalcura and 5) Río Ralco. Abbreviation SNASPE by its acronym in Spanish: National System of Protected Wilderness Areas of the State.

**Figura 1.** Distribución geográfica de *Telmatobufo venustus*. 1) Reserva Nacional Radal Siete Tazas, 2) Reserva Nacional Altos de Lircay, 3) Nueva localidad, San Fabián de Alico, 4) Altos de Malalcura y 5) Río Ralco. Abreviación SNASPE: Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado.

*sp.* en áreas someras con corriente suave y desprovista casi en su totalidad de vegetación acuática (Fig. 2C). La quebrada de montaña donde se hicieron estos registros está compuesta por vegetación ribereña de musgos y *Equisetum spp.* En el sotobosque la vegetación dominante está compuesta por Quila (*Chusquea quila*), Chilco (*Fuchsia magellanica*) y una cobertura arbórea dominante de Coigüe (*Nothofagus dombeyi*) (Figs. 2D y 2E).

La nueva localidad de *T. venustus* que aquí reportamos podría ser cercana a la localidad donde Rodolfo Philippi describió por primera vez a la especie en 1899 y a la que se refiere en sus apuntes como la que “habita en los Andes de la Provincia de Cautín y Chillán a una altura de 3-4000 pies sobre el mar” (Philippi, 1899), actualmente ubicadas en las regiones de La Araucanía y Ñuble, respectivamente. Dicho registro original es considerado como

un reporte histórico indeterminado (Díaz-Páez & Alveal, 2021), debido a la vaguedad de la ubicación de la localidad descrita por Philippi (1899) y las observaciones recientes no confirmadas (Charrier, 2019). La localidad que reportamos se ubica a 66 km al Este de la ciudad de Chillán, a 130 km de la población de la Reserva Nacional Altos de Lircay, y a 72 km de distancia hacia el norte del hallazgo más reciente en Altos de Malalcura (Fig. 1; Díaz-Páez & Alveal, 2021). Es posible que, entre estas localidades separadas geográficamente, existan otras poblaciones intermedias sin registrar, pero al ser organismos naturalmente de baja movilidad y asociados a hábitats ribereños (Formas et al., 2001), las posibilidades de conexión entre localidades son limitadas, pudiendo presentarse baja dispersión a grandes distancias (Fenolio et al., 2011). Por otra parte, la Provincia de



**Figure 2.** Photographs of the specimens reported in this study: adult 1 (A) (photograph: Pablo Espinoza-Carbullanca); adult 2 (B) (photo: Manuel Valdés-Puga); larva of *Alsodes* sp. (C) (photo: Manuel Valdés-Puga). Habitat of the individuals found (D and E).

**Figura 2.** Fotografías de los ejemplares reportados en el presente estudio: adulto 1 (A) (fotografía: Pablo Espinoza-Carbullanca); adulto 2 (B) (fotografía: Manuel Valdés-Puga); larva de *Alsodes* sp. (C) (fotografía: Manuel Valdés-Puga). Hábitat de los individuos encontrados (D y E).

Cautín, en la Región de La Araucanía, no ha tenido registros confirmados recientes.

Los individuos de *T. venustus*, son principalmente de actividad nocturna, vinculados a bosques templados de Hualo (*Nothofagus glauca*), Roble (*Nothofagus obliqua*), Avellano (*Gevuina avellana*) y Radal (*Lomatia hirsuta*) y a sotobosque de Quila (*Chusquea quila*), Canelo (*Drimys winteri*) y Chilco (*Fuchsia magellanica*). Además, estos anuros presentan adaptaciones a los ecosistemas lóticos, con preferencia por los bordes de arroyos de montaña de aguas muy limpias, frías y bien oxigenadas, en donde, habitualmente sus sitios de refugio o descanso están por sobre o debajo de grandes rocas y en zonas de salpicaduras (Formas, 1979; Fenolio et al., 2011; Charrier, 2019).

Las amenazas directas sobre esta especie incluyen la actividad forestal e incendios (Veloso, 2006) y la introducción de especies de animales exóticos en los arroyos en los que habita, como la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*). Aunque no se ha confirmado, es presumible que la trucha arcoíris podría alimentarse de los renacuajos y adultos o generar competencia por el hábitat con *T. venustus* (Fenolio et al., 2011). Por último, *T. venustus* también podría ser afectado por la contaminación de cursos de agua y la introducción de especies vegetales exóticas (Martínez, 2016). Cabe señalar que la nueva localidad reportada, no se encuentra ubicada dentro ningún sitio de protección del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado, SNASPE (Fig. 1), representando un factor de riesgo para su aislada distribución cordillerana, por lo que sería necesario generar planes de monitoreo de estas poblaciones y planes de acción para su protección y preservación.

**Agradecimientos.** — A Asociación Dosel y al Dr. Anthony Povilitis por el apoyo logístico en la campaña de terreno. A dos revisores anónimos que ayudaron a mejorar sustancialmente este manuscrito. Trabajo apoyado por el fondo interno UCM-IN-21209.

## LITERATURA CITADA

- Araya S. & J. Cisternas. 2008. Antecedentes sobre el hábitat, localización y anuros simpátricos a *Alsodes hugoi* (Amphibia, Cycloramphidae) en la Localidad tipo. Boletín del Museo Nacional de Historia Natural, Chile 57:127-131.
- Caro-Lagos, J. & A. Charrier. 2020. Primer registro de *Telmatobufo venustus* (Philippi 1899) (Anura, Calyptocephalellidae) en el Parque Nacional Radal Siete Tazas: Ampliación de su distribución geográfica en la Región del Maule, Chile. Boletín Chileno de Herpetología 7:42-45.
- Castro-Pastene, C. & H. Carrasco. 2020. Herpetozoos de la Reserva Nacional Altos de Lircay, Región del Maule, Chile. Boletín del Museo Nacional de Historia Natural, Chile 69:55-67.
- Charrier, A. 2019. Guía de Campo Anfibios de los Bosques de la Zona Centro Sur y Patagonia de Chile. Ed. Corporación Chilena de la Madera, Chile.
- Correa, C. 2019. Nueva lista comentada de los anfibios de Chile (Amphibia, Anura). Boletín Chileno de Herpetología 6:1-14.
- Cuevas, C.C. 2010. A new species of *Telmatobufo* (Schmidt 1852) (Anura, Calyptocephalellidae) from a remnant of the Maulino Forest, central Chile. Gayana 74:1002-112.
- Díaz, N., M. Sallaberry & H. Nuñez. 1983. The tadpole of *Telmatobufo venustus* (Anura: Leptodactylidae) with a Consideration of generic relationships. Herpetologica 39:111-113.
- Díaz-Páez, H. & N. Alveal. 2021. A new geographic record of the endangered *Telmatobufo venustus* (Amphibia: Calyptocephalellidae) in the Biobío Region, Chile. Revista Chilena de Historia Natural 94:1-4.
- Fenolio, D.B., A. Charrier, M.G. Levy, M.O. Fabry, M.S. Tirado, M.L. Crump, W.W. Lamar & P. Calderón. 2011. A review of the Chile mountains false toad, *Telmatobufo venustus* (Amphibia: Anura: Calyptocephalellidae), with comments on its conservation status. Herpetological Review 42:514-519.
- Formas, J.R. 1979. Los anfibios del bosque temperado del sur de Chile: una aproximación sobre su origen. Archivos de Biología y Medicina Experimentales 12:191-196.
- Formas, J.R., J.J. Núñez & L.M. Brieva. 2001. Osteología, taxonomía y relaciones filogenéticas de las ranas del género *Telmatobufo* (Leptodactylidae). Revista Chilena de Historia Natural 74:365-387.
- Ibarra, H., R. López & R. Figueroa. 1999. El hombre en la trama ecológica. Cartilla de educación ambiental. CODEFF Chile.
- IUCN SSC Amphibian Specialist Group. 2015. *Telmatobufo venustus*, in: The IUCN Red List of Threatened Species. Versión 2015. <http://www.iucnredlist.org>, [Consultado en septiembre 2021].



- Martínez, V.I. 2016. Caracterización de la cubierta vegetal e identificación de sectores susceptibles a degradación en la Reserva Nacional Altos de Lircay, comuna de San Clemente, Región del Maule. Memoria para optar al título de Geógrafa. Universidad de Chile. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Escuela de Pregrado. Carrera de Geografía.
- Núñez, H. & O. Gálvez. 2015. Catálogo de la Colección Herpetológica del Museo Nacional de Historia Natural y Nomenclátor basado en la Colección. Publicación Ocasional del Museo de Historia Natural de Chile 64:1-203.
- Núñez, H. & C. Garín. 2011. Ficha de especie clasificada: *Telmatobufo venustus* (Philippi, 1899). Comité de Clasificación de Especies, Ministerio del Medio Ambiente. Chile.
- Núñez, J.J. & J.R. Formas. 2000. Evolutionary history of the Chilean frog genus *Telmatobufo* (Leptodactylidae): an immunological approach. *Amphibia-Reptilia* 21:351-356.
- Ortíz, J.C. & H. Díaz-Páez. 2006. Estado de conocimiento de los anfibios de Chile. *Gayana* 70:114-121.
- Philippi, R.A. 1899. Las serpientes de Chile. *Anales de la Universidad*, Tomo CIV. Imprenta Cervantes. Santiago, Chile.
- Veloso, A. 2006. Batracios de las cuencas hidrográficas de Chile: origen, diversidad y estado de conservación. Pp. 103-140. En I. Vila, A. Veloso, R. Schlatter, & C. Ramírez (Eds.), *Macrófitas y Vertebrados de los sistemas límnicos de Chile*. Editorial Universitaria, Santiago de Chile.



# AN UPDATED REVIEW OF THE GEOGRAPHICAL DISTRIBUTION OF *LIOLAEMUS XANTHOVIRIDIS* (SQUAMATA: LIOLAEMIDAE)

## REVISIÓN ACTUALIZADA DE LA DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE *LIOLAEMUS XANTHOVIRIDIS* (SQUAMATA: LIOLAEMIDAE)

PAULA C. ESCUDERO<sup>1\*</sup>, MARÍA A. GONZÁLEZ MARÍN<sup>1</sup>, MARIANA MORANDO<sup>1</sup> & LUCIANO J. AVILA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Patagónico para el Estudio de los Ecosistemas Continentales (IPEEC-CONICET). Grupo de Herpetología Patagónica (GHP-LASIBIBE). Puerto Madryn, Bld. Alte. Brown 2915, (U9120ACD), Puerto Madryn, Argentina.

\*Correspondence: paulaescudero2@gmail.com

Received: 2022-01-18. Accepted: 2022-05-06. Published: 2022-05-20.

Editor: Antonieta Labra, Chile.

**Resumen.**— *Liolaemus* es una de las mayores radiaciones de lagartos con más de 289 especies descritas. Dentro del grupo *L. fitzingerii*, encontramos la especie *L. xanthoviridis*, la cual se distribuye en un área alrededor de la meseta de Montemayor en la costa atlántica oriental de la provincia de Chubut, Argentina. Sin embargo, el rango de distribución se hipotetiza que es mayor al registrado hasta el momento. Aquí presentamos una revisión general y actualizada de la distribución de esta especie, a lo largo de toda la Provincia de Chubut.

**Palabras claves.**— Lagartija de Rawson, rango de distribución, Patagonia.

**Abstract.**— *Liolaemus* is one of the largest radiations of lizards with more than 289 species described. Within the *L. fitzingerii* group, we find the species *L. xanthoviridis*, which is distributed in an area around the Montemayor Plateau in the eastern Atlantic coast of Chubut Province, Argentina. However, the actual area of distribution of this species is hypothesized to be larger than recorded so far. Here, we present an updated and general review of the distribution of the species, throughout the Province of Chubut.

**Key words.**— Rawson Lizard, distributional range, Patagonia.

*Liolaemus* is one of the largest radiation of neotropical lizards with more than 289 species described (Uetz et al., 2021) along a variety of habitats found mainly along Andean and Patagonian arid lands. The *Liolaemus fitzingerii* lizard clade occurs along Patagonian and southern Monte habitats between Colorado and Santa Cruz river basins, along Neuquén, Rio Negro, Chubut and Santa Cruz provinces, Argentina (Avila et al., 2006; Abdala, 2007; Minoli et al., 2014, 2015), and includes two species complexes: *fitzingerii* and *melanops* complex (Avila et al., 2006). Within the *fitzingerii* complex five species have been described: *L. fitzingerii*, *L. xanthoviridis*, *L. chehuachekenk*, *L. shehuen* and *L. camarones*, but despite its size and commonness, only anecdotic data about natural history of these species were published and for most species their distribution ranges are little known.

*Liolaemus xanthoviridis*, Cei and Scolaro 1980, is distributed in an area of approximately 50 x 200 km located around the Montemayor Plateau (Rawson, Gaiman and Florentino Ameghino Departamentos) in the eastern Atlantic coast of

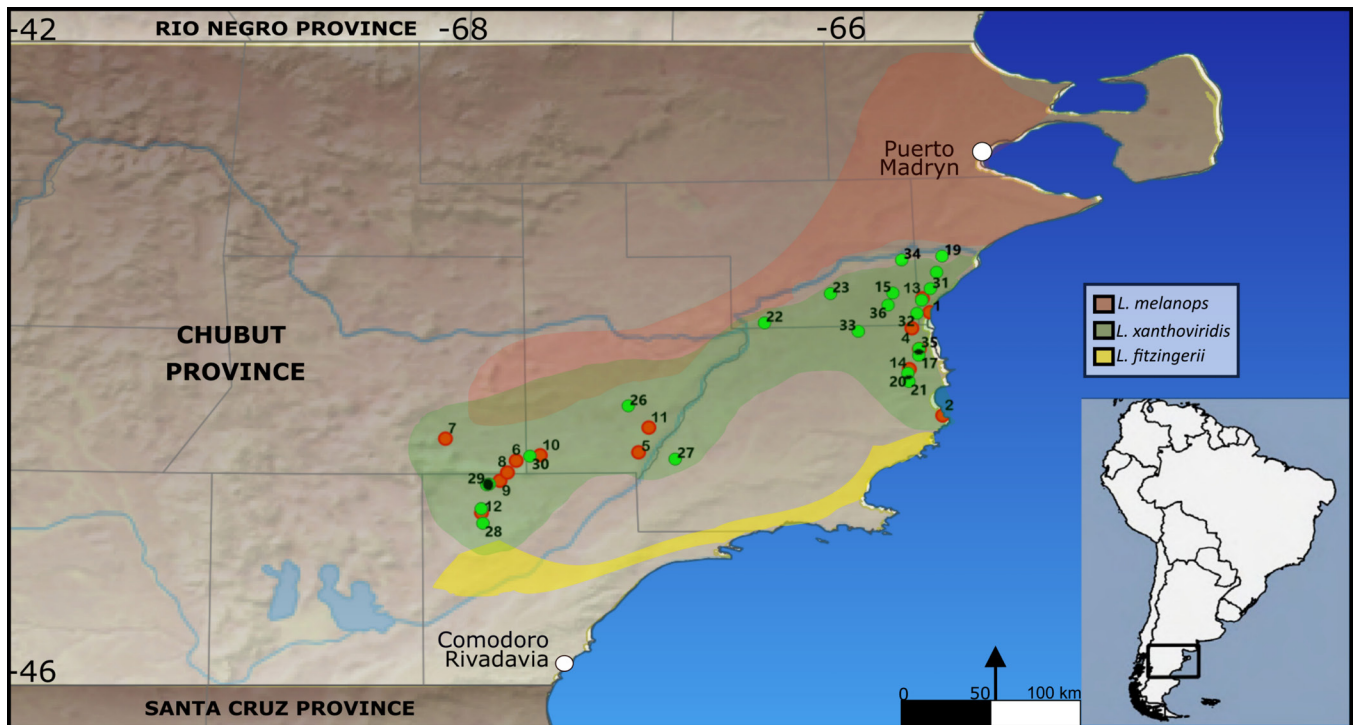
Chubut Province, Argentina. However, few localities are known and some populations are difficult to clearly identify with morphology because hybridization is widespread between species of the *Liolaemus fitzingerii* clade (Grummer et al., 2021). This species lives mainly around clusters of spiny trees or bushes on a substrate of loose or sandy soils in some coastal areas but they are found in the hardpan Patagonian shrub-steppe habitat in inland locations. They are sexually dimorphic in size with males larger, and more robust, than females (mean snout vent length (SVL)  $82.34 \pm 7.75$  mm vs  $78.39 \pm 6.48$  mm). In both sexes, individuals show a noticeable polymorphism in the dorsal coloration (yellow-green to orange, Fig. 1; Escudero, 2016; Escudero et al., 2020) and in distribution of the ventral melanism (Escudero, 2016; Escudero et al., 2016). Here we do a review of the distribution range of the species.

We examined lizards from the LJAMM-CNP collection and the identity of all specimens cataloged as *Liolaemus xanthoviridis* was verified using characteristics of coloration



**Figura 1.** Variación fenotípica en *Liolaemus xanthoviridis*. (A) Clasificación de la coloración dorsal de izquierda a derecha: y = amarillo; gy = amarillo verdoso; oy = naranja amarillento; br = marrón con líneas rojizas. (B) Polimorfismo del melanismo ventral.

**Figure 1.** Phenotypic variation in *Liolaemus xanthoviridis*. (A) Classification of the dorsal coloration from left to right: y = yellow; gy = greenish yellow; oy = yellowish orange; br = brown with reddish lines. (B) Polymorphism of the ventral melanism.



**Figura 2.** Distribución geográfica de *Liolaemus xanthoviridis* en la Patagonia central y ubicación dentro de Argentina (recuadro). Puntos rojos: registros bibliográficos para la especie en la provincia de Chubut, Puntos verdes: nuevas localidades. Los colores en el mapa reflejan aproximadamente los límites de la población según lo determinado por los datos de SNP de todo el genoma en Grummer (2017) que corresponden en gran medida a las especies *Liolaemus melanops* (rojo), *L. xanthoviridis* (verde) y *L. fitzingerii* (amarillo).

**Figure 2.** Geographic distribution for *Liolaemus xanthoviridis* in central Patagonia, and location within Argentina (inset). Red dots: bibliographic records for the species in Chubut province, Green dots: new localities. Colors on the map reflect approximate population boundaries as determined by genome-wide SNP data in Grummer (2017) that largely correspond to the species *Liolaemus melanops* (red), *L. xanthoviridis* (green), and *L. fitzingerii* (yellow).

and morphological data (only lizards that matches with original descriptions), as well as include results from previous molecular studies (Grummer et al., 2018). In addition, data from two more collections were included, San Diego State University (SDS) and Kansas University (KU) and bibliographic citations about the specimens deposited in the Fundación Miguel Lillo (FML) collection. Subsequently, with the software QGIS, we elaborated a map representing the distribution of *L. xanthoviridis* in the Chubut Province with all the specimens' localities (Table 1, Fig. 2). In total, 36 different localities were recorded where the species was found, covering 6 departments both east (coastal zone) and west of the Montemayor Plateau, with populations almost over 500 meters above sea level.

The type locality of the species is 18 km SW from Dos Pozos (Chubut Province, Cei & Scolaro 1980). The northernmost place where the species was recorded is on National Route 1 about 7 km from the city of Trelew (site code n° 19, Table 1) while the southernmost place was Provincial Route 27, 79 km NW junction with National Route 3, collected on the 30 December

2015, by J. Grumer, C.H.F Pérez, T.I. Avila & L.J. Avila (site code n° 28, Table 1), extending the known distribution about 30 air-line km SW from the nearest vouchered record (Minoli & Avila, 2011). Localities 22 and 23 fill the gap between coastal and inland populations. Grummer et al. (2021), using data from nuclear and mitochondrial genomes, identified a "sandwich" hybrid zone in which, individuals equivalent to the described species *L. xanthoviridis* (by both morphological and genome-wide single nucleotide polymorphism (SNP) data, Grummer, 2017), hybridize with two distinct populations: one north, *L. melanops* and one south, *L. fitzingerii* (Figure 2).

These contact zones, would mark the distribution boundaries of *L. xanthoviridis* towards north and south. Therefore, *L. xanthoviridis* extends over an area of approximately 240 x 290 km located around the Montemayor plateau (bounded to the north by the Chubut River), a much greater range than was previously known. It is also important to note that *L. xanthoviridis* does not share its geographic range with any other *Liolaemus* species. It was only found in sympatry with *Leiosaurus belli*.



**Tabla 1.** Localidades de individuos recolectados de *Liolaemus xanthoviridis*, incluidos números de comprobantes y datos geográficos. Los códigos de sitio corresponden a números en el mapa (Fig. 2), los códigos de sitio sombreados (15-36) corresponden a las nuevas ubicaciones reportadas para la especie.

**Table 1.** Localities of collected individuals of *Liolaemus xanthoviridis*, including voucher numbers and geographic data. Site codes correspond to numbers on the map (Fig. 2), shaded site codes (15-36) correspond to the new locations reported for the species.

Province/ site code	Collection*	Departament	Locality	Geographic coordinates		Altitude (m)
Chubut						
1	LJAMM-CNP	Rawson	Bahía Isla Escondida	43°40'55"S	65°20'23"W	23
2	LJAMM-CNP	Florentino Ameghino	Provincial Road 1, 1 Km S Dos Pozos	43°54'37"S	65°24'10"W	25
3	LJAMM-CNP	Florentino Ameghino	Cabo Raso	44°19'23"S	65°15'46"W	24
4	LJAMM-CNP	Rawson	Provincial Road 1, 12 Km S Estancia Dos Naciones	43°46'53.4"S	65°26'49.3"W	24
5	LJAMM-CNP	Mártires	Provincial Road 29, 45 Km W Garayalde	44°33'06.9"S	67°04'45.1"W	372
6	LJAMM-CNP	Paso de Indios	Bosque Petrificado, Provincial Road Crossing 29 y 27, 106 Km W Garayalde	44°36'15.1"S	67°48'37.4"W	354
7	LJAMM-CNP	Paso de Indios	Provincial Road 27, 42.8 km S El Sombrero and junction Provincial Road 53	44°28'02.2"S	68°13'56.8"W	395
8	LJAMM-CNP	Paso de Indios	Provincial Road 27, 67.9 km N junction Provincial Road 25, between plateau Cuadrada and Sierra Cuadrada, 7.9 km S junction Provincial Road 29	44°40'38.7"S	67°51'44.2"W	477
9	LJAMM-CNP	Escalante	Provincial Road 27, 60 km N junction Provincial Road 25	44°43'43.4"S	67°54'24.0"W	349
10	LJAMM-CNP	Mártires	Provincial Road 29, 15.5 km E junction Provincial Road 27, way to Garayalde	44°34'13.4"S	67°39'58.4"W	282
11	LJAMM-CNP	Mártires	Provincial Road 48 (of Las Plumas to Garayalde), 86.7 km S Las Plumas, first hill to Valle del Río Chico, near Estancia La MadreSelva	44°23'54.3"S	67°01'04.8"W	343
12	LJAMM-CNP	Escalante	Provincial Road 27, 33.1 km N junction Provincial Road 25, 55.1 km NW Puente Nollman over Río Chico	44°56'03.6"S	68°01'35.8"W	381
13	LJAMM-CNP	Rawson	Provincial Road 1 old, 38.7 km S junction Provincial Road 25	43°35'43.8"S	65°22'59.9"W	220
14	LJAMM-CNP	Florentino Ameghino	Provincial Road 1, 18 km S Estafeta Postal Dos Pozos	44°02'07.4"S	65°27'43.5"W	247
15	LJAMM-CNP	Gaiman	Provincial Road 9, 29.2 km S junction in adjacent road Río Chubut, 6.2 km S entrada estancia Las Acacias, 11.8 km N junction Provincial Road 3	43°33'44.4"S	65°33'38.5"W	239

**Tabla 1 (cont.).** Localidades de individuos recolectados de *Liolaemus xanthoviridis*, incluidos números de comprobantes y datos geográficos. Los códigos de sitio corresponden a números en el mapa (Figura 2), los códigos de sitio sombreados (15-36) corresponden a las nuevas ubicaciones reportadas para la especie.

**Table 1 (cont.).** Localities of collected individuals of *Liolaemus xanthoviridis*, including voucher numbers and geographic data. Site codes correspond to numbers on the map (Figure 2), shaded site codes (15-36) correspond to the new locations reported for the species.

Province/ site code	Collection*	Departament	Locality	Geographic coordinates		Altitude (m)
16	LJAMM-CNP	Gaiman	Provincial Road 9, 1 km S junction National Road 3	43°38'14.7"S	65°35'21.1"W	259
17	LJAMM-CNP	Ameghino	Provincial Road 1, 11 km S Dos Pozos, 2 km S entrance Estancia La Perla and Punta Tombo	43°56'57.7"S	65°24'21.2"W	275
18	LJAMM-CNP	Rawson	Provincial Road 1, 7.5 km N junction access Bahía Isla Escondida	43°36'27.7"S	65°23'19.2"W	229
19	LJAMM-CNP	Rawson	Provincial Road 1, 7 km S Trelew	43°20'34.4"S	65°16'30.7"W	116
20	LJAMM-CNP	Florentino Ameghino	Provincial Road 1, 2 km S junction Provincial Road 32, Estancia Santa Magdalena	44°02'39.5"S	65°28'14.9"W	285
21	LJAMM-CNP	Florentino Ameghino	Provincial Road 1, 10.7 km S junction Provincial Road 32, Estancia Santa Magdalena	44°06'45.4"S	65°27'51.3"W	184
22	LJAMM-CNP	Gaiman	Provincial Road 31, 61.1 km NW junction National Road 3	43°44'54"S	66°19'37.6"W	264
23	LJAMM-CNP	Gaiman	Provincial Road 10, 22 km S 28 de Julio, 4 km S Estancia San Roque	43°33'58.9"S	65°55'58.1"W	173
24	LJAMM-CNP	Escalante	Provincial Road 27, 42.2 km S junction Provincial Road 29	44°54'07.2"S	68°01'06.0"W	354
25	LJAMM-CNP	Escalante	Provincial Road 27, 2 km N junction way to Estancia El Rincón de Tomas	44°44'50.1"S	67°58'13.9"W	348
26	LJAMM-CNP	Mártires	Provincial Road 48, 5 km S Estancia La Madreselva, 65.2 km S Las Plumas, way to Garayalde	44°15'48.6"S	67°08'25.3"W	315
27	LJAMM-CNP	Florentino Ameghino	Provincial Road 48, 87 km S junction National Road 25, 97 km S Las Plumas, 27 km S Estancia La Madreselva	44°35'38.18"S	66°51'37.7"W	351
28	LJAMM-CNP	Escalante	Provincial Road 27, 79 km NW junction National Road 3	44°59'33.9"S	68°00'31.4"W	460
29	LJAMM-CNP	Escalante	Provincial Road 27, 103.9 km NW junction National Road 3, between entry roads to Estancia El Mallin and El Molle	44°45'12.2"S	67°59'07.6"W	333

**Tabla 1 (cont.).** Localidades de individuos recolectados de *Liolaemus xanthoviridis*, incluidos números de comprobantes y datos geográficos. Los códigos de sitio corresponden a números en el mapa (Figura 2), los códigos de sitio sombreados (15-36) corresponden a las nuevas ubicaciones reportadas para la especie.

**Table 1 (cont.).** Localities of collected individuals of *Liolaemus xanthoviridis*, including voucher numbers and geographic data. Site codes correspond to numbers on the map (Figure 2), shaded site codes (15-36) correspond to the new locations reported for the species.

Province/ site code	Collection*	Departament	Locality	Geographic coordinates	Altitude (m)
30	LJAMM-CNP	Mártires	Provincial Road 29, 9.7 km E junction Provincial Road 27, near Estancia El Carlitos	44°34'34.3"S 67°43'40.6"W	311
31	SDSU	Rawson	Estancia Medina, 29 km S Río Chubut	43°32'06.7"S 65°20'10.2"W	211
32	KU	Florentino Ameghino	3.5 km N Dos Pozos	43°41'03.5"S 65°24'56.6"W	224
33	FML	Florentino Ameghino	Provincial Road 3, Km 1533, 71 km S Rawson	43°47'58.1"S 65°45'59.8"W	274
34	FML	Gaiman	Parque Paleontológico, Provincial Road 9, south of Gaiman	43°21'23.7"S 65°30'19.1"W	71
35	FML	Florentino Ameghino	4.5 km S Dos Pozos	43°54'25.4"S 65°24'16.4"W	174
36	FML	Rawson	Estancia Laguna de los Indios, Provincial Road 1	43°54'37.4"S 65°24'10.2"W	191

**Acknowledgements.**— We thank to Blum R., Medina C., Olave M., Minoli I. and Natali L. for field assistance. Funds for field and laboratory work were provided by several grants from CONICET (PIP), ANPCyT-FONCYT (PICT), NSF, and CONICET PUE 2016-0044 and FONCYT-PICT 2017-4583.

## LITERATURA CITADA

- Abdala, C.S. 2007. Phylogeny of the *boulengeri* group (Iguania: Liolaemidae: *Liolaemus*) based on morphological and molecular characters. *Zootaxa* 1538:1-84.
- Avila, L.J., M. Morando & Jr.J.W. Sites. 2006. Congeneric phylogeography: hypothesizing species limits and evolutionary processes in Patagonian lizards of the *Liolaemus boulengeri* group (Squamata: Liolaemini). *Biological Journal of the Linnean Society* 89:241-275.
- Cei, J.M. & J.A. Sclaro. 1980. Two new subspecies of the *Liolaemus fitzingeri* complex from Argentina. *Journal of Herpetology* 14:37-43.
- Escudero, P.C. 2016. Polimorfismo de coloración, melanismo y estrategias reproductivas en una población de lagartijas Patagónicas del grupo *Liolaemus fitzingerii*. Ph.D. thesis. Universidad Nacional de Córdoba. Argentina.
- Escudero, P.C., I. Minoli, M.A. González Marín, M. Morando & L.J. Avila. 2016. Melanism and ontogeny: a case study in lizards of the *Liolaemus fitzingerii* group (Squamata: Liolaemini). *Canadian Journal of Zoology* 94:199-206.
- Escudero, P.C., M.A. González Marín, M. Morando & L.J. Avila. 2020. Use of space and its relationship with sex, body size, and color polymorphism in *Liolaemus xanthoviridis* (Iguania: Liolaemini) in Patagonia. *Journal of Herpetology* 54:57-66.
- Grummer, J.A. 2017. Evolutionary history of the Patagonian *Liolaemus fitzingerii* species group of lizards. Ph.D. thesis. University of Washington. United States.
- Grummer, J., M. Morando, L.J. Avila, J. Sites, Jr. & A. Leache. 2018. Phylogenomic evidence for a recent and rapid radiation of lizards

- in the Patagonian *Liolaemus fitzingerii* species group. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 125:243-254.
- Grummer, J.A., L.J. Avila, M.M. Morando & A.D. Leaché. 2021. Four species linked by three hybrid zones: two instances of repeated hybridization in one species group (genus *Liolaemus*). *Frontiers in Ecology and Evolution* 9:624109.
- Minoli, I. & L.J. Avila. 2011. Geographic distribution: *Liolaemus xanthoviridis*. *Herpetological Review* 42:241-242.
- Minoli, I., M. Morando & L.J. Avila. 2014. Integrative taxonomy in the *Liolaemus fitzingerii* complex (Squamata: Liolaemini) based on morphological analyses and niche modeling. *Zootaxa* 3856:501-528.
- Minoli, I., M. Morando & L.J. Avila. 2015. Reptiles of Chubut province, Argentina: richness, diversity, conservation status and geographic distribution maps. *ZooKeys* 498:103-126.
- Uetz, P., Freed, P, Aguilar, R. & Hošek, J. (eds.) (2021) The Reptile Database, <http://www.reptile-database.org>.



# POSTNATAL OSSIFICATION PATTERN AND HETEROCHRONIES IN ANDEAN GYMNOPHTHALMOIDEA LIZARDS

## PATRÓN DE OSIFICACIÓN POSTNATAL Y HETEROCRONÍAS EN LAS LAGARTIJAS ANDINAS DE GYMNOPHTHALMOIDEA

TORRES-VÁSQUEZ ITZA HINUMARU<sup>1</sup>, JEREZ ADRIANA<sup>1\*</sup> & ARENAS-RODRÍGUEZ ANGÉLICA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Ecología Evolutiva. Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. Bogotá. Colombia.

<sup>2</sup>Laboratorio de Sistemática y Biogeografía de Vertebrados. Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Unidad de Ecología y Sistemática-UNESIS, Pontificia Universidad Javeriana, Sede Bogotá. Bogotá. Colombia.

\*Correspondence: arjerezm@unal.edu.co

Received: 2022-02-16. Accepted: 2022-05-05. Published: 2022-05-26.

Editor: Marissa Fabrezzi, Argentina.

**Resumen.**— *Gymnophthalmoidea* es un clado compuesto por las familias Alopoglossidae, Teiidae y Gymnophthalmidae. La distribución geográfica de tierras bajas a altoandinas, la existencia de especies pequeñas y muy grandes y la evolución de formas con alargamiento corporal y reducción de extremidades hacen de este grupo un modelo único para explorar el desarrollo del esqueleto. Los estudios del desarrollo postembrionario no solo constituyen los cambios en la forma del esqueleto, sino también el patrón de osificación, que constituye una fuente de información filogenética. Por lo tanto, describimos el patrón de osificación del esqueleto de algunas especies de Gymnophthalmidae (*Anadia bogotensis*, *Riama striata*) y Alopoglossidae (*Alopoglossus bicolor*) y comparamos con otras especies en *Gymnophthalmoidea*. Además, analizamos los eventos heterocronicos incluyendo Alopoglossidae, Teiidae y Gymnophthalmidae. Encontramos que *Gymnophthalmoidea* comparte características del patrón de osificación con Squamata en el cráneo y las extremidades. Un evento heterocronico es compartido por Gymnophthalmidae, en el cual, la epífisis del radio desarrolla centros de osificación más tarde que las epífisis del húmero, ulna, metacarpo, fémur y el carpo. En conclusión, *A. bogotensis*, *R. striata* y *B. bicolor* comparten características que las separan de *A. bicolor*, indicando diferencias filogenéticas, las cuales son evidentes en un evento heterocronico en el patrón de osificación del esqueleto. Entoces, los estudios descriptivos y comparativos del esqueleto aportan información de valor filogenético importante en la comprensión de la evolución de los *Gymnophthalmoidea* y lagartos escamados en general.

**Palabras clave.**— Alopoglossidae, Gymnophthalmidae, desarrollo postembrionario, esqueleto, ontogenia.

**Abstract.**— *Gymnophthalmoidea* is a clade composed of the families Alopoglossidae, Teiidae and Gymnophthalmidae. Their geographical distribution, from lowlands to highlands in the Andes, with small and very large species, and species with body elongation and limb reduction, makes this group a model to explore the development of skeleton. The pattern of ossification during postembryonic development is a source of phylogenetic information. For this reason, we described the ossification pattern of some species of Gymnophthalmidae (*Anadia bogotensis*, *Riama striata*) and Alopoglossidae (*Alopoglossus bicolor*) and compared it with other species in *Gymnophthalmoidea*. In addition, we analyzed whether the events of the ossification pattern constitute heterochronies of phylogenetic value between Alopoglossidae, Teiidae and Gymnophthalmidae. We found that *Gymnophthalmoidea* shares characteristics of the ossification pattern with Squamata in the skull and limbs. A heterochronic event was reported for Gymnophthalmidae, in which the development of secondary centers of ossification in radial epiphyseal cartilages occurs later than ossifications in the humeral, ulnar, metacarpal and femoral epiphyseal cartilages, and carpus. In conclusion, *A. bogotensis*,



*R. striata* and *B. bicolor* share characteristics different from *A. bicolor*, indicating phylogenetic differences, which was evident for a heterochronic event reported in this study for *Gymnophthalmoidea*. Therefore, skeleton studies provide relevant phylogenetic information to understand the evolution of *Squamata*.

**Keywords.**— Alopoglossidae, *Gymnophthalmidae*, ontogeny, postembryonic development, skeleton.

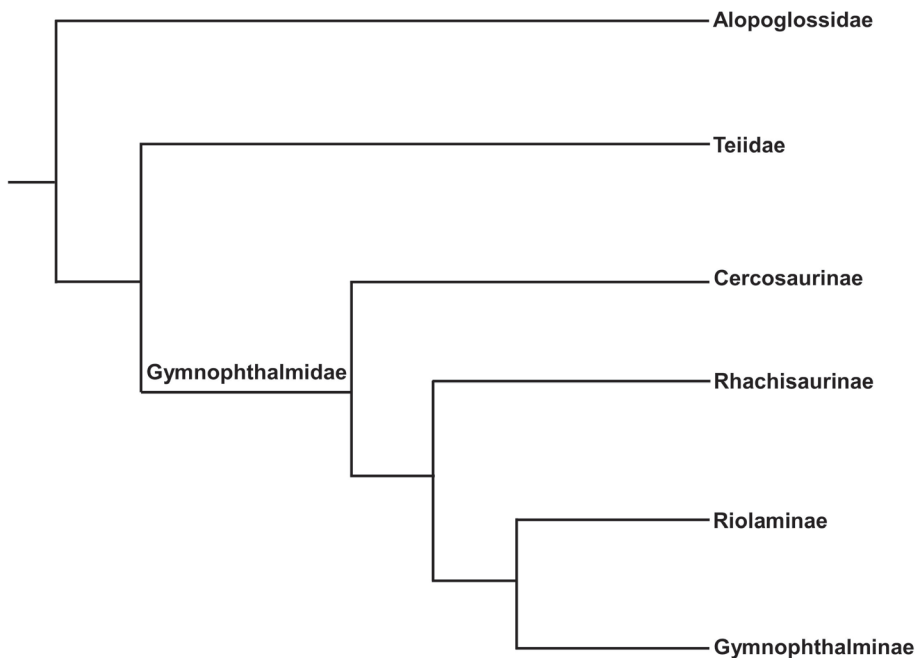
## INTRODUCTION

*Gymnophthalmoidea* (Goicoechea et al., 2016) is a clade composed of three families distributed in the Neotropics (Fig. 1). *Teiidae* (172 species) is a conspicuous clade in the lowlands, while *Alopoglossidae* (29 species) and *Gymnophthalmidae* (270 species) spread across the Andean highlands (Uetz et al., 2021). Evolutionary analyses established that the clade informally known as microteids, previously considered a part of *Teiidae*, is a different evolutionary unit, now accepted as *Alopoglossidae* and *Gymnophthalmidae* (Presch, 1980; 1983; Estes et al., 1988; Hoyos, 1998; Pellegrino et al., 2001; Castoe et al., 2004; Goicoechea et al., 2016).

In this clade, the species vary between the lacertiform and the serpentiform body plans observed in *Squamata*. The serpentiform body plan has been evolved with changes in

head size, body elongation (more than 27 vertebrae) and limb reduction (Gans, 1975; Presch, 1975; Pellegrino et al., 2001; Wiens & Slingluff, 2001; Grizante et al., 2012). The lacertiform body plan is observed in *Teiidae* and *Alopoglossid* species, with robust limbs, and without body elongation, which it means 26 vertebrae (Presch, 1975; Pellegrino et al., 2001; Wiens & Slingluff, 2001; Grizante et al., 2012). The serpentiform body plan is observed in *Gymnophthalmidae* with slim trunk, limb reduction, and very evident body elongation with more than 30 vertebrae (Presch, 1975; Pellegrino et al., 2001; Wiens & Slingluff, 2001; Grizante et al., 2012). Between lacertiform and serpentiform body plans there are also species with an intermedius morphology in *Gymnophthalmidae*, which exhibit 27 to 29 vertebrae (Presch, 1975; Pellegrino et al., 2001; Grizante et al., 2012).

The hypothesis from the molecular perspective yields new systematic arrangements, which constitute an invaluable basis



**Figura 1.** Relaciones filogenéticas de las familias de *Gymnophthalmoidea* (*Squamata*), con base en Goicoechea (2016).

**Figure 1.** Phylogenetic relationships within *Gymnophthalmoidea* (*Squamata*), following Goicoechea (2016).

for the analysis of morphological changes in the skeleton between body plans in an evolutionary context. Hernández-Morales et al. (2019) analyzed *Alopoglossus vallensis* and proposed characters for Alopoglossidae, highlighting the need for descriptive studies. In Gymnophthalmidae, different morphological patterns related to the evolution of the skeleton have been analyzed in adults. Pellegrino et al. (2001) proposed five possible independent origins for the evolution of the serpentiform body plan, which include skull reduction, limb reduction or loss, and body elongation. Kohlsdorf & Wagner (2006) found in *Bachia*, that the pattern of reduction involves the re-evolution of digits. Barros et al., (2011) observed that ecological factors such as microhabitat use are determinant in the evolution of skull shape in burrowing adult species in Gymnophthalmidae.

Descriptive anatomical studies of embryonic (Arias & Lobo, 2006; Hernández-Jaimes et al., 2012; Roscito & Rodrigues, 2012a, b; Lungman et al., 2019; Jerez et al., 2020) and postembryonic skeletal development are scarce in Gymnophthalmoidea, despite its wide distribution and diversity in the American continent. Postnatal development of the skull and appendicular skeleton has been described in the serpentiform gymnophthalmid *Bachia bicolor* (Tarazona et al., 2008; Jerez & Tarazona, 2009), while in the lacertiform gymnophthalmid *Potamites ecleopus* some changes were described during the postnatal skull development (Bell et al., 2003). In the lacertiform teiids, the ossification of the skeleton at hatching of *Aspidoscelis tigris* was analyzed and compared to other squamates (Maisano, 2001), and the pattern of ossification in embryonic development was described for *Tupinambis merianae* and *Tupinambis rufescens* (Arias & Lobo, 2006). Finally, Jerez et al. (2020) compared embryonic development between gimnoftalmids, alopoglossids and teiids, and they proposed that peramorphosis is responsible for body elongation and pedomorphosis for limb reduction, in the evolution of serpentiform species in this clade.

The postnatal ossification pattern from a descriptive and comparative perspective provides useful phylogenetic information, but also allows one to establish whether heterochronic changes are related to morphological patterns and to analyze the evolutionary change (Weisbecker & Nilsson, 2008; Koyabu & Son, 2014). This is relevant in Gymnophthalmoidea in which several species have evolved between large and small sizes, and exhibit transformations between the lacertiform and serpentiform body plan with body elongation and reductions in the skull and limbs (Presch, 1975; Greer, 1991; Pellegrino et al., 2001; Grizante et al., 2012). Hence, the goals of this work are to describe the ossification pattern in *Anadia bogotensis*, to compare it with two gymnophthalmids (*Riama striata* and *Bachia bicolor*)

and an alopoglossid (*Alopoglossus bicolor*), and to determine if heterochronic events of phylogenetic importance can be found in Gymnophthalmoidea based on the ossification pattern of the skeleton.

## MATERIALS AND METHODS

### Specimens

The specimens of *Anadia bogotensis* and *Riama striata* (Gymnophthalmidae) were obtained from the Colección Herpetológica of the Instituto de Ciencias Naturales (ICN) of the Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá, including only specimens from the same population (Appendix 1). For *Allopoglossus bicolor* (Alopoglossidae), we analyzed cleared and stained specimens deposited in the Colección Herpetológica of the Universidad Industrial de Santander (UIS, Bucaramanga, Colombia, Appendix 1). The developmental stage was determined according to the snout-vent length (SVL) and reproductive biology data, considering the adult stage from the moment that sexual maturity is reached. The sex was not considered as a source of variation due to the small sample size.

In the case of *A. bogotensis*, neonatal size varies from 20 to 28 mm SVL, and sexual maturity is reached at 40 mm SVL (Jerez & Calderón-Espinosa, 2014). The series was obtained from twelve specimens (Appendix 1): three neonates (SVL: 22.33 mm, 23.86 mm, and 26.46 mm); two juveniles (SVL: 31.36 mm and 36.55 mm); and seven adults (SVL: 42.53 mm, 48.63 mm, 50 mm, 50.36 mm, 52.6 mm, 58.23 mm, and 62.67 mm). For *R. striata* the neonatal size is 28 mm and sexual maturity is reached at 46 mm SVL in females and 50 mm SVL in males (Méndez-Galeano & Pinto-Erazo, 2018). The ontogenetic series was obtained from six individuals (Appendix 1): two neonates (SVL: 28 mm and 28.85 mm); a single juvenile (SVL: 38.7 mm); and three adults (SVL: 52.63 mm, 58.02 mm, and 66.2 mm). The specimens were cleared and bone and cartilage differentially stained with Alcian Blue and Alizarin, following the protocol proposed by Wassersug (1976). For *A. bicolor* (Alopoglossidae), neonatal size is 23.8 mm SVL, and females and males reach sexual maturity between 46.2 mm and 44 mm SVL, respectively (Ramos-Pallares et al., 2010). According to the available collection material, the series included (Appendix 1): two neonates, one complete (SVL: 23.8 mm, cranium and postcranium) and one without a skull (20.2 mm BL: body length); three juveniles, one complete (SVL: 30.24 mm) and two without limbs (SVL: 43.88 mm and 44.28 mm); and seven adults, three complete (SVL: 50.24 mm, 51.92 mm, and 56.24 mm), two without limbs (SVL: 51.46 mm and 60.28 mm) and two without a skull (SVL: 54.4 mm and 55.12 mm).

## Pattern of ossification

We described the pattern of ossification for the gimnoftalmids *Anadia bogotensis* and *Riama striata* and the alopoglossid *Allopoglossus bicolor* during postembryonic development. The nomenclature of bone elements and ossification pattern description of the skull is based on Bellairs & Kamal (1981) and Evans (2008), and the appendicular elements are based on Fabrezi et al. (2007) and Krause (1989). The ossification patterns are based on Maisano (2002a, b, c), including the ossification of epiphyseal cartilages from secondary centers (SCs), the basipodial element from ossification centers (OCs), and the differentiation of apophyseal ossifications. The epiphyseal cartilages are ossified and fusing with the diaphyses when the sutures are present, and the fusion between epiphyses and diaphyses is complete when the sutures disappear. Finally, we followed Jerez et al. (2010) to identify sesamoids. The skeletal ossification pattern of the most complete series of *A. bogotensis* were described from neonates to the largest adult in the population. Then, differences in the ossification pattern of *R. striata* and *A. bicolor* were contrasted (with the ones of *A. bogotensis*).

## Ossification sequences

For interspecific comparisons of ossification sequences in postembryonic development we made a rank analysis (Nunn & Smith, 1998; Smith, 2001; Germain & Laurin, 2009; Keyte & Smith, 2010). The ossification sequences were established for *A. bogotensis*, *R. striata* and *A. bicolor* on the pattern of ossification for each species. We included the gimnoftalmid *Bachia bicolor* following the literature (Tarazona et al., 2008; Jerez & Tarazona, 2009).

For the rank analysis, the following events in the skull were taken into account. For the dermatocranium, the presence and closure of the frontoparietal fontanelle. For the basicranium, initially, the ossification of all elements of basicranium but separated by synchondroses; then, the fusion of bony elements of the basicranium, with the presence of basicranial sutures; and finally, the complete fusion of all bony elements of the braincase, such that the sutures are no longer discernible. Finally, the presence and closure of the basicranial fenestra between basioccipital and sphenoid.

For the limbs, we considered the following events. In the epiphyseal cartilages, initially, the appearance of SCs; then, the complete ossification of epiphyseal cartilages but with suture with the diaphyses; and finally, the complete fusion between epiphyses and diaphyses, when the sutures are no longer discernible; in the case of the phalanges, only the proximal phalanges were included. For the carpal and tarsal elements,

initially the presence of OCs and later their complete ossification. For the astragalus and calcaneum, the presence of OCs, the fusion with perceptible suture, and their complete fusion.

In the rank analysis, the events that ossify at the same time in the sequence are denominated as the same rank in the ossification sequence (Nunn & Smith, 1998; Smith, 2001; Germain & Laurin, 2009; Keyte & Smith, 2010). We identified which ranks present greater interspecific variation within the sequences through a rank analysis using a standardized matrix (Germain & Laurin, 2009) to homogenize events into sequences.

## Heterochronic analysis

Finally, to identify heterochronic events within *Gymnophthalmoidea*, we used the pattern of ossification of neonates of alopoglossid *A. bicolor*, the gimnoftalmids *A. bogotensis*, *R. striata*, and *B. bicolor*. We included the gimnoftalmid *Potamites ecpleopus* and the teiid *Aspidocelis tigris* following Maisano (2001). We performed Parsimov analysis and based genetic inference analysis (Nunn & Smith, 1998; Smith, 2001; Jeffery et al., 2002; Smith, 2001; Keyte & Smith, 2010; Hautier et al., 2013). A pruned phylogenetic tree with the species analyzed was generated from the phylogeny established by Goicoechea et al. (2016).

Then, heterochronic events were identified using the neonatal ossification state for three families of *Gymnophthalmoidea* (Alopoglossidae, Teiidae and *Gymnophthalmidae*). For this analysis the following ossification events were included, for the skull: a) the fusion with suture between supraoccipital and exoccipital, supraoccipital and prootic, otooccipital and basioccipital; b) complete fusion between exoccipital and opisthotic to form the otooccipital, an event which is generally observed in *Squamata* neonates (Maisano, 2001). For the appendicular skeleton, the considered events were: a) the presence of secondary ossification centers in all the epiphyses; b) the presence of ossification centers in the carpus; c) the fusion of astragalus and calcaneum but the suture is still discernible.

## RESULTS

### Description of the ossification pattern of the skeleton

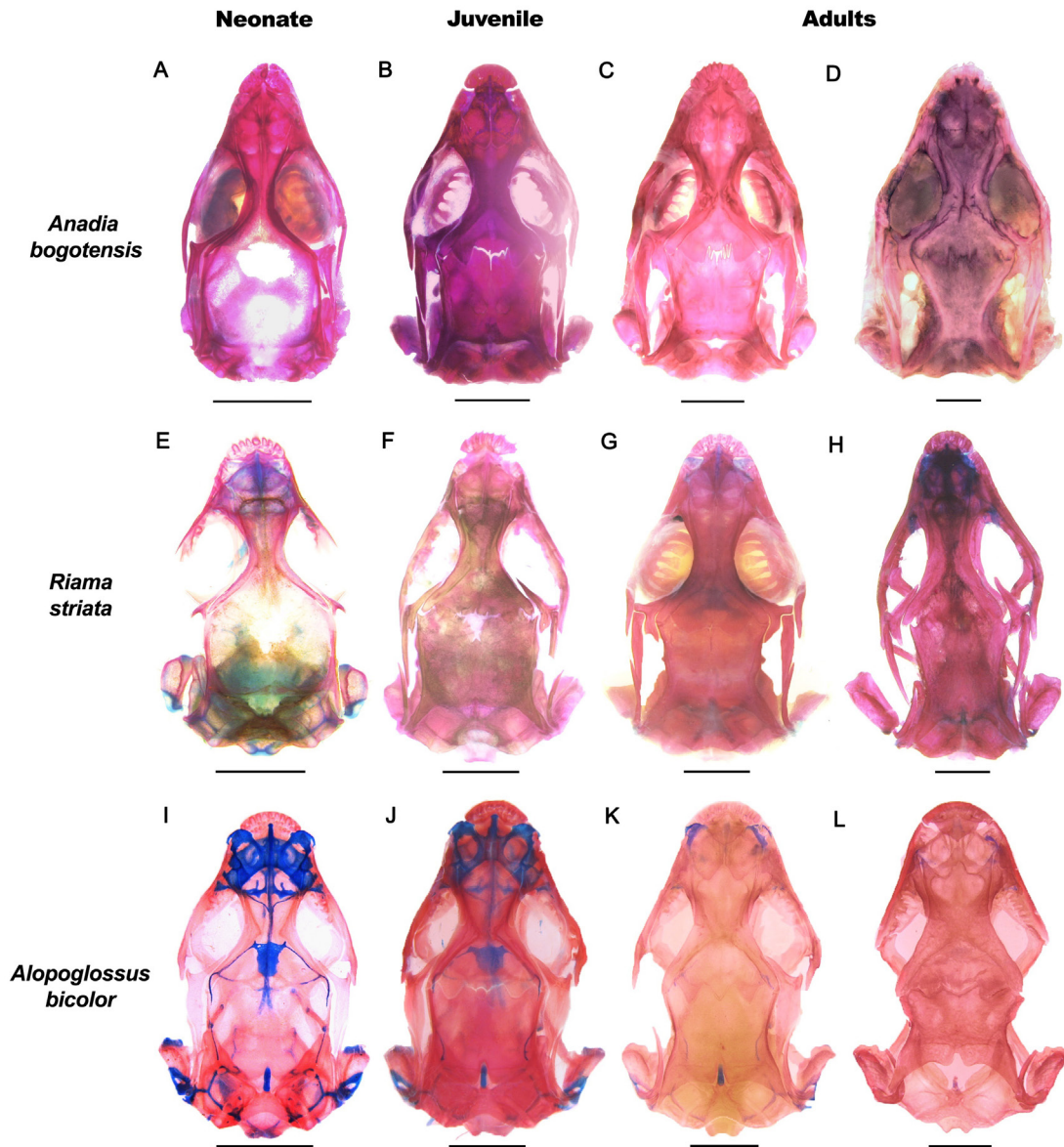
The descriptions are organized as follows: skull, vertebral column, pectoral girdle and sternum complex, forelimb, pelvic girdle, and hindlimb.

**Skull in *A. bogotensis*:** In neonates, all dermatocranium elements are fully ossified except for frontal and parietal, since just the lateral margins are present, forming the frontoparietal



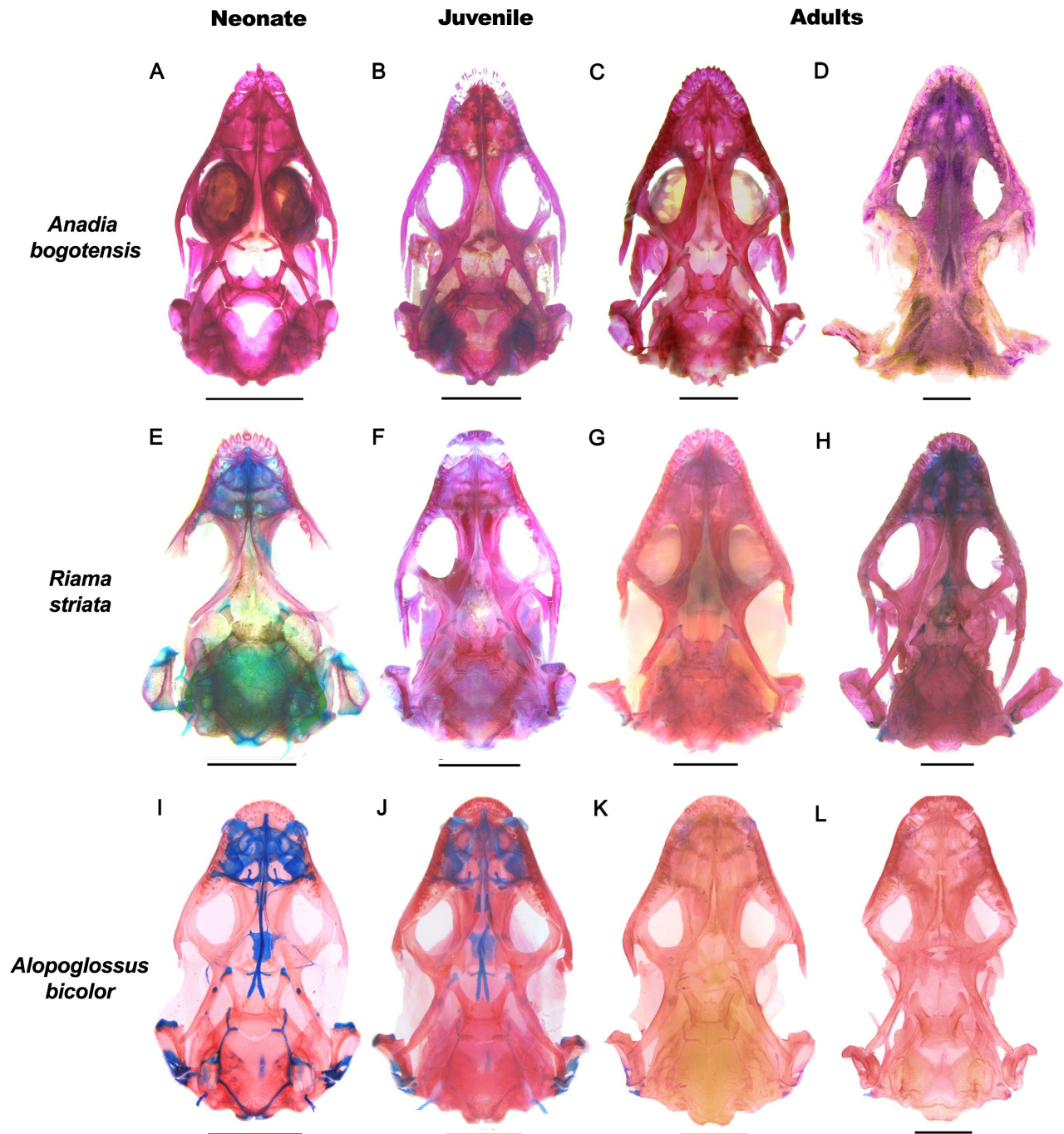
fontanelle (Fig. 2A). Ventrally, the chondrocranium is ossified, and the sphenoid, prootic, opisthotic, and exoccipital are present, but they are separated by chondral sutures; except for the basioccipital and sphenoid which have not been completely ossified and the basicranial fenestra is present between them (Fig. 3A).

In the juvenile stage, the size of the frontoparietal fontanelle and basicranial fenestra is reduced (Fig. 2B, 3B). By 36.55 mm SVL, the frontal begins to develop the frontoparietal tabs (Fig. 2B, C); in the basicranium, the exoccipital with opisthotic and supraoccipital with exoccipital are fusing (Fig. 3B, C).



**Figura 2.** Secuencia de osificación postnatal del cráneo en vista dorsal, en tres especies de *Gymnophthalmoidea*. *Anadia bogotensis*: neonato (A, 22.86 mm SVL); juvenil (B, 36.55 mm SVL); y adultos (C, 50.0 mm SVL; D, 62.67 mm SVL). *Riama striata*: neonato (E, 28 mm SVL); juvenil (F, 38.7 mm SVL); y adultos (G, 52.63 mm SVL; H, 66.20 mm SVL). *Alopoglossus bicolor*: neonato (I, 23.8 mm SVL); juvenil (J, 44.28 mm SVL); y adultos (K, 50.24 mm SVL; L, 60.28 mm SVL). Barra de escala: 2 mm.

**Figure 2.** Sequence of postnatal ossification of dorsal skull in three species of *Gymnophthalmoidea*. *Anadia bogotensis*: neonate (A, 22.86 mm SVL); juvenile (B, 36.55 mm SVL); and adults (C, 50.0 mm SVL; D, 62.67 mm SVL). *Riama striata*: neonate (E, 28 mm SVL); juvenile (F, 38.7 mm SVL); and adults (G, 52.63 mm SVL; H, 66.20 mm SVL). *Alopoglossus bicolor*: neonate (I, 23.8 mm SVL); juvenile (J, 44.28 mm SVL); and adults (K, 50.24 mm SVL; L, 60.28 mm SVL). Scale bar: 2 mm.



**Figura 3.** Secuencia de osificación postnatal del cráneo en vista ventral en tres especies de *Gymnophthalmoidea*. *Anadia bogotensis*: neonato (A, 22.86 mm SVL); juvenil (B, 36.55 mm SVL); y adultos (C, 50.0 mm SVL; D, 62.67 mm SVL). *Riama striata*: neonato (E, 28 mm SVL); juvenil (F, 38.7 mm SVL); y adultos (G, 52.63 mm SVL; H, 66.20 mm SVL). *Alopoglossus bicolor*: neonato (I, 23.8 mm SVL); juvenil (J, 44.28 mm SVL); y adultos (K, 50.24 mm SVL; L, 60.28 mm SVL). Barra de escala: 2 mm.

**Figure 3.** Sequence of postnatal ossification of ventral skull in three species of *Gymnophthalmoidea*. *Anadia bogotensis*: neonate (A, 22.86 mm SVL); juvenile (B, 36.55 mm SVL); and adults (C, 50.0 mm SVL; D, 62.67 mm SVL). *Riama striata*: neonate (E, 28 mm SVL); juvenile (F, 38.7 mm SVL); and adults (G, 52.63 mm SVL; H, 66.20 mm SVL). *Alopoglossus bicolor*: neonate (I, 23.8 mm SVL); juvenile (J, 44.28 mm SVL); and adults (K, 50.24 mm SVL; L, 60.28 mm SVL). Scale bar: 2 mm.

In adult stage, by 42.53 mm SVL, the opisthotic and exoccipital fuse completely to form the otooccipital, and these are fusing with the basioccipital and the prootic. By 48.63 mm SVL, the frontal and parietal are completely differentiated, the frontoparietal fontanelle is closed, the frontoparietal suture is present, and the frontoparietal tabs are well-developed (Fig. 2D). By 50 mm SVL, the otooccipital and basioccipital are fused, while the sphenoid and prootic are fusing. The basicranial fenestra is notably reduced by 50.36 mm SVL and completely closed by 52.60 mm SVL, in which all the elements of the basicranium are fused forming the otico-occipital complex (Fig. 3D).

**Skull in *R. striata*:** The neonates exhibit all dermatocranium elements ossified with the frontoparietal fontanelle present; the frontal and parietal ossification is complete by 66.20 mm SVL, and the fontanelle is closed (Fig. 2E-H). All elements of the basicranium are ossified, but the basicranial fenestra is open until adult stage, and it closes when it reaches 66.20 mm SVL (Fig. 3E-H). In the juvenile stage (38.7 mm SVL), supraoccipital, exoccipital, opisthotic, and basioccipital are fusing. The prootic, opisthotic, and sphenoid are fusing by 52.63 mm SVL in the adult stage. The fusion of the exoccipital with the opisthotic forming the otooccipital is observed by 52.63 mm SVL. Fusion of otooccipital, supraoccipital and basioccipital, and prootic and sphenoid occurs by 58.02 mm SVL. By 66.20 mm SVL, the fusion of the prootic with the otooccipital is observed.

**Skull in *A. bicolor*:** Dermatocranium is ossified in neonates, the frontoparietal fontanelle is open, and its closure occurs in adults by 51.46 mm SVL (Fig. 2I-L). The basicranium shows ossified elements; the basicranial fenestra is open, but it closes in the adult by 56.24 mm SVL (Fig. 3I-L). In the adult stage, the exoccipital and opisthotic are fusing by 44.28 mm SVL, and they are fused by 50.24 mm SVL forming the otooccipital; the otooccipital and basioccipital, and the prootic and sphenoid are fusing by 50.24 mm SVL; and the supraoccipital, otooccipital, and prootic by 51.46 mm SVL. Finally, the complete fusion of these elements is observed in the adult of 51.92 mm SVL.

**Vertebral column in *A. bogotensis*:** Neonates exhibit ossified vertebral centra, but neural arches are cartilaginous. Cervical ribs and dorsal ribs are ossified with cartilaginous distal ends; while sternal ribs exhibit the vertebrocostal segment ossified, and the intercostal segment ossifying. In the juvenile stage, the neural arches begin to ossify. Finally, the neural arches are completely ossified in the adult of 42.53 mm SVL and all ribs by 48.63 mm SVL.

**Vertebral column in *R. striata* and *A. bicolor*:** The neural

arches are completely ossified in adults of 58.02 mm SVL in *R. striata* and 54.4 mm SVL in *A. bicolor*. The complete ossification of the ribs is observed in the adult of 52.63 mm SVL in *R. striata* and 54.4 mm SVL in *A. bicolor*.

**Pectoral girdle in *A. bogotensis*:** The unpaired element of dermal origin, clavicle, and interclavicle are well differentiated in neonates. The chondral elements like coracoid and scapula are completely ossified, but the epicoracoid and suprascapula are cartilaginous, while the pre-sternum and meso-sternum begin to calcify. At the juvenile stage, calcification increases in the epicoracoid, pre-sternum and meso-sternum, which at 50 mm in the adult stage are completely calcified, and the coracoid and scapula are fused.

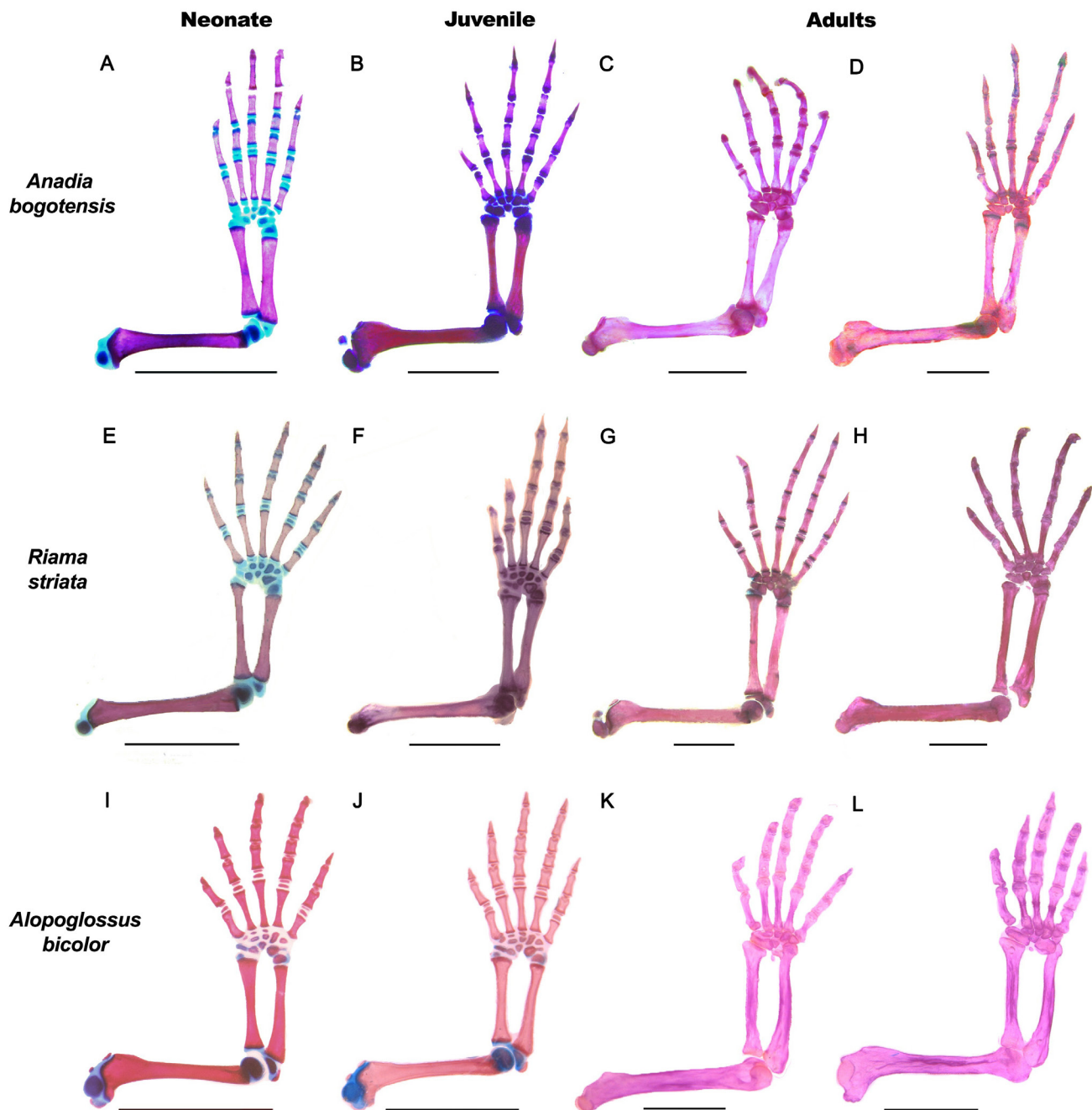
**Pectoral-sternum girdle complex in *R. striata* and *A. bicolor*:** The complete calcification of the pre-sternum and meso-sternum, and the fusion of the scapula and coracoid occurs in adults at 52.63 mm SVL in *R. striata*, and 51.92 mm SVL in *A. bicolor*.

**Forelimb in *A. bogotensis*:** In the neonatal stage, all diaphyses are well ossified and SCs are present in the humeral, ulnar, distal metacarpal, and proximal phalangeal epiphyseal cartilages (Fig. 4a). Additionally, OCs are observed in carpal elements, except for distal carpal 1 (Fig. 4A). The pisiform and the palmar sesamoids are cartilaginous nodules, but the distal phalangeal sesamoids are ossifying (Table 1).

At juvenile stage, a SC is present in proximal metacarpal epiphyseal cartilages and an OC in distal carpal 1 by 36.55 mm SVL (Fig. 4B). The cartilaginous sesamoid located between proximal radial and ulnar epiphysis is observed and the ulnar patella is ossifying (Table 1). At this stage, the apophyseal ossifications begin to develop (Table 2).

In adults, by 42.53 mm SVL all carpals are completely ossified (Fig. 4C-D). Sutures are present between ossified epiphyses and diaphyses of the humerus, radius, ulna, and proximal metacarpals by 48.63 mm SVL, while in the distal metacarpals the suture is present at 50 mm SVL and in the proximal phalanges by 50.36 mm SVL. In the adult of 52.60 mm SVL, the proximal humeral epiphysis fuses completely to the diaphysis. No changes were recorded in larger individuals analyzed, and there is no complete fusion of epiphyses of the zeugopodium (radius, ulna) and autopodium (metacarpals, phalanges).

Other sesamoids continue to develop in adults, and they ossify



**Figura 4.** Secuencia de osificación postnatal de la extremidad anterior en tres especies de *Gymnophthalmoidea*. *Anadia bogotensis*: neonato (A, 22.23 mm SVL); juvenil (B, 36.55 mm SVL); y adultos (C, 50.36 mm SVL; D, 62.67 mm SVL). *Riama striata*: neonato (E, 28.85 mm SVL); juvenil (F, 38.7 mm SVL); y adultos (G, 52.63 mm SVL; H, 66.20 mm SVL). *Alopoglossus bicolor*: neonato (I, 20.22 mm SVL); juvenil (J, 30.24 mm SVL); y adultos (K, 51.92 mm SVL; L, 54.4 mm SVL). Barra de escala: 2 mm.

**Figure 4.** Sequence of postnatal ossification of forelimb in three species of *Gymnophthalmoidea*. *Anadia bogotensis*: neonate (A, 22.23 mm SVL); juvenile (B, 36.55 mm SVL); and adults (C, 50.36 mm SVL; D, 62.67 mm SVL). *Riama striata*: neonate (E, 28.85 mm SVL); juvenile (F, 38.7 mm SVL); and adults (G, 52.63 mm SVL; H, 66.20 mm SVL). *Alopoglossus bicolor*: neonate (I, 20.22 mm SVL); juvenile (J, 30.24 mm SVL); and adults (K, 51.92 mm SVL; L, 54.4 mm SVL). Scale bar: 2 mm.

**Tabla 1.** Distribución de los sesamoides en *Anadia bogotensis*, *Riama striata* and *Alopoglossus bicolor* durante la ontogenia, en los estados neonato (N), juvenil (J) y adulto (A) y en diferentes tamaños (SVL, mm, excepto en el neonato de *A. bicolor* que corresponde a BL).

**Table 1.** Distribution of the sesamoids in *Anadia bogotensis*, *Riama striata* and *Alopoglossus bicolor* during ontogeny, including neonate (N), juvenile (J) and adult (A) stages, and specimen size (SVL, mm, except in the neonate of *A. bicolor*, which corresponds to BL).

Sesamoids	<i>A. bogotensis</i>					<i>R. striata</i>				<i>A. bicolor</i>		
	N	J	A		N	J	A		N	J	A	
	26.46	36.55	42.53	48.63	50	28	38.7	52.63	58	20.2	30.24	51.92
Pisiform	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Distal phalangeal sesamoids in manus and pes	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Tibial lunula	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Palmar sesamoid	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Plantar sesamoid	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Ulnar patella	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Post-axial ligament sesamoid (fabella)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Tibial patella	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Parafibula		x	x	x	x		x	x	x		x	x
Dorsal pre-axial tibio femoral lunula			x	x	x		x	x	x		x	x
Ventral pre-axial tarsal sesamoid				x	x		x	x	x		x	x
Dorsal pre-axial tibio femoral lunula			x	x	x							
Sesamoid ventral to the distal femoral epiphysis		x	x	x	x							
Sesamoid dorsal to the proximal radial epiphysis		x	x	x	x							
Sesamoid dorsal located between distal tarsal IV and metatarsal IV		x	x	x	x							
Sesamoid ventral to the proximal radial epiphysis			x	x	x							
Sesamoid dorsal to the articulation of radiale with metacarpal I				x	x							
Sesamoid between distal ulnar and radial epiphyses					x							x
Sesamoid anterior to the pisiform					x				x			
Sesamoid ventral to the articulation of the proximal tarsal and metatarsal I									x			
Ventral pre-axial tibio femoral lunula									x			
Sesamoid dorsal to the proximal radial epiphysis									x			

**Tabla 1 (cont.).** Distribución de los sesamoides en *Anadia bogotensis*, *Riama striata* and *Alopoglossus bicolor* durante la ontogenia, en los estados neonato (N), juvenil (J) y adulto (A) y en diferentes tamaños (SVL, mm, excepto en el neonato de *A. bicolor* que corresponde a BL).

**Table 1 (cont.).** Distribution of the sesamoids in *Anadia bogotensis*, *Riama striata* and *Alopoglossus bicolor* during ontogeny, including neonate (N), juvenile (J) and adult (A) stages, and specimen size (SVL, mm, except in the neonate of *A. bicolor*, which corresponds to BL).

Sesamoids	<i>A. bogotensis</i>					<i>R. striata</i>				<i>A. bicolor</i>			
	N	J	A			N	J	A		N	J	A	
	26.46	36.55	42.53	48.63	50	28	38.7	52.63	58	20.2	30.24	51.92	
Sesamoid lateral and distal to the distal epiphysis of metatarsal V													x
Sesamoid located between proximal radial and ulnar epiphysis													x
Sesamoid dorsal to the articulation of ulnare with metacarpal IV													x
Ventral ligament sesamoid (in the ligaments ventral to the knee)													x

by 50 mm SVL (Table 1). Apophyseal ossifications are observed in the adult of 42.53 mm SVL, but in individuals of 50 mm SVL they are completely fused (Table 2).

**Forelimb in *R. striata*:** The 28.85 mm SVL neonate presents SCs in the humeral, ulnar, metacarpals II and III and proximal phalangeal epiphyseal cartilages, and OCs in the carpal elements, except the distal carpal 1 (Fig. 4E). In the 38.7 mm SVL juvenile, SCs appear on distal radial and proximal metacarpal I epiphyseal cartilages (Fig. 4F). In adult stage, by 52.63 mm SVL, the SC of the proximal radial epiphyseal cartilage and the OC in distal carpal 1 are present, and the proximal humeral, metacarpals, and phalangeal epiphyseal cartilages are completely ossified with epiphyseal sutures (Fig. 4G). By 58.02 mm SVL, epiphyseal suture in radius, ulna, and distal humerus are visible, and the fusion is complete in the proximal epiphysis of the humerus and metacarpals I, II, III. By 66.2 mm SVL, fusion of the distal epiphysis of the ulna and all the epiphyses of the metacarpals is complete. Some epiphyses do not completely fuse in the zeugopodium (radius and ulnar proximal epiphysis) and autopodium (phalanges, Fig. 4H). *R. striata* develops six sesamoids from neonate to adult (Table 1); the apophyseal ossifications are observed between the juvenile of 38.7 mm SVL and the adult of 52.63 mm SVL (Table 2).

**Forelimb in *A. bicolor*:** Neonate (20.2 mm BL) exhibits SCs in all the epiphyses of the limb, except for the proximal radius and the proximal metacarpals V (Fig. 4I). Distal carpal 1 is the

only one that does not exhibit an OC in the carpus. In adult stage, epiphyseal sutures are present in the humerus, radius, ulna, distal metacarpal, and proximal phalangeal by 50.24 mm SVL but also, in this same specimen, the fusion of the proximal metacarpals epiphyses and complete carpal ossification are evident. Subsequently, by 51.92 mm SVL the epiphyses and diaphyses of the forelimb are completely fused except the radius, which is completed by 54.4 mm SVL in the distal epiphyses and by 56.24 mm SVL in the proximal ones (Fig. 4K, L). *A. bicolor* exhibits sesamoids that develop between the neonate and the adult (Table 1). Apophyseal ossifications occur in the juvenile by 30.24 mm SVL and the adult by 50.24 mm SVL (Table 2), which fuse completely above this size.

**Pelvic girdle *A. bogotensis*:** Neonate (26.46 mm SVL) presents the ischium and pubis fully ossified but not fused. Ischiatic symphysis presents endochondral ossification, while epipubis, ischiatic process, and the distal tip of the ilium are chondral, and the ossification begins in juveniles. In adults, the fusion between pubis, ischium, and ilium is observed by 58.23 mm SVL.

**Pelvic girdle in *R. striata* and *A. bicolor*:** In *R. striata*, pubis, ischium, and ilium are completely fused at 58.02 mm SVL. In *A. bicolor* the epipubis and ischiatic symphysis begin to ossify in the neonate by 20.2 mm BL, and pelvic bones are fused by 50.24 mm SVL.

**Tabla 2.** Osificaciones apofisiarias en *Anadia bogotensis*, *Riama striata* y *Alopoglossus bicolor* durante la ontogenia, en los estados neonato (N), juvenil (J) y adulto (A) en diferentes tamaños (SVL, mm).

**Table 2.** Apophyseal ossifications in *Anadia bogotensis*, *Riama striata* and *Alopoglossus bicolor* during ontogeny, including neonate (N), juvenile (J) and adult (A) stages, and specimen size (SVL, mm).

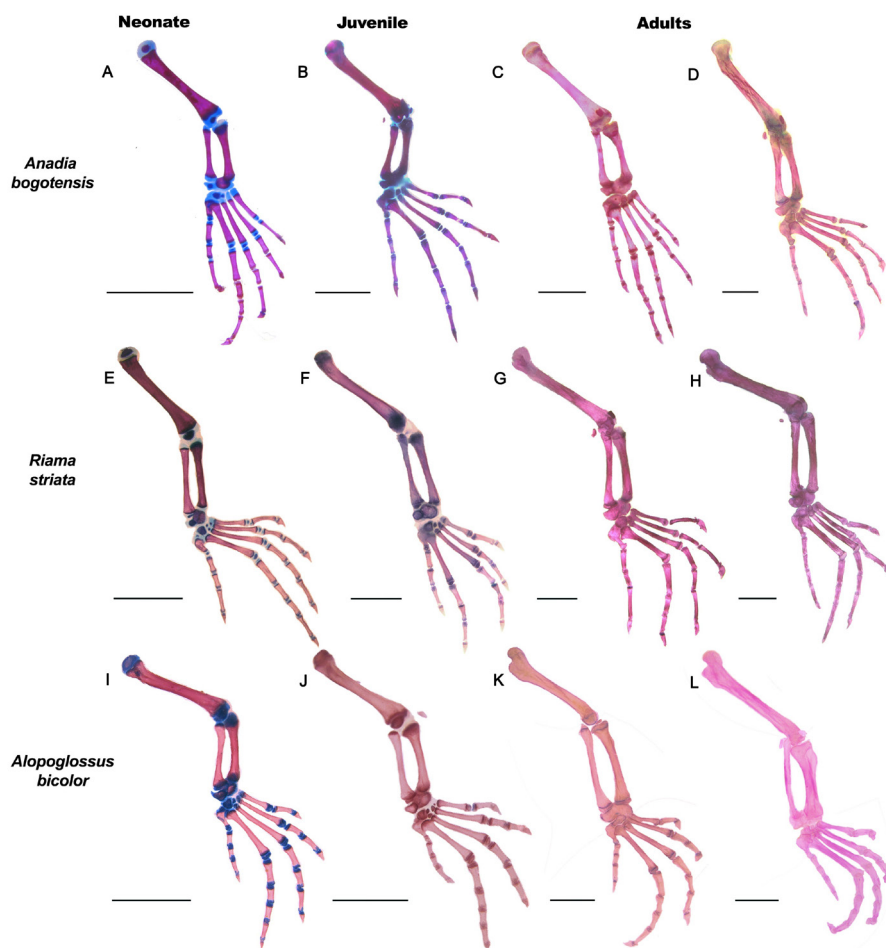
Apophyseal ossifications	<i>A. bogotensis</i>		<i>R. striata</i>		<i>A. bicolor</i>	
	J	A	J	A	J	A
	36.55	42.5	38.7	52.63	30.24	50.24
On the preaxial edge of the proximal humeral epiphyseal cartilage	x	x	x	x	x	
On the postaxial edge of the proximal humeral epiphyseal cartilage	x	x	x	x	x	
On the preaxial edge of the distal ulnar epiphyseal cartilage	x	x	x		x	
On the postaxial edge of the distal ulnar epiphyseal cartilage	x	x				
On the postaxial edge of the distal metacarpal V epiphyseal cartilage	x	x				x
On the preaxial edge of the distal femoral epiphyseal cartilage	x	x		x		x
On the postaxial edge of the proximal fibular epiphyseal cartilage	x	x				
On the postaxial edge of the distal fibular epiphyseal cartilage	x	x				
On the postaxial edge of the proximal metacarpal V epiphyseal cartilage	x	x				
On the dorsal central aspect of the proximal humeral epiphyseal cartilage		x	x		x	
On the dorsal aspect near to preaxial edge of the distal humeral epiphyseal cartilage		x	x	x	x	
On the dorsal aspect near to postaxial edge of the distal humeral epiphyseal cartilage		x	x	x	x	
On the preaxial edge of the distal radial epiphyseal cartilage		x			x	x
On the postaxial edge of the proximal metacarpal IV epiphyseal cartilage		x				
On the postaxial edge of the distal femoral epiphyseal cartilage		x	x	x		x
On the preaxial edge of the proximal fibular epiphyseal cartilage		x			x	
On the preaxial edge of the distal tibial epiphyseal cartilage		x			x	
On the postaxial edge of the proximal ulnar epiphyseal cartilage					x	
On the preaxial edge of the proximal radial epiphyseal cartilage			x			
On the postaxial edge of the distal metacarpal I epiphyseal cartilage			x			
On the ventral aspect of the radiale					x	
On the postaxial edge of the proximal femoral epiphyseal cartilage				x	x	
On the preaxial edge of the proximal femoral epiphyseal cartilage				x	x	

**Hindlimb in *A. bogotensis*:** In neonates, the diaphyses are ossified, and the femoral, distal metatarsal, and phalangeal epiphyseal cartilages exhibit SCs (Fig. 5A). Likewise, the astragalus, calcaneum and distal tarsal 3 and 4 present OCs (Fig. 5A). There are three sesamoids, plantar sesamoids (26.5 mm SVL) and tibial lunula (22.8 mm SVL) present as cartilaginous nodules, and the distal phalangeal sesamoids (22.8 mm SVL) are in the process of ossification (Table 1).

The juvenile, by 36.55 mm SVL, exhibits SCs in the distal fibular and proximal metatarsal epiphyseal cartilages (Fig. 5B). The proximal tibial epiphysis is fully ossified, and the suture

with the diaphysis is observed; in the tarsus, the astragalus and calcaneum are ossified with a suture between them. Other sesamoids are present in ossification (Table 1), and apophyseal ossifications begin to be observed (Table 2).

In the adult stage, by 42.53 mm SVL, the proximal fibular and distal tibial epiphyseal cartilages exhibit SCs. By 48.63 mm SVL, the proximal femoral, distal tibial, and metatarsals epiphyses are fusing with the diaphyses, and fusion of the astragalus and calcaneum is complete. While the fibular, the distal femoral, the metatarsals, and the proximal phalangeal epiphyses are fusing by 50 mm SVL, the distal tarsals 3 and 4 are completely ossified



**Figura 5.** Secuencia de osificación postnatal de la extremidad posterior en tres especies de *Gymnophthalmoidea*. *Anadia bogotensis*: neonato (A, 22.23 mm SVL); juvenil (B, 36.55 mm SVL); y adultos (C, 50.36 mm SVL; D, 62.67 mm SVL). *Riama striata*: neonato (E, 28.85 mm SVL); juvenil (F, 38.7 mm SVL); y adultos (G, 58.02 mm SVL; H, 66.20 mm SVL). *Alopoglossus bicolor*: neonato (I, 20.22 mm BL); juvenil (J, 30.24 mm SVL); y adultos (K, 50.24 mm SVL; L, 55.12 mm SVL). Barra de escala: 2 mm.

**Figure 5.** Sequence of postnatal ossification of hindlimb in three species of *Gymnophthalmoidea*. *Anadia bogotensis*: neonate (A, 22.23 mm SVL); juvenile (B, 36.55 mm SVL); and adults (C, 50.36 mm SVL; D, 62.67 mm SVL). *Riama striata*: neonate (E, 28.85 mm SVL); juvenile (F, 38.7 mm SVL); and adults (G, 58.02 mm SVL; H, 66.20 mm SVL). *Alopoglossus bicolor*: neonate (I, 20.22 mm BL); juvenile (J, 30.24 mm SVL); and adults (K, 50.24 mm SVL; L, 55.12 mm SVL). Scale bar: 2 mm.



(Fig. 5C). By 58.23 mm SVL, the proximal femoral, metatarsals, and phalangeal I-II epiphyses are fused with diaphyses. The rest of the elements remain with suture, even in the largest individual analyzed at 62.67 mm SVL (Fig. 5D). Other ossified sesamoids develop in adults between 42.5 mm to 50 mm SVL (Table 1). The apophyseal ossifications are observed in the adult of 42.53 mm SVL, and they are fused by 50.36 mm SVL (Table 2).

**Hindlimb in *R. striata*:** In the neonate, the SCs are present in the distal fibular, metatarsal, and proximal phalangeal epiphyseal cartilages by 28 mm SVL (Fig. 5E); in this stage, all tarsal elements present OCs. The juvenile (38.7 mm SVL) exhibit SCs in the distal tibial and the proximal metatarsal I epiphyseal cartilages (Fig. 5F). In the adult of 52.63 mm SVL, the proximal tibial and fibular epiphyseal cartilages present SCs, and the proximal tarsal elements are fused with a suture between them. By 58.02 mm SVL, the complete ossification with suture is observed in the distal femoral, tibial, fibular, metatarsal, and proximal phalangeal epiphyses (Fig. 5G). The complete fusion of the proximal femoral and metatarsals epiphyses, and astragalus with calcaneum is observed by 58.02 mm SVL. By 66.20 mm SVL, complete fusion of phalangeal proximal epiphyses is evident (Fig. 5H). The sesamoids are observed from the neonate and continuing their development during ontogeny (Table 1). Apophyseal ossifications were observed between juveniles by 38.7 mm SVL and adults by 52.63 mm SVL (Table 2).

**Hindlimb in *A. bicolor*:** Neonate by 20.22 mm SVL presents SCs in all epiphyseal cartilages except in the proximal fibula, distal tibia, and proximal metatarsals I, II, IV (Fig. 5I). At the adult stage, 50.24 mm SVL, the complete ossification, and suture are observed in the epiphyses of the femur, tibia, fibula, metatarsals, and proximal phalanges. Ossification of the tarsal elements and complete fusion of the astragalus and calcaneum are also noticed (Fig. 5K). By 51.92 mm SVL, the fusion is complete in metatarsal, proximal femur, and phalangeal epiphyses, while the fusion in the other epiphyses occurs by 54.4 mm SVL (Fig. 5J). The development of sesamoids is observed from neonates to adults (Table 1). The apophyseal ossifications are observed between 30.24 mm SVL and 50.24 mm SVL and, after this size, they fuse and are no longer observed (Table 2).

### Ossification sequences and rank analysis

Ossification sequences of skull and limbs were established in four species as shown in Table 3. In total, 88 events were analyzed in total: 21 for skull, 35 for forelimb, and 32 for hindlimb. The variation in the ranges of all skeletal elements of the four analyzed species is shown in figure 6.

For the dermatocranium, the development of the cranial roof involves the complete differentiation of the frontal and parietal with the closure of the frontoparietal fontanelle. This occurs in small to medium-sized adults of the analyzed species after sexual maturity is reached (Fig. 6, Fr-co, P-co). For the chondrocranium, the onset of fusion of bony elements, when the suture is present, occurs in juveniles (Fig. 6, Ot Fs, So+Eo Fs, Ot+Bo Fs, Pro+Ot Fs, Pro+Bs Fs). Finally, the complete fusion of the basicranium elements to form the otico-occipital complex occurs in large adult specimens, late into ontogeny (Fig. 6, So+Eo Fc, Pro+Ot Fc, Pro+Bs Fc, Bo+Bs Fc).

In the limbs, all species present ossified diaphyses and the significant events are related to the ossification of epiphyseal cartilages and basipodial elements. These species share events at the beginning of post-embryonic development since neonates exhibit SCs in epiphyseal cartilages (Fig. 6, p H Sc, d H Sc, p Ul Sc, d Ul Sc, d Mc Sc, p Fp Sc, p Mc Sc, p Hp Sc, p Mt Sc, d Fi Sc, p FS c) and OCs in the carpus, with the exception of distal carpal 1 (Fig. 6, r, u, i).

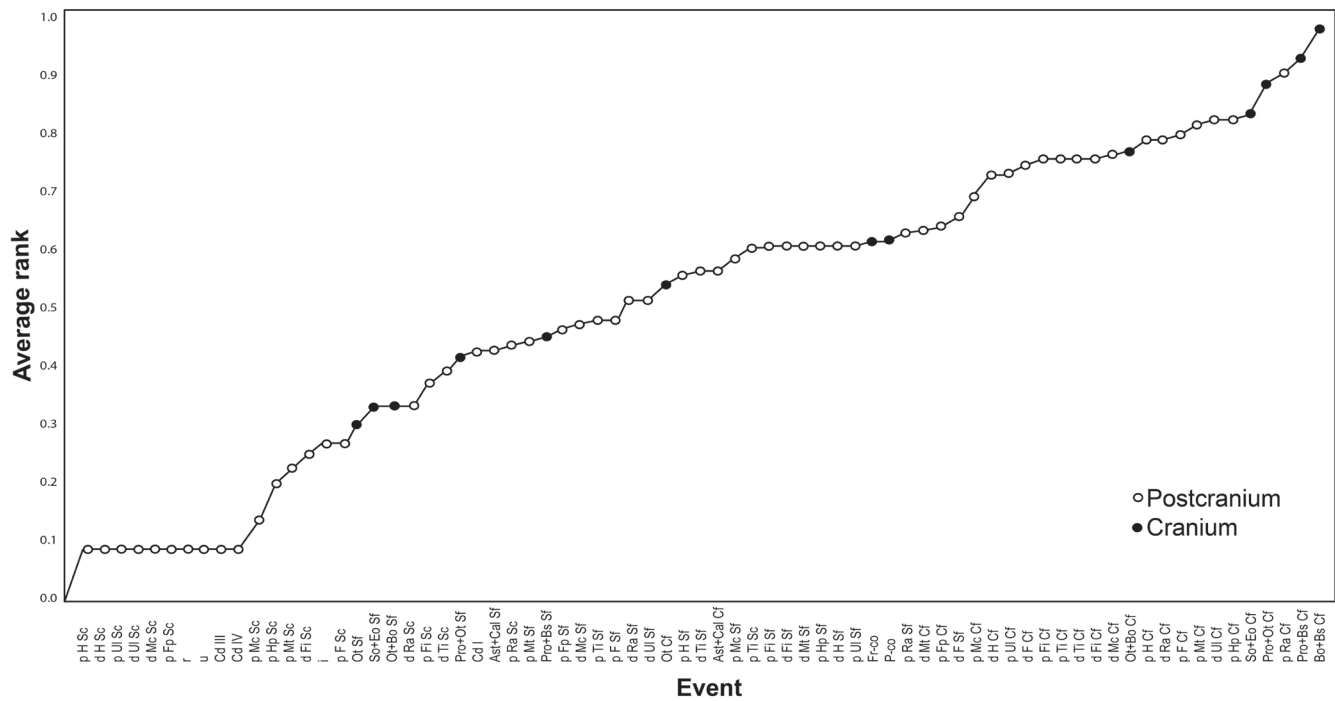
In the juvenile stage, the analyzed species shared these events: other epiphyseal cartilages develop SCs (Fig. 6, d Ra Sc, p Fi Sc, d Ti Sc, p Ra Sc); the ossification of distal carpal 1 (Fig. 6, Cd 1); the fusion with suture of calcaneus and astragalus (Fig. 6, Ast + Cal Fs); and the complete ossification of epiphyses, with a suture with the diaphyses (Fig. 6, p Mt Fs, p Fp Fs, d Mc Fs, p Ti Fs, p Ti Fs, p F Fs, d Ra Fs, d Ul Fs, p H Fs, d Ti Fs, p Mc Fs, p Ti Fs, p F Fs, d Fi Fs, d Fi Fs, d Mt Fs, p Hp Fs, d H Fs, p Ul Fs, p Ra Fs, d F Fs).

Finally, the complete fusion of epiphyses with diaphyses is observed at the end of juvenile stage and during the adult stage (Fig. 6, p Mt Fc, p Fp Fc, p Mc Fc, d H Fc, p Ul Fc, d F Fc, p Fi Fc, p Ti Fc, d Ti Fc, d Fi Fc, d Mc Fc, p H Fc, d Ra Fc, p F Fc, p Mt Fc, d Ul Fc, p Hp Fc, p Ra Fc).

### Heterochronies

Based on PGI-Parsimov analysis carried out in neonatal specimens, *Gymnophthalmidae* shares an ossification heterochronic events in which the development of SCs in radial epiphyseal cartilages occurs later than in the humeral, ulnar, metacarpal, and femoral epiphyseal cartilages, and OCs in the carpus (Fig. 7).

On the other hand, each species is characterized by a heterochronic event that constitutes autapomorphies (Fig. 7). As a result, for *A. bogotensis*, the development of SCs in the fibular epiphyseal cartilages occurs later than humeral, ulnar, metacarpal, femoral, and metatarsal epiphyseal cartilages,



**Figura 6.** Análisis de rangos de los eventos de osificación de *A. bogotensis*, *R. striata*, *A. bicolor* y *B. bicolor*. Neonatos en el extremo izquierdo de la gráfica y adultos en el extremo derecho. Abreviaciones para los eventos: Cf, fusión completa; Sc, centro secundario de osificación; Sf, fusionando con sutura presente. Abreviaciones para el cráneo: Bo, basioccipital; Bs, esfenoides; Eo, exoccipital; Fr-co, osificación completa del frontal; Fr-io, osificación incompleta del frontal; P-co, osificación completa del parietal; P-io, osificación incompleta del parietal; Pro, proótico; Ot, otoccipital; So, supraoccipital. Abreviaciones para extremidades: Ast+Cal, astrágalo y calcáneo; Cd I, II, III, IV, V, carpales distales 1-5; d, epifisis distal; H, húmero; Hp, falanges extremidades posteriores; F, fémur; Fi, fibula; Fp, falanges extremidades anteriores; i, central; Mc, metacarpales; Mt, metatarsales; p, epifisis proximal; r, radial; Ra, radio; u, ulnar; Ul, ulna; Td III, IV, tarsales distales 3 y 4; Ti, tibia. Los eventos sin p o d incluyen los dos extremos del hueso.

**Figure 6.** Ranks analysis for ossification events standardized of *A. bogotensis*, *R. striata*, *A. bicolor* and *B. bicolor*. On the left neonates, on the right adults. Abbreviations for events: Cf, complete fusion of elements; Sc, secondary center of ossification; Sf, fusing and suture present. Abbreviations for skull elements: Bo, basioccipital; Bs sphenoid; Eo, exoccipital; Fr-co, frontal complete ossification; Fr-io, frontal incomplete ossification; P-co, parietal complete ossification; P-io, parietal incomplete ossification; Pro, prootic; Ot, otoccipital; So, supraoccipital. Abbreviations for limbs elements: Ast+Cal, astragalus and calcaneum; Cd I, II, III, IV, V, distal carpals 1-5; d, distal epiphyseal cartilages; H, humerus; Hp, hindlimb phalangeal cartilages; F, femur; Fi, fibula; Fp, forelimb phalanges; i, centrale; Mc, metacarpals; Mt, metatarsals; p, proximal epiphyseal cartilages; r, radiale; Ra, radius; u, ulnare; Ul, ulna; Td 3, 4, distal tarsals III and IV; Ti, tibia. The postcranial events without p or d refers both.

and OCs in the carpal elements. In *R. striata*, the fusion with suture between astragalus and calcaneus occurs later than the fusion with suture between supraoccipital and exoccipital and the development of SCs in the tibial epiphyseal cartilage. In *B. bicolor*, the fusion between the exoccipital and opisthotic, that gives rise to the otoccipital, occurs earlier than the appearance of SCs in radial epiphyseal cartilage and the fusion with suture of the prootic with the supraoccipital and the otoccipital with the basioccipital. Finally, in *A. bicolor* the fusion with suture of the astragalus and calcaneum occurs later than the development of SCs in the radial, tibial, and fibular epiphyseal cartilages.

## DISCUSSION

The analyzed species share events of the ossification pattern, but there are differences of phylogenetic importance, as well as in heterochronic events for *Gymnophthalmidae* (Fig. 7), and therefore, this study highlights the relevance of morphological information in comparative analyses.

## Skull

In the skull, the rank analysis established that *A. bogotensis*, *R. striata*, *A. bicolor* and *B. bicolor* are similar in the development of the dermatocranium, as the frontoparietal fontanelle present

**Tabla 3.** Secuencia de osificación del esqueleto en *Anadia bogotensis*, *Riama striata*, *Bachia bicolor* y *Alopoglossus bicolor*. Abreviaciones para eventos: Cf, fusión completa; S, separados; Sc, centro secundario de osificación; Sf, fusionando y sutura presente. Abreviaciones para el cráneo: Bo, basioccipital; Bs, esfenoideas; Eo, Exoccipital; Fr-co, osificación completa del frontal; Fr-io, osificación incompleta del frontal; P-co, osificación completa del parietal; P-io, osificación incompleta del parietal; Pro, proótico; Ot, otoccipital; So, supraoccipital. Abreviaciones para extremidades: Ast+Cal, astrágalo y calcáneo; Cd I, II, III, IV, V, carpales distales 1-5; d, epifisis distal; H, húmero; Hp, falanges extremidades posteriores; F, fémur; Fi, fibula; Fp, falanges extremidades anteriores; i, central; Mc, metacarpales; Mt, metatarsales; p, epifisis proximal; r, radial; Ra, radio; u, ulnar; Ul, ulna; Td III, IV, tarsales distales 3 y 4; Ti, tibia. Los eventos sin p o d incluyen los dos extremos del hueso.

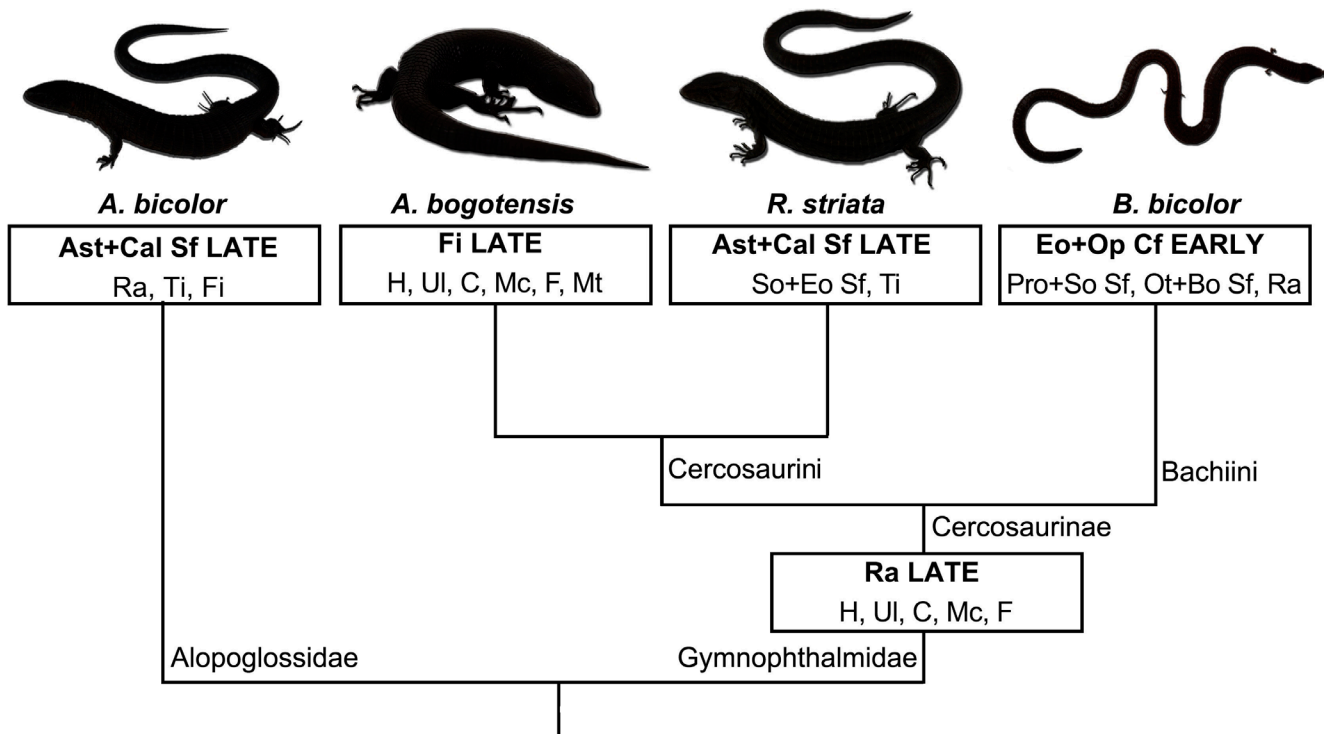
**Table 3.** Ossification sequences in the skeleton of *Anadia bogotensis*, *Riama striata*, *Bachia bicolor* and *Alopoglossus bicolor*. Abbreviations for events: Cf, complete fusion; S, separate; Sc, secondary center of ossification; Sf, fusing and suture present. Abbreviations for skull: Bo, basioccipital; Bs, sphenoid; Eo, exoccipital; Fr-co, frontal complete ossification; Fr-io, frontal incomplete ossification; P-co, parietal complete ossification; P-io, parietal incomplete ossification; Pro, prootic; Ot, otoccipital; So, supraoccipital. Abbreviations for limbs: Ast+Cal, astragalus and calcaneum; Cd I, II, III, IV, V, distal carpals 1-5; d, distal epiphyseal cartilages; H, humerus; Hp, hindlimb phalangeal cartilages; F, femur; Fi, fibula; Fp, forelimb phalanges; i, centrale; Mc, metacarpals; Mt, metatarsals; p, proximal epiphyseal cartilages; r, radiale; Ra, radius; u, ulnare; Ul, ulna; Td III, IV, distal tarsals 3 and 4; Ti, tibia; The events without P or D refers both.

Species	Rank	Skull	Limbs
	1	Fr-io, P-io, Bo+B <sub>s</sub> S, So+Eo S, Ot S, Ot+Bo S, Pro+Ot S, Pro+B <sub>s</sub> S	H Sc, Ul Sc, d Mc Sc, p Fp Sc, i, r, u, cd II, III, IV y V, F Sc, d Mt Sc, p Hp Sc, Ast+Cal S, Td III y IV
	2		p Mc Sc
	3	So+Eo Sf, Ot Sf	Cd I, p Ti Sf, d Fi Sc, p Mt Sc, Ast+Cal Sf
	4	Ot Cf, Ot+Bo Sf, Pro+Ot Sf	d Ti Sc, p Fi Sc
	5	Fr-co, P-co	H Sf, Ra Sf, Ul Sf, p Mc Sf, p F Sf, d Ti Sf, p Mt Sf, Ast+Cal Cf
	6	Ot+Bo Cf, Pro+B <sub>s</sub> Sf	d Mc Sf, d F Sf, Fi Sf, d Mt Sf, p Hp Sf
	7		p Mc Cf, p Fp Sf
	8	Bo+B <sub>s</sub> Cf, So+ Eo Cf, Pro+Ot Cf, Pro+B <sub>s</sub> Cf	p H Cf
	9		p F Cf, p Mt Cf
<i>R. striata</i>	1	Fr-io, P-io, Bo+B <sub>s</sub> S, So+Eo S, Ot S, Ot+Bo S, Pro+Ot S, Pro+B <sub>s</sub> S	H Sc, Ul Sc, d Mc Sc, p Fp Sc, i, r, u, Cd II, III, IV y V, F Sc, d Fi Sc, d Mt Sc, Ast+Cal S, Td III y IV
	2		p Mc Sc, p Mt Sc, p Hp Sc
	3	So+Eo Sf, Ot Sf, Ot+Bo Sf	d Ra Sc, d Ti Sc
	4	Ot Cf, Pro+Ot Sf, Pro+B <sub>s</sub> Sf	p H Sf, p Ra Sc, Mc Sf, p Fp Sf, Cd I, p Ti Sc, p Fi Sc, Ast+Cal Sf
	5	So+Eo Cf, Ot+Bo Cf, Pro+B <sub>s</sub> Cf	p H Cf, d H Sf, Ra Sf, Ul Sf, p Mc Cf, p F Cf, d F Sf, Ti Sf, Fi Sf, p Mt Cf, d Mt Sf, p Hp Sf, Ast+Cal Cf
	6	Fr-co, P-co, Bo+B <sub>s</sub> Cf, Pro+Ot Cf	d Ul Cf, d Mc Cf, p Hp Cf

**Tabla 3 (cont.).** Secuencia de osificación del esqueleto en *Anadia bogotensis*, *Riama striata*, *Bachia bicolor* y *Alopoglossus bicolor*. Abreviaciones para eventos: Cf, fusión completa; S, separados; Sc, centro secundario de osificación; Sf, fusionando y sutura presente. Abreviaciones para el cráneo: Bo, basioccipital; Bs, esfenoides; Eo, Exoccipital; Fr-co, osificación completa del frontal; Fr-io, osificación incompleta del frontal; P-co, osificación completa del parietal; P-io, osificación incompleta del parietal; Pro, proótico; Ot, otoccipital; So, supraoccipital. Abreviaciones para extremidades: Ast+Cal, astrágalo y calcáneo; Cd I, II, III, IV, V, carpales distales 1-5; d, epifisis distal; H, húmero; Hp, falanges extremidades posteriores; F, fémur; Fi, fibula; Fp, falanges extremidades anteriores; i, central; Mc, metacarpales; Mt, metatarsales; p, epifisis proximal; r, radial; Ra, radio; u, ulnar; Ul, ulna; Td III, IV, tarsales distales 3 y 4; Ti, tibia. Los eventos sin p o d incluyen los dos extremos del hueso.

**Table 3 (cont.).** Ossification sequences in the skeleton of *Anadia bogotensis*, *Riama striata*, *Bachia bicolor* and *Alopoglossus bicolor*. Abbreviations for events: Cf, complete fusion; S, separate; Sc, secondary center of ossification; Sf, fusing and suture present. Abbreviations for skull: Bo, basioccipital; Bs, sphenoid; Eo, exoccipital; Fr-co, frontal complete ossification; Fr-io, frontal incomplete ossification; P-co, parietal complete ossification; P-io, parietal incomplete ossification; Pro, prootic; Ot, otoccipital; So, supraoccipital. Abbreviations for limbs: Ast+Cal, astragalus and calcaneum; Cd I, II, III, IV, V, distal carpals 1-5; d, distal epiphyseal cartilages; H, humerus; Hp, hindlimb phalangeal cartilages; F, femur; Fi, fibula; Fp, forelimb phalanges; i, centrale; Mc, metacarpals; Mt, metatarsals; p, proximal epiphyseal cartilages; r, radiale; Ra, radius; u, ulnare; Ul, ulna; Td III, IV, distal tarsals 3 and 4; Ti, tibia. The events without p or d refers both.

Species	Rank	Skull	Limbs
<i>B. bicolor</i>	1	Fr-io, P-io, Bo+B <sub>s</sub> S, So+Eo S, Ot Cf, Ot+B <sub>o</sub> S, Pro+Ot S, Pro+B <sub>s</sub> S	
	2		H Sc, Ul Sc, Mc Sc, p Fp Sc, r, u, Cd III y IV, d F Sc
	3		Ra Sc, i, p F Sc
	4	Fr-co, P-co	
	5		F Sf
	6		d Mc Cf, p Fp Cf
	7	Bo+B <sub>s</sub> Cf, So+Eo Cf, Ot+B <sub>o</sub> Cf, Pro+Ot Cf, Pro+B <sub>s</sub> Cf	H Sf, d Ra Sf, Ul Sf, p Mc Sf, F Cf
	8		H Cf, p Ra Sf, d Ra Cf, Ul Cf, p Mc Cf
	9		p Ra Cf
<i>A. bicolor</i>	1	Fr-io, P-io, Bo+B <sub>s</sub> S, So+Eo S, Ot S, Ot+B <sub>o</sub> S, Pro+Ot S, Pro+B <sub>s</sub> S	H Sc, d Ra Sc, Ul Sc, Mc Sc, p Fp Sc, i, r, u, Cd II, III, IV, y V, F Sc, d Ti Sc, d Fi Sc, Mt Sc, p Hp Sc, Ast+Cal S, Td III, Td IV
	2		p Fi Sc
	3	Ot Sf	
	4	Ot Cf, Ot+B <sub>o</sub> Sf, Pro+B <sub>s</sub> Sf	H Sf, Ra Sf, Ul Sf, p Mc Cf, d Mc Sf, p Fp Sf, F Sf, Ti Sf, Fi Sf, Mt Sf, p Hp Sf, Ast+Cal Cf
	5	Fr-co, P-co, So+Eo Sf, Pro+Ot Sf	
	6	So+Eo Cf, Ot+B <sub>o</sub> Cf, Pro+Ot Cf, Pro+B <sub>s</sub> Cf	H Cf, Ul Cf, d Mc Cf, p Fp Cf, p F Cf, Mt Cf, p Hp Cf
	7		d Ra Cf, d F Cf, Ti Cf, Fi Cf
	8	Bo+B <sub>s</sub> Cf	p Ra Cf



**Figura 7.** Eventos heterocrónicos con base en el algoritmo de parsimonia en la filogenia de Gymnophthamoidea (Goicoechea et al., 2016).

**Figure 7.** Heterochronic events based on parsimony algorithm within the phylogeny established for Gymnophthamoidea (Goicoechea et al., 2016).

in the neonate closes in small to medium-sized adults, after sexual maturity is reached. This pattern is shared by other gymnophthalmids such as *Potamites ecleopus* (Bell et al., 2003), and the serpentiform Gymnophthalminae *Calyptommatus sinebrachiatus* and *Nothobachia ablephara* (Roscito & Rodrigues, 2012b). In Teiidae, the frontoparietal fontanelle is present in neonates of *Aspidocelis tigris*, *Cnemidophorus lemniscatus*, *Salvator merianae* and *Salvator rufescens* (Arias & Lobo, 2006), and it probably closes in small to medium-sized adults (Maisano, 2001).

This means, Gymnophthamoidea exhibits the pattern described by Maisano (2001) for lizards that do not belong to the Iguania clade, in which the frontoparietal fontanelle closes in small to medium-sized adults and before the fusion of the elements of the basicranium. Furthermore, it occurs earlier than in lizards from the Iguania clade, such as Phrynosomatidae and Tropicuridae, in which it closes in very large adults (Maisano, 2002a; Torres-Carvajal, 2003).

In Squamata, basicranium ossification begins during embryonic development; then, neonates exhibit all elements

ossified separated by synchondrosis, except for the sphenoid and basioccipital which are not completely ossified, and the basicranial fenestra is present; finally, all elements fuse in adults (Bellaris & Kamal, 1981; Maisano, 2002a, b). Neonates of *A. bogotensis*, *R. striata* and *A. bicolor* share this pattern with *B. bicolor*, *P. ecleopus*, *A. tigris* and probably with *N. ablephara* and *C. sinebrachiatus* (Maisano, 2001; Tarazona et al., 2008; Roscito & Rodrigues, 2012b). This shows that this pattern is shared by Gymnophthamoidea.

In *A. bogotensis*, *R. striata*, and *A. bicolor*, the first elements to begin fusion are the exoccipital with the opisthotic to form the otoccipital in juveniles, and fusing completely in adults; while, in *B. bicolor*, *P. ecleopus* and *A. tigris*, the otoccipital was reported in neonates (Maisano, 2001; Tarazona et al., 2008), and in *C. sinebrachiatus* it was observed in prenatal embryos (Roscito & Rodrigues, 2012b). Maisano (2001) found that the fusion of the exoccipital with the opisthotic in general in Squamata begins in embryonic stages and is complete in neonates, but there are exceptions like xantusids, *Lacerta* species and *Lanthanotus borneensis*. This evidence reveals that this event presents a high variation in Gymnophthamoidea and Squamata.

## Limbs

In the forelimbs, *A. bogotensis*, *R. striata*, *B. bicolor*, and *A. bicolor* share events related to the initiation of ossifications in neonates, with SCs in humeral, ulnar, and distal metacarpal epiphyseal cartilages, and OCs in the carpus. This pattern is also shared by *P. ecleopus* and *A. tigris* (Maisano, 2001). Even *N. ablephara*, which exhibits only one-digit, presents SCs in distal humeral and metacarpal IV epiphyseal cartilages and OCs in distal carpal 5 in late embryos (Roscito & Rodrigues, 2012a, b). Arias & Lobo (2006) reported SCs in the forelimb at the end of embryonic development in *S. rufescens*, but not in *S. merianae*. In *Gymnophthalmoidea* neonates exhibit ossification centers in almost all epiphyses and distal carpal elements of the forelimb, as reported by Maisano (2001) for *Squamata* in general.

For the carpus, Fabrezi et al. (2007) found that the lizard carpus exhibits few variation (e.g., absence of distal carpal 1), since it is subject to strong developmental constraints. This element is variably present in families of *Gymnophthalmoidea*; the alopoglossid *A. bicolor* does not present this element, but the teiids *S. rufescens* and *S. merianae* exhibit a complete carpus (Arias & Lobo, 2006). In *Gymnophthalmidae*, distal carpal 1 is absent in the species of subfamily *Gymnophthalminae* like *Procellosaurinus tetradactylus*, *Vanzosaura rubricauda*, *Psilops paeminus*, *N. ablephara*, *C. sinebrachiatus*, and *Scriptosaura catimbau* (Roscito & Rodrigues, 2012b; 2013; Roscito et al., 2014). In *Cercosaurinae*, *A. bogotensis* and *R. striata* exhibit a complete carpus, although distal carpal 1 is one of the last elements to ossify; but in species such as *B. bicolor*, tribe *Bachini*, it is absent (Jerez & Tarazona, 2009). It has been proposed that there are heterochronic mechanisms such as hypomorphosis (paedomorphosis) involved in limb reductions in *Gymnophthalmidae* (Jerez et al., 2020). Furthermore, there may be a difference in expression of sonic hedgehog in this species since, in *C. sinebrachiatus*, the development of the forelimb is arrested in the absence of sonic hedgehog expression, whereas continuous expression occurs in the hindlimb (Roscito et al., 2014). This should be evaluated in a comparative analysis using more species of *Gymnophthalmoidea*.

In the hindlimbs, neonates of *A. bogotensis*, *R. striata*, and *A. bicolor* exhibit SCs in proximal femoral, fibular, distal metatarsals, and phalangeal epiphyseal cartilage, and OCs in the tarsus. This pattern is the same in neonates of *P. ecleopus* and *A. tigris* (Maisano, 2001). However, in serpentiform lizards, ossifications vary with the degree of reduction, so that in the hindlimb of *C. sinebrachiatus* with one digit, and *N. ablephara* with two digits, prenatal embryos exhibit ossifications in some epiphyses and tarsal elements (Roscito & Rodrigues, 2012b; Roscito et al., 2014). The neonate of *B. bicolor* only exhibits

ossifications in the distal femoral epiphyseal cartilage, while the other epiphyseal cartilages and tarsal elements are cartilaginous (Jerez & Tarazona, 2009). This implies that neonates of *Gymnophthalmoidea* show high rate of ossifications in the hindlimb; however, the development of *B. bicolor* ossifications is delayed with respect to the rest of the studied species within *Gymnophthalmoidea*, indicating that reductions are not only evident during embryologic development of cartilages, but also in the ossifications during postnatal development.

Maisano (2002a, b) reported that *Squamata* exhibit a limb pattern of ossification in which the stylopodium ossifies before the zeugopodium, with the radius and tibia being the last elements to ossify. The *gymnophthalmids* analyzed show greater ossification development in the proximodistal and postaxial axis in neonates, thus the radius and tibia of *A. bogotensis*, *R. striata*, and *B. bicolor* develop SCs from juvenile to adult stages. In *A. bicolor* the radius and tibia develop SCs in the neonatal stage, as does the teiid *A. tigris* (Maisano, 2001). *Gymnophthalmidae* shows a late development of SCs in the radial and tibial epiphyses, compared to *Alopoglossidae* and *Teiidae*. Hence, *Gymnophthalmidae* exhibits a heterochronic event related to the radius since their epiphyseal cartilages develop SCs later than humeral, ulnar, metacarpals and femoral epiphyseal cartilages, and OCs in the carpus (Fig. 6). This highlights the importance of ossification patterns and morphological information in the evolution of *Squamates*.

In *Squamata*, the epiphyseal ossification starts with the development of SCs in the limbs. Later, epiphyseal cartilages ossify, but maintain a suture with the diaphyses. This event was observed in small to medium-sized adults in *A. bogotensis*, *R. striata*, *A. bicolor*, and *B. bicolor*. Finally, the complete fusion is observed in adults. This pattern was supported in *Gymnophthalmoidea* by the rank analysis (Fig. 6); and it was observed by Maisano (2002a, b, c) in *Xanthusidae* and *Phrynosomatidae* and probably, this is a pattern shared by *Squamata*.

In the limbs, the *gymnophthalmids* *A. bogotensis* and *R. striata* retain some epiphyses with the suture in large adults, and they continue to grow, as the growth plate is probably active since the suture is observed in distal femoral, ulnar/fibular, radial/tibial, and some phalangeal epiphyses (Haines, 1969; Andrews, 1982). Calderón-Espinosa et al. (2018) found that *A. bogotensis* has a moderate to high growth rate from birth to sexual maturity, then decreases, but individuals continue to grow until they die at about two years of age. This growth pattern could be shared by *R. striata*, as the two species have the same pattern in the

epiphyses, and they inhabit between 2000 m to 4000 m in the highland Andean ecosystem (Jerez & Calderón-Espinosa, 2014; Méndez-Galeano & Pinto-Eraza, 2018). This contrast with *A. bicolor*, *B. bicolor* and, *C. lemniscatus* which inhabit below 1500 m (Jerez & Tarazona, 2009; Ramos-Pallares et al., 2010; Uetz et al., 2021). Life history arise as an essential factor to consider in understanding the phylogenetic basis of ossification patterns, which has also observed by Maisano (2001) in differences in the state of ossification in neonates between viviparous and oviparous species.

### Sesamoids

Sesamoids are elements in tendons, ligaments, between bones, and within joints (Haines, 1969; Jerez et al., 2010; Abdala et al., 2019). A functional origin has been hypothesized due to biomechanical effects since they strengthen the tendon under pressure and offer a mechanical advantage to the respective muscle (Nussbaum, 1982; Sarin et al., 1999; Abdala et al., 2019). However, some sesamoids develop late in the embryo or the neonate and are shared by almost all families of Squamata, indicating a phylogenetic factor involved in their presence (Maisano, 2002a; Jerez et al., 2010). *A. bogotensis*, *R. striata*, and *A. bicolor* share some sesamoids during ontogeny (Table 2), commonly present in Squamata, such as the pisiform, tibial lunula, dorsal preaxial lunula, tibial patella, palmar sesamoid, plantar sesamoid, ulnar patella, distal phalangeal sesamoid in the manus and pes, fabella, parafibula, and ventral preaxial tarsal sesamoid (Jerez et al., 2010). Some of these are also present in adults of other species such as *Cercosaura schreibersii*, *Loxopholis rugiceps*, *Loxopholis southi*, *Pholidobolus montium*, *Cercosaura argulus*, *Pholidobolus vertebralis*, *Tretioscincus bifasciatus*, *Alopoglossus stenolepis*, *Kentropyx viridistriga*, and *C. lemniscatus* (Jerez et al., 2010; Otero & Hoyos, 2013).

Serpentiform species such as *B. bicolor* only develop the pisiform and palmar sesamoid. This reduction is observed in the limb-reduced skink *Chalcides*, which only develops the pisiform, palmar sesamoid, plantar sesamoid, tibial lunula, and the dorsal preaxial tibiofemoral lunula (Jerez et al., 2010); in both cases, they present common sesamoids in lizards, which develop from embryonic stages (Jerez et al., 2010), and therefore, the reductions impact their development.

The pattern of sesamoid development during ontogeny observed in *A. bogotensis*, *R. striata*, and *A. bicolor* shows that other sesamoids develop in postembryonic stages, and that they are variable among Squamata (Jerez et al., 2010). Therefore, the sesamoids that develop postnatally do so as a response to mechanical stress and constitute highly variable elements

(Abdala et al., 2019; Fontanarroza et al., 2020).

### Apophyseal ossifications

The apophyseal ossifications are independent mineralization of metaplastic origin, which appear at the insertion of tendons and ligaments (Haines, 1969). The region where the tendon is inserted into the bone is known as the enthesis or tendon-bone transition and is a zone of concentration of mechanical stress such as compression-tension forces (Gao et al., 1996). In lizards, the apophyseal ossifications of the enthesis are observed in juveniles and disappear in adults (Maisano 2002a, b), a pattern shared by *A. bogotensis*, *R. striata*, *A. bicolor*, and *B. bicolor*. In mammals, the enthesis responds to the post-embryonic development of the musculoskeletal system and adjusts to the growth of the bones and biomechanical needs that arise after birth, and this is achieved by processes of osteoclastic reabsorption and simultaneous osteogenic activity (Wei & Messner, 1996). Probably, these processes are involved in the development of apophyseal ossifications in Squamata, but histological studies are necessary.

### CONCLUSIONS

Postnatal ossification patterns of *A. bogotensis*, *R. striata*, and *B. bicolor* share characteristics with other squamates. For the dermatocranium, the frontoparietal fontanelle closes in small to medium-sized adults, before the fusion of the elements of the basicranium. For the chondocranium, the ossification begins in embryonic stages; the neonates exhibit all elements ossified separated by synchondrosis but the basicranial fenestra is present, and all elements fuse in adults. In appendicular skeleton, the neonates exhibit SCs in almost all epiphyses and OCs in distal carpal/tarsal elements. The epiphyseal ossification starts with the development of SCs in neonates; epiphyseal cartilages ossify, but maintain a suture with the diaphysis in small to medium-sized adults and the complete fusion is observed in adults. On the other hand, Gymnophthalmidae exhibits a heterochronic event, the radial epiphyseal cartilages develop SCs later than the epiphyseal cartilages of the humerus, ulna, metacarpals and femur, and OCs in the carpus. In the future, with more information from Alopoglossidae, Teiidae, and Gymnophthalmidae, we will be able to corroborate several of the patterns of Squamata ossification and determine heterochronies for the whole clade and families.

**Acknowledgments.**— We would like to thank Alejandra Arias for her participation in obtaining the data for *R. striata*; also, to Laboratorio de Equipos Ópticos Compartidos (LEOC), Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia,

sede Bogotá. We also thank Martha Calderón-Espinosa, curator of the Colección de Reptiles (Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá) and Martha Patricia Ramírez, curator of the Colección Herpetológica (Universidad Industrial de Santander), for the loan of the specimens of *A. bogotensis* and *R. striata*. Also, to Stephane Bryant and Juliana A. Rodríguez F. by reviewing the english writing, and the reviewers, whose comments improved this manuscript.

## CITED LITERATURE

- Abdala, V., M.C. Vera, L.I. Amador, G. Fontanarrosa, J. Fratani, & M.L. Ponssa. 2019. Sesamoids in tetrapods: the origin of new skeletal morphologies. *Biological Reviews* 94:2011-2032.
- Andrews, R.M. 1982. Patterns of growth in reptiles. Pp. 273-320. In Gans C & Pough FH (Eds.), *Biology of the Reptilia* Vol 13. Academic Press.
- Arias, F. & F. Lobo. 2006. Patrones de osificación en *Tupinambis merianae* y *Tupinambis rufescens* (Squamata: Teiidae) y patrones generales en Squamata. *Cuadernos de Herpetología* 20:3-23.
- Barros, F.C., A. Herrel & T. Kohlsdorf. 2011. Head shape evolution in Gymnophthalmidae: does habitat use constrain the evolution of cranial design in fossorial lizards? *Journal of Evolutionary Biology* 24:2423-2433.
- Bell, C.J., S.E. Evans & J.A. Maisano. 2003. The skull of the gymnophthalmid lizard *Neusticurus epleopus* (Reptilia: Squamata). *Zoological Journal of the Linnean Society* 139:283-304.
- Bellairs, A.D. & A.M. Kamal. 1981. The chondrocranium and the development of the skull in recent reptiles. Pp. 1-283. In C. Gans & T.S. Parsons (Eds.), *Biology of the Reptilia: morphology*. Academic Press, New York, USA.
- Calderón-Espinosa, M., A. Ramírez & A. Jerez. 2018. Growth pattern of the tropical highland gymnophthalmid lizard *Anadia bogotensis* in captivity conditions. *Acta Biológica Colombiana* 23:307-310.
- Castoe, T.A., T.M. Doan & C.L. Parkinson. 2004. Data partitions and complex models in Bayesian analysis: the phylogeny of gymnophthalmid lizards. *Systematic Biology* 53:448-469.
- Estes, R., K. de Queiroz & J. Gauthier. 1998. Phylogenetic relationships within Squamata. Pp. 119-281. In R. Estes & G. Pregill (Eds.), *Phylogenetic Relationships of the Lizard Families*. Stanford University Press, Stanford, California.
- Evans, S.E. 2008. The skull of lizards and Tuatara. *Morphology H. The skull of Lepidosauria*. Pp. 1-347. In C. Gans & T.S. Parsons (Eds.), *Biology of the Reptilia: morphology*. Academic Press, New York, USA.
- Fabrezi, M., V. Abdala & M.I. Martínez. 2007. Developmental basis of limb homology in lizards. *The Anatomical Record* 290:900-912.
- Fontanarrosa, G., J. Fratani & M.C. Vera. 2020. Delimiting the boundaries of sesamoid identities under the network theory framework. *Peer J* 8:e9691.
- Gao, J., K. Messner, J.R. Ralphs & M. Benjamin. 1996. An immunohistochemical study of entheses development in the medial collateral ligament of the rat knee joint. *Anatomy and Embryology* 194:399-406.
- Germain, D. & M. Laurin. 2009. Evolution of ossification sequences in salamanders and urodele origins assessed through event-pairing and new methods. *Evolutionary Development* 11:170-190.
- Goicoechea, N., D.R. Frost, I. De la Riva, K.C.M Pellegrino, J.W. Sites, M.T. Rodrigues & J.M. Padial. 2016. Molecular systematics of teiid lizards (Teiioidea/Gymnophthaloidea: Squamata) based on the analysis of 48 loci under tree-alignment and similarity-alignment. *Cladistics* 32:624-671.
- Greer, A.E. 1991. Limb reduction in Squamates: identification of the lineages and discussion of the trends. *Journal of Herpetology* 25:166-173.
- Grizante, M.B., R. Brandt & T. Kohlsdorf. 2012. Evolution of body elongation in Gymnophthalmid lizards: relationships with climate. *PloS One* 7:e49772.
- Haines, R.W. 1969. Epiphyses and sesamoids. Pp. 81-122. In Gans, C., A. Bellairs & T. S. Parsons (Eds.). *Biology of the Reptilia*, Vol. 1. *Morphology A*. Academic Press, London, England.
- Hautier, L., N.C. Bennett, H. Viljoen, L. Howard, M.C. Milinkvitch, A. Tzika, A. Goswami & R. Asher. 2013. Patterns of ossification in southern versus northern placental mammals. *Evolution* 67:1994-2010.
- Hernández-Jaimes, C., A. Jerez & M.P. Ramírez-Pinilla. 2012.





- Embryonic development of the skull of the Andean lizard *Ptychoglossus bicolor* (Squamata, Gymnophthalmidae). *Journal of Anatomy* 221:285-302.
- Hernández-Morales, C., P.L. Peloso, W. Bolívar & J.D. Daza. 2019. Skull morphology of the lizard *Ptychoglossus vallensis* (Squamata: Alopoglossidae) with comments on the variation within Gymnophthalmoidea. *The Anatomical Record* 302:1074-1092.
- Hoyos, J.M. 1998. A reappraisal of the phylogeny of lizards of the family Gymnophthalmidae (Sauria, Scincomorpha). *Revista Española de Herpetología* 12:27-43.
- Jeffery, J.E., O.R.P. Bininda-Emonds, M.I. Coates & M.K. Richardson. (2005). A new technique for identifying sequence heterochrony. *Systematic Biology* 54:230-240.
- Jerez, A. & O.A. Tarazona. 2009. Appendicular skeleton in *Bachia bicolor* (Squamata: Gymnophthalmidae): osteology, limb reduction and postnatal skeletal ontogeny. *Acta Zoologica* 90:42-50.
- Jerez, A., S. Mangione & V. Abdala. 2010. Occurrence and distribution of sesamoid bones in squamates: A comparative approach. *Acta Zoologica* 91:295-305.
- Jerez, A. & M. Calderón-Espinosa. 2014. *Anadia bogotensis* (Peters, 1862). Lagartija Anadia de Bogotá. *Catálogo de Anfibios y Reptiles de Colombia* 2:30-35.
- Jerez, A., A. Bonilla-Garzón & S. Castellanos. 2020. Estados de desarrollo en *Anadia bogotensis*: aportes a la comprensión de la evolución del plan corporal en Gymnophthalmoidea (Squamata). *Cuadernos de Herpetología* 34:1-12.
- Keyte, A.L. & K.K. Smith. 2010. Developmental origins of precocial forelimbs in marsupial neonates. *Development* 137:4283-4294.
- Koyabu D. & N.T. Son. 2014. Patterns of postcranial ossification and sequence heterochrony in bats: Life histories and developmental trade-offs. *Journal of Experimental Zoology Part B: Molecular and Developmental Evolution* 322(8):607-618.
- Kohlsdorf, T. & G.P. Wagner. 2006. Evidence for the reversibility of digit loss: a phylogenetic study of limb evolution in *Bachia* (Gymnophthalmidae: Squamata). *Evolution* 60:1896-1912.
- Krause, L. 1989. Morfología e aspectos funcionais do esqueleto apendicular de macroteídeos (Sauria, Scincomorpha, Teiidae). *Boletim do Instituto de Biociências* 47:9-113.
- Lungman, J.L., M.N. Molinero, M.S. Simoncini & C.L. Piña. 2019. Embryological development of *Salvator merianae* (Squamata: Teiidae). *Genesis* 57: e23280.
- Maisano, J.A. 2001. A survey of state of ossification in neonatal squamates. *Herpetological Monographs* 15:135-37.
- Maisano, J.A. 2002a. The potential utility of postnatal skeletal developmental patterns in squamate phylogenetics. *Zoological Journal of the Linnean Society* 136:277-313.
- Maisano, J.A. 2002b. Postnatal skeletal ontogeny in *Callisaurus draconoides* and *Uta stansburiana* (Iguania: Phrynosomatidae). *Journal of Morphology* 251:114-139.
- Maisano, J.A. 2002c. Postnatal skeletal ontogeny in five xantusiids (Squamata: Scleroglossa). *Journal of Morphology* 254:1-38.
- Méndez-Galeano, M.A. & M.A. Pinto-Erazo. 2018. *Riama striata* (Peters 1863). Lagartija estriada. *Catálogo de Anfibios y Reptiles de Colombia* 4:61-67
- Nunn, C.L. & K.K. Smith. 1998. Statistical analyses of developmental sequences: the craniofacial region in marsupial and placental mammals. *American Naturalist* 152:82-101.
- Nussbaum, R.A. 1982. Heterotopic bones in the hind limbs of frogs of the families Pipidae, Ranidae, and Sooglossidae. *Herpetologica* 38:312-320.
- Otero, T. & J.M. Hoyos. 2013. Sesamoid elements in lizards. *Herpetological Journal* 23:105-114.
- Pellegrino, K.C.M., M.T. Rodrigues, Y. Yonenaga-Yassuda & J.W. Sites. 2001. A molecular perspective on the evolution of microteiid lizards (Squamata, Gymnophthalmidae), and a new classification for the family. *Biological Journal of the Linnean Society* 74:315-38.
- Presch, W.F. 1975. The evolution of limb reduction in Teiid lizard genus *Bachia*. *Bulletin of the Southern California Academy of Sciences* 74:113-121.
- Presch, W.F. 1980. Evolutionary history of the South American microteiid lizards (Teiidae: Gymnophthalminae). *Copeia* 1980:36-56.
- Presch, W.F. 1983. The lizard family Teiidae: is it a monophyletic



- group?. *Zoological Journal of the Linnean Society* 77:189-197.
- Ramos-Pallares, E.P., V.H. Serrano-Cardozo & M.P. Ramírez-Pinilla. 2010. Reproduction of *Ptychoglossus bicolor* (Squamata: Gymnophthalmidae) in an Andean coffee shade plantation in Colombia. *South American Journal of Herpetology* 5:143-150.
- Roscito, J.G. & M.T. Rodrigues. 2012a. Embryonic development of the fossorial gymnophthalmid lizards *Nothobachia ablephara* and *Calyptommatus sinebrachiatus*. *Zoology* 115:302-318.
- Roscito, J.G. & M.T. Rodrigues. 2012b. Skeletal development in the fossorial lizards *Nothobachia ablephara* and *Calyptommatus sinebrachiatus*. *Zoology* 115:289-301.
- Roscito, J.G. & M.T. Rodrigues. 2013. A comparative analysis of the post-cranial skeleton of fossorial and non-fossorial gymnophthalmid lizards. *Journal of Morphology* 274:845-858.
- Roscito, J.G., P.M. Nunes & M.T. Rodrigues. 2014. Digit evolution in gymnophthalmid lizards. *The International Journal of Developmental Biology* 58:895-908.
- Sarin, V.K., G.M. Erickson, N.J. Giori, A.G. Bergman & D.R. Carter. 1999. Coincident development of sesamoid bones and clues to their evolution. *The Anatomical Record* 257:174-180.
- Smith, K.K. 2001. Heterochrony revisited: the evolution of developmental sequences. *Biological Journal of the Linnean Society* 73:169-186.
- Tarazona O.A., M. Fabrezi & M.P. Ramírez-Pinilla. 2008. Cranial morphology of *Bachia bicolor* (Squamata: Gymnophthalmidae) and its postnatal development. *Zoological Journal of the Linnean Society* 152:775-792.
- Torres-Carvajal, O. 2003. Cranial osteology of the Andean lizard *Stenocercus guentheri* (Squamata:Tropiduridae) and its postembryonic development. *Journal of morphology* 255:94-113.
- Uetz, P., P. Freed & J. Hošek (Eds.). 2021. The Reptile Database. <http://www.reptile-database.org>, [Accessed on 22 June 2021]
- Wassersug, R.J. 1976. A procedure for differential staining of cartilage and bone in whole formalin fixed vertebrates. *Stain Technology* 51:131-134.
- Wei, X. & C. Messner. 1996. The postnatal development of the insertions of the medial collateral ligament in the rat knee. *Anatomy and Embryology* 193:53-59.



Werneburg, I. 2009. A standard system to study vertebrate embryos. *PloS One* 4:e5887

## APPENDIX 1.

*Anadia bogotensis* (ICN): Colección de Reptiles, Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá (Bogotá-Colombia). Neonates: ICN 13433, 23.86 mm SVL; ICN 13434, 22.33 mm SVL; ICN 13435: 26.46 mm SVL. Juveniles: ICN 13436, 31.36 mm SVL; ICN 9884, 36.55 mm SVL. Adults: ICN 4534, 42.53 mm SVL; ICN 9865, 48.63 mm SVL; ICN 13437, 50.36 mm SVL; ICN 13438, 50 mm SVL; ICN 13439, 52.6 mm SVL; ICN 9866, 58.23 mm SVL; ICN 9861, 62.67 mm SVL.

*Riama striata* (ICN): Colección de Reptiles, Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá (Bogotá, Colombia). Neonates: ICN 13440, 28 mm SVL; ICN 13441, 28.85 mm SVL. Juveniles: ICN 13442, 38.7 mm SVL. Adults: ICN 13443, 52.63 mm SVL; ICN 13444, 58.02 mm SVL; ICN 13445, 66.22 mm SVL.

*Alopoglossus bicolor* (UIS-R): Colección Herpetológica, Escuela de Biología, Universidad Industrial de Santander (Bucaramanga, Colombia). Neonates: UIS-R 2578, 23.8 mm SVL; UIS-R 2580, 20.2 BL. Juveniles: UIS-R 2596, 30.24 mm SVL; UIS-R 2595, 43.88 mm SVL; UIS-R 2583, 44.28 mm SVL. Adults: UIS-R 1550, 50.24 mm SVL; UIS-R 2584, 51.46 mm SVL; UIS-R 1540, 51.92 mm SVL; UIS-R 1575, 53.58 mm SVL; UIS-R 1579, 54.4 mm SVL; UIS-R 1590, 55.12 mm SVL; UIS-R 1560, 56.24 mm SVL; UIS-R 2594, 60.28 mm SVL.

# BOANA PULCHELLA (ANURA: HYLIDAE) EN PARAGUAY: NUEVOS HALLAZGOS LUEGO DE MÁS DE TRES DÉCADAS

## BOANA PULCHELLA (ANURA: HYLIDAE) IN PARAGUAY: NEW FINDINGS AFTER MORE THAN THREE DECADES

GRISELDA ZÁRATE-BETZEL<sup>1\*</sup>, KARINA NÚÑEZ<sup>1</sup>, MEDES MENDOZA<sup>1</sup>, FÁTIMA ORTÍZ<sup>1</sup>, PATRICIA SALINAS<sup>1</sup>, ANDREA WEILER<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Biología, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Asunción, Paraguay

\*Correspondence: [grisel.zb@gmail.com](mailto:grisel.zb@gmail.com)

Received: 2022-03-08. Accepted: 2022-04-28. Published: 2022-05-26.

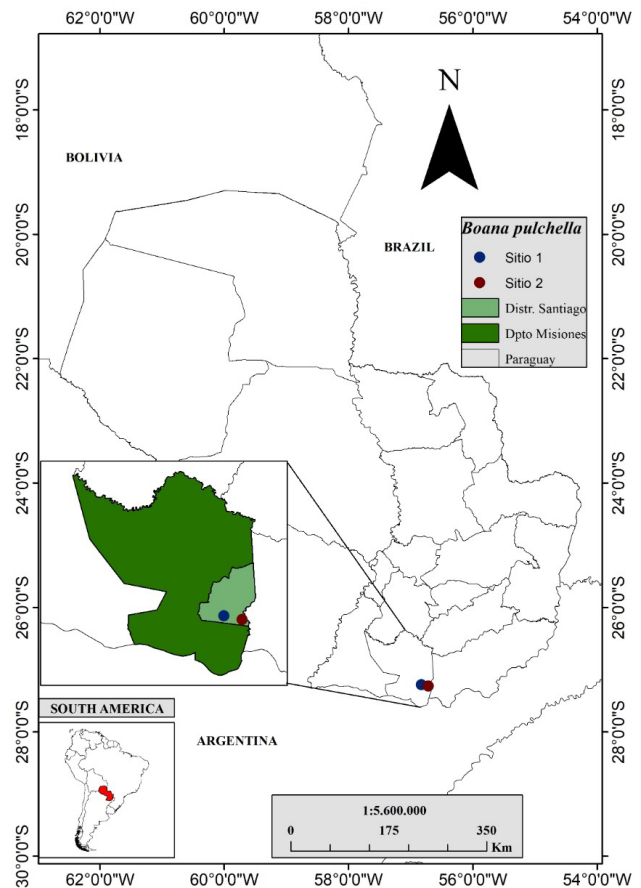
Editor: Adriana Manzano, Argentina.

El género *Boana* comprende actualmente 98 especies (Frost, 2021), distribuidas en Centro y Sudamérica desde Nicaragua hasta Argentina (Faivovich et al., 2021). Entre éstas, se encuentra *Boana pulchella* (Duméril & Bibron, 1841), especie de tamaño pequeño (hasta 50 mm) y coloración dorsal variable que va desde verde, amarillo a marrón claro con diversos diseños (Weiler et al., 2013). Esta última característica ha motivado su redescritción en numerosas ocasiones (Faivovich et al., 2005; Faivovich et al., 2021).

*Boana pulchella* es una especie generalista que habita cuerpos de agua semipermanentes o permanentes de ambientes naturales y antropizados (Achaval & Olmos, 2003). Se mantiene activa en horario crepuscular y nocturno en el transcurso el periodo reproductivo (Gallardo, 1987), que se extiende durante la mayor parte del año (da Rosa et al., 2006; Canavero et al., 2008). Su dieta se compone principalmente de artrópodos (Araneae, Diptera, Hymenoptera, y Coleoptera), aunque presenta variaciones vinculadas a los microhábitats y estaciones (Maneyro & da Rosa, 2004; Antoniazzi et al., 2013).

Se han publicado investigaciones referentes a sus interacciones tróficas (da Rosa et al., 2002; Maneyro & da Rosa, 2004; Solé & Pelz, 2007; da Rosa et al., 2011), reproducción y canto (Baraquet, 2007; Baraquet et al., 2013; da Silva et al., 2016; Antoniazzi et al., 2019), secreciones glandulares (Siano et al., 2013) y respuestas a diferentes agroquímicos (Pérez-Iglesias et al., 2014; Ruiz et al., 2014; Natale et al., 2018; Pérez-Iglesias et al., 2019; Barreto et al., 2020).

Presenta un área de distribución de aproximadamente 1 268 900 km<sup>2</sup>, que abarca regiones de climas templados y subtropicales propias de Uruguay, Argentina, Brasil y Paraguay (Kwet et al., 2004). En este último, *B. pulchella* ha sido colectada únicamente



**Figure 1.** Location of *B. pulchella* collection sites in the District of Santiago, Department of Misiones, Paraguay.

**Figura 1.** Ubicación de los sitios de colecta de individuos de *B. pulchella*, en el Distrito de Santiago, Departamento de Misiones, Paraguay.



en el Sur de la Región Oriental, en los departamentos de Misiones, distrito San Cosme y Damián (MNHNP 196) e Itapúa, distritos Santiago (MNHNP 170) y San Patricio (MNHNP 34 y 37). Los cuatro ejemplares de referencia mencionados corresponden al año 1983 (Brusquetti & Lavilla, 2006). Si bien *B. pulchella* se encuentra incluida en la categoría “Preocupación menor” de la UICN (Kwet et al, 2004), el escaso número de registros y las presiones antrópicas a las que está sometida la región en la cual habita (Motte et al., 2019) han promovido su categorización como especie “En Peligro de Extinción” en Paraguay, conforme a la resolución n° 433/19 del Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADES). El objetivo de la presente nota es reportar el registro de dos individuos de *B. pulchella*, tras 38 años de la última colecta.

En el departamento de Misiones, distrito de Santiago, se realizó la búsqueda activa de anuros en dos sitios de muestreo, distanciados por 13 km. El sitio 1 (27.242258° S, 56.825225° W; WGS 84; elev. 70,06 m) corresponde a un área de cultivo de arroz, con elementos lineales del paisaje constituidos por vegetación ruderal y pionera. El sitio 2 (27.264072° S, 56.713925° W; WGS 84; elev. 71,01 m) se encuentra en un área en sucesión post-agrícola, en la cual se cultivó arroz hasta el año 2018 (Fig. 1). Ambos sitios forman parte de la Ecorregión Pastizales Mesopotámicos (Cacciali, 2010).

Los individuos de *B. pulchella*, ambos adultos, fueron registrados el 25 (sitio 1) y 26 de mayo (sitio 2) de 2021, entre las 19:30-20:30 h por los autores de la presente nota.



**Figure 2.** *Boana pulchella* recorded at site 1, vocalizing perched on the vegetation surrounding an irrigation canal used for rice farming.

**Figura 2.** *Boana pulchella* registrada en el sitio 1, vocalizando posada sobre la vegetación circundante a un canal de riego empleado para el cultivo de arroz.



**Figure 3.** *Boana pulchella* recorded at site 2, vocalizing perched on vegetation near an artificial water channel.

**Figura 3.** *Boana pulchella* registrada en el sitio 2, vocalizando posada sobre la vegetación próxima a un canal de agua artificial.

La temperatura del aire fue 14° C, mientras que la humedad relativa alcanzó 79% la primera noche y 82% la segunda. Los individuos se encontraban vocalizando posados en la vegetación próxima a canales de agua artificiales, siendo los únicos anuros oídos (Figs. 2 y 3). Fueron capturados, posteriormente anestesiados por inmersión en alcohol 20% y fijados con formaldehído 10% (Permiso de Colecta MADES 022/2020). La identificación de los ejemplares se basó en Weiler et al. (2013). Los mismos fueron depositados en la Colección Zoológica de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de Asunción, localizada en el distrito de San Lorenzo, departamento Central, Paraguay (CZCEN 2042 y 2043).

El muestreo de campo aplicado en estos sitios incluyó la búsqueda activa de anuros desde octubre de 2020 hasta mayo de 2021, alcanzando 51 horas, distribuidas en 17 noches. No

obstante, sólo se registró a *B. pulchella* durante el mes de mayo, lo cual sugiere su baja abundancia en el área, a diferencia de lo reportado para regiones más australes como la pampeana Argentina (Ceí, 1980; Vaira et al., 2012) y todo el territorio de Uruguay (Núñez et al., 2004).

Dada la condición de amenaza de esta especie en Paraguay, adquiere gran relevancia la continuidad de los estudios de campo que permitan comprender la dinámica poblacional de *B. pulchella*, así como la del ensamble de anuros en ecosistemas agrícolas. Esto aportará información necesaria para el diseño de estrategias de manejo que fomenten la conservación de la fauna nativa en ambientes sometidos a intensas presiones antrópicas.

**Agradecimientos.** - Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la financiación del proyecto PINV18-818 "Análisis

de la diversidad de fauna en agropaisajes asociados al cultivo de arroz en el departamento de Misiones", con recursos del FEEI. A los propietarios y al personal de los establecimientos visitados por el apoyo brindado. El permiso de colecta (022/2020) fue otorgado por el Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADES), conforme a las normativas nacionales.

## LITERATURA CITADA

- Achaval, F. & A. Olmos. 2003. Anfibios y reptiles del Uruguay. Graphis, Montevideo, Uruguay.
- Antoniazzi, C.E., J.A. López, M. Duré & D.A. Falico. 2013. Alimentación de dos especies de anfibios (Anura: Hylidae) en la estación de bajas temperaturas y su relación con la acumulación de energía en Santa Fe, Argentina. *Revista de Biología Tropical* 61:875-86.
- Antoniazzi, C.E., J.A. López, R. Ghirardi & A.P. Armando. 2019. Biología reproductiva de *Boana pulchella* y *Boana punctata* (Anura: Hylidae) en poblaciones simpátricas de humedales templados. *Caldasia* 41:245-256.
- Baraquet, M. 2007. Variación geográfica en el canto de advertencia de *Hypsiboas pulchellus* (Anura, Hylidae) en Argentina. *Revista Española de Herpetología* 21:107-118.
- Baraquet, M., N. Salas & A. Martino. 2013. Advertisement calls and interspecific variation in *Hypsiboas cordobae* and *Hypsiboas pulchellus* (Anura, Hylidae) from Central Argentina. *Acta Zoologica Bulgarica* 65:479-486.
- Barreto, E., S. Costa, P. Demetrio, C. Lascano, A. Venturino & G.S. Natale. 2020. Sensitivity of *Boana pulchella* (Anura: Hylidae) tadpoles to environmentally relevant concentrations of chlorpyrifos: effects at the individual and biochemical levels. *Environmental Toxicology and Chemistry* 39:834-841.
- Brusquetti, F. & E. Lavilla. 2006. Lista comentada de los anfibios de Paraguay. *Cuadernos de Herpetología* 20:3-79.
- Cacciali, P. 2010. Distribución y afinidades biogeográficas de la familia Gymnophthalmidae de Paraguay (Reptilia: Sauria). *Reportes Científicos de la FACEN* 1:10-19.
- Canavero, A., M. Arim, D. Naya, A. Camargo, I. da Rosa & R. Maneyro. 2008. Calling activity patterns in an anuran assemblage: the role of seasonal trends and weather determinants. *North-Western Journal of Zoology* 4:29-41.
- Cei, J.M. 1980. Amphibians of Argentina. *Monitore Zoologico Italiano*, Firenze, Italy.
- Da Rosa, I., A. Camargo, A. Canavero, D.E. Naya & R. Maneyro. 2006. Ecología de un ensamble de anuros en un humedal costero del sudeste de Uruguay. Pp. 447-455. En R. Menafrá, L. Rodríguez-Gallego, F. Scarabino & D. Conde (Eds.), *Bases para la conservación y el manejo de la Costa Uruguaya*. Vida Silvestre Uruguay. Montevideo, Uruguay.
- Da Rosa, I., A. Canavero, R. Maneyro & A. Camargo. 2011. Trophic niche variation and individual specialization in *Hypsiboas pulchellus* (Duméril and Bibron, 1841) (Anura, Hylidae) from Uruguay. *South American Journal of Herpetology* 6:98-106.
- Da Rosa, I., A. Canavero, M. Raul, D. Naya & A. Camargo. 2002. Diet of four sympatric anuran species in a temperate environment. *Boletín de la Sociedad Zoológica de Uruguay* 13:12-20.
- Da Silva, N., P. Colombo, F. Rodrigues, M. de Oliveira & A. Marques, A. 2016. Calling site selection by the south american tree-frog *Hypsiboas pulchellus* (Anura, Hylidae) in subtropical wetlands. *South American Journal of Herpetology* 11:149-156.
- Faivovich, J., F.B. Haddad, P.C. García, D.R. Frost, J.A. Campbell & W.C. Wheeler. 2005. Systematic review of the frog family Hylidae, with special reference to Hyalinae: phylogenetic analysis and taxonomic revision. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 294:1-240.
- Faivovich, J., P. Pinheiro, L. Pereyra, D. Baldo, A. Muñoz, S. Reichle, R. Brandão, A. Giaretta, C. Tereza, J. Chaparro, D. Baêta, R. Libardi, J. Baldo, E. Lehr, W. Wheeler, P. Garcia & C.F. Haddad. (2021). Phylogenetic relationships of the *Boana pulchella* Group (Anura: Hylidae). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 155:1-18.
- Frost, D.R. 2021. Amphibian Species of the World: an Online Reference. Version 6.1. <https://amphibiansoftheworld.amnh.org/index.php> [Consultado en abril de 2022].
- Gallardo, J.M. 1987. Anfibios Argentinos: Guía para su identificación. Librería Agropecuaria. Buenos Aires, Argentina.
- Kwet, A., L. Aquino, E. Lavilla & I. di Tada. 2004. *Hypsiboas pulchellus*, in: IUCN Red List of threatened species. Versión 2004. <https://www.iucnredlist.org/species/55619/11340514> [Consultado en diciembre de 2021].



- Maneyro, R. & I. da Rosa. 2004. Temporal and spatial changes in the diet of *Hyla pulchella* (Anura, Hylidae) in southern Uruguay. *Phyllomedusa* 3:101-113.
- Motte, M., V. Zaracho, A. Caballero-Gini, M. Ferreira-Riveros, L. Romero Nardelli, D. Coronel-Bejarano, F. Netto, A. Carosini, V. Rojas, D. Bueno, H. Cabral & N. Martínez. 2019. Estado de conservación y lista roja de los anfibios del Paraguay. *Boletín del Museo Nacional de Historia Natural de Paraguay* 23:1-62.
- Natale, G., J. Vera-Candiotti, C. Ruiz, S. Soloneski, M. Larramendy & A. Ronco. 2018. Lethal and sublethal effects of the pirimicarb-based formulation Aficida® on *Boana pulchella* (Duméril and Bibron, 1841) tadpoles (Anura, Hylidae). *Ecotoxicology and Environmental Safety* 147:471-479.
- Núñez, D., R. Maneyro, J. Langone & R. de Sá. 2004. Distribución geográfica de la fauna de anfibios del Uruguay. *Smithsonian Herpetological Information* 134:1-34.
- Pérez-Iglesias, J., C. Ruiz, N. Nikoloff, L. Dury, S. Soloneski, G. Natale & M. Larramendy. 2014. The genotoxic effects of the imidacloprid-based insecticide formulation Glacoxan Imida on Montevideo tree frog *Hypsiboas pulchellus* tadpoles (Anura, Hylidae). *Ecotoxicology and Environmental Safety* 104:120-126.
- Pérez-Iglesias, J.M., S. Soloneski, N. Nikoloff, G. Natale & M. Larramendy. 2019. Toxic and genotoxic effects of the imazethapyr-based herbicide formulation Pivot H® on Montevideo tree frog *Hypsiboas pulchellus* tadpoles (Anura, Hylidae). *Ecotoxicology and Environmental Safety* 119:15-24.
- Ruiz, C., Pérez-Iglesias, J., N. Nikoloff, G. Natale, S. Soloneski & M. Larramendy. 2014. Genotoxicity evaluation of the insecticide imidacloprid on circulating blood cells of Montevideo tree frog *Hypsiboas pulchellus* tadpoles (Anura, Hylidae) by comet and micronucleus bioassays. *Ecological Indicators* 45:632-639.
- Siano, A., M.V. Húmpola, E. de Oliveira, F. Albericio, A.C. Simonetta, R. Lajmanovich & G. Tonarelli. 2013. Antimicrobial Peptides from Skin Secretions of *Hypsiboas pulchellus* (Anura: Hylidae). *Journal of Natural Products* 77:831-841.
- Solé, M. & B. Pelz. 2007. Do male tree frogs feed during the breeding season? Stomach flushing of five syntopic hylid species in Rio Grande do Sul, Brazil. *Journal of Natural History* 41:2757-2763.
- Vaira M., M. Akmentins, M. Attademo, D. Baldo, D. Barrasso, S. Barrionuevo, N. Basso, B. Blotto, S. Cairo, R. Cajade, J. Céspedes, V. Corbalán, P. Chilote, M. Duré, C. Falcione, D. Ferraro, F.R. Gutierrez, M. del Rosario Ingaramo, C. Junges, R. Lajmanovich, J.N. Lescano, F. Marangoni, L. Martinazzo, R. Marti, L. Moreno, G.S. Natale, J.M. Pérez Iglesias, P. Peltzer, L. Quiroga, S. Rosset, E. Sanabria, L. Sanchez, E. Schaefer, C. Úbeda & V. Zaracho. 2012. Categorización del estado de conservación de los anfibios de la República Argentina. *Cuadernos de Herpetología* 26:131-159.
- Weiler, A., K. Nuñez, K. Airaldi, E. Lavilla, S. Peris & D. Baldo. 2013. Anfibios del Paraguay. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad de Salamanca. San Lorenzo, Paraguay.



# PETROGLIFO DE TORTUGA MARINA EN EL CERRO DE LA CONTADURÍA EN SAN BLAS, NAYARIT

## MARINE TURTLE PETROGLYPH AT THE LA CONTADURÍA HILL IN SAN BLAS, NAYARIT

FABIO G. CUPUL-MAGAÑA<sup>1</sup> & JOSEPH B. MOUNTJOY<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro Universitario de la Costa, Universidad de Guadalajara, Av. Universidad 203, Delegación Ixtapa, C.P. 48280, Puerto Vallarta, Jalisco, México.

\*Correspondence: [fabiocupul@gmail.com](mailto:fabiocupul@gmail.com)

Received: 2022-04-14. Accepted: 2022-05-16. Published: 2022-05-26.

Editor: Rodrigo Macip Ríos, México.

**Abstract.**— Petroglyphs are rock carvings made by pecking directly on the rock surface. In 1974, the archaeologist Joseph B. Mountjoy published his work on the petroglyphs in the San Blas, Nayarit, area of West Mexico. He included 166 petroglyphs (most of the petroglyphs can be attributed to the Santa Cruz complex occupation, the latest pre-Conquest cultural development in the area: 900 to 1530 A.D.), one of which corresponded to the realistic representation of a sea turtle. In this note, the morphological characteristics of the petroglyph are described. Probably, the image represents a swimming male Olive Ridley Sea Turtle *Lepidochelys olivacea*. Although it would be logical to interpret this petroglyph as evidence that such turtles were used locally for food in prehispanic times, or that it had some mythological significance for the indigenous people, its importance seems principally to be the curious fact that it is the only known petroglyphic representation of a sea turtle registered along the coast of West Mexico.

**Key words.**— *Lepidochelys olivacea*, Mexico, rock art, zoomorph.

**Resumen.**— Los petroglifos son grabados rupestres realizados al percutir directamente sobre la superficie de la roca. En 1974, el arqueólogo Joseph B. Mountjoy publicó un trabajo sobre los petroglifos de la zona de San Blas, Nayarit, en el Occidente de México. Incluyó en su estudio 166 petroglifos (la mayoría atribuidos a la ocupación del complejo Santa Cruz, último desarrollo cultural anterior a la Conquista: 900 al 1530 d.C), uno de los cuales es la representación realista de una tortuga marina. En esta nota se describen las características morfológicas de este petroglifo. Probablemente represente una tortuga macho golfina, *Lepidochelys olivacea*, nadando. Aunque sería lógico interpretarlo como la representación del uso local en tiempos prehispánicos de la tortuga marina como alimento, o como si tuviera algún significado mitológico para los indígenas, parece ser que su importancia reside principalmente en el hecho, curioso, de ser el único petroglifo de una tortuga marina registrado a lo largo de la costa del Occidente de México.

**Palabras claves.**— arte rupestre, *Lepidochelys olivacea*, México, zoomorfo.

De acuerdo con Casado López (2021), el arte rupestre es un fenómeno siempre ligado al pensamiento y al proceso mental humano, así como a su evolución intelectual, emocional y social. Los petroglifos son manifestaciones de este arte que se encuentran grabados o tallados en piedra en forma de figuras geométricas, abstractas, antropomorfas, zoomorfas o fitomorfas (Santos-Ramírez, 2013; Casado López, 2015). En Jalisco y Nayarit, México, la mayoría de los glifos grabados son principalmente manifestaciones físicas de ritos de súplica llevados a cabo por los indígenas y ligados con sus necesidades de sol, agua y fertilidad en relación al ciclo agrícola (Mountjoy, 1974a, 2012, 2018).

En la publicación de Mountjoy (1974a), se muestra un análisis de 166 representaciones grabadas en 52 rocas grandes,

distribuidas dentro de un área aproximada de 528 km<sup>2</sup> en el municipio de San Blas, localizado en la costa del Pacífico, en el centro occidental del estado de Nayarit, México (Fig. 1). El área se encuentra en la provincia fisiográfica de las Tierras bajas del Pacífico (Morrone, 2019), entre el río Grande de Santiago y el arroyo Jolotemba (Mountjoy, 1974a).

Los petroglifos documentados por Mountjoy (1974a) se clasificaron, de manera general, en: espirales (72), garabatos (80) y representaciones naturalistas (14). Estas últimas fueron subclasificadas en: humanos (2), serpientes (5; una de ellas denominada serpiente-fállica), can (1), pez (1), iguanas (2), aves (2) y tortuga marina (1). Asimismo, la mayoría de los petroglifos pueden atribuirse a la ocupación del complejo Santa Cruz, el





**Figure 1.** Cerro de la Contaduría locality and site of the petroglyph with sea turtle on the outskirts of San Blas village, Nayarit, Mexico. Image: Google Earth Image © 2022 TerraMetrics. Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO. Image Landsat / Copernicus.

**Figura 1.** Localización del Cerro de la Contaduría y sitio del petroglifo con la tortuga marina en las afueras de la población de San Blas, Nayarit, México. Imagen: Google Earth Image © 2022 TerraMetrics. Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO. Image Landsat / Copernicus.

último desarrollo cultural de la zona antes de la conquista de México (900 al 1530 d.C.) (Mountjoy, 1970, 1974a).

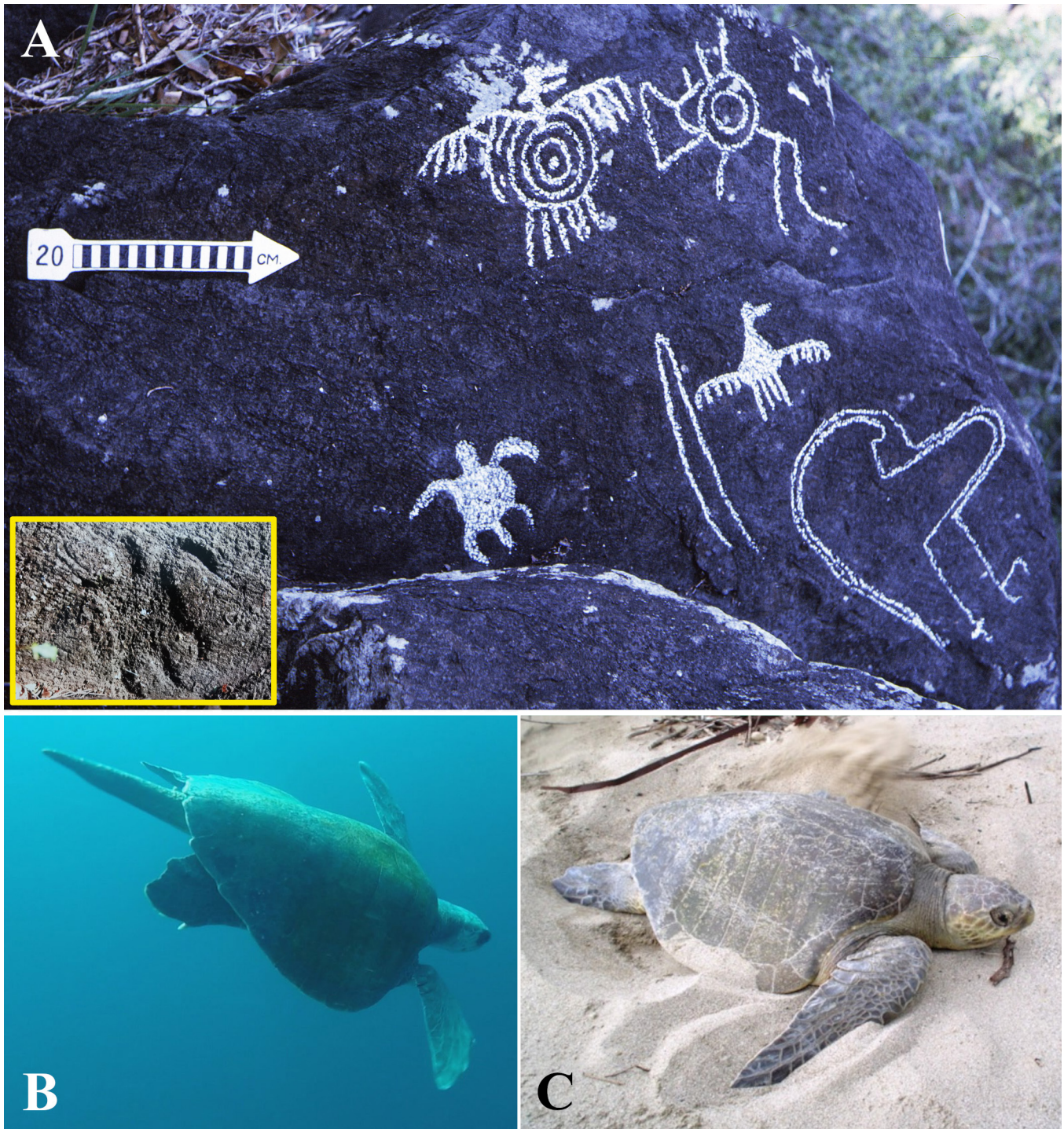
Mountjoy (1974a) no presentó detalles sobre la configuración del petroglifo de tortuga marina, que le permitieran identificarlo como cierta especie de este quelonio marino. Así, para validar dicha determinación y aportar detalles adicionales, en esta nota se presenta un análisis zoomórfico comparativo del glifo con las especies de tortugas marinas potencialmente distribuidas en la región. Para ello, se utilizó como referencia el trabajo de Marquéz (1990).

La roca en la que el petroglifo está grabado, se encuentra en la orilla de un acantilado a unos 30 m de altura sobre la base de la ladera suroeste del Cerro de la Contaduría ( $21.54214^{\circ}$  N,  $105.27563^{\circ}$  W; Fig. 1). El cerro es de formación volcánica (Demant et al., 1976), mide aproximadamente 550 m de largo por 350 m de ancho (en sus extremos máximos) y alcanza una altura de hasta 38 m s.n.m. en su cima. El petroglifo de la tortuga marina tiene una longitud máxima vertical de 13.5 cm y una longitud máxima horizontal de 16.5 cm (Fig. 2A). Además, junto a la tortuga

marina se observan otras cinco representaciones: dos aves y tres elementos o dibujos no zoomorfos.

El glifo de la tortuga en vista dorsal (visto desde arriba), así como los otros petroglifos en la roca, se resaltaron con gis para apreciar mejor sus trazos. El grabado tiene un disco central, del que se proyectan seis elementos: un elemento recto en la parte media superior de la imagen y dos elementos curvos a ambos lados de ella; así como un elemento recto y dos curvos, estos últimos dispuesto a cada lado del elemento recto, en la parte inferior de la imagen.

Los elementos rectos son casi de la misma longitud, pero el superior es del doble de grueso. Además, el ápice del elemento superior es romo, mientras que el del elemento inferior es agudo. Por su parte, los elementos curvos son cóncavos, con los superiores más largos y más gruesos que los inferiores. Además, con relación al eje medio de la imagen (a nivel de los elementos de la parte media), los elementos curvos superiores se extienden perpendicularmente, mientras que los inferiores lo hacen paralelamente.



**Figure 2.** A) Rock with a petroglyph of a sea turtle at the la Contaduría Hill (box bottom left of the Brett Butler of the image, petroglyph without chalk mark). Olive Ridley Sea Turtle, *Lepidochelys olivacea*: B) male, photo: Ismael Llamas González, courtesy of Mitzi Núñez, and C) female, photo: Fabio Cupul.

**Figura 2.** A) Roca del Cerro de la Contaduría con un petroglifo de tortuga marina (recuadro abajo a la izquierda, petroglifo sin marca de gis). Tortuga marina golfina, *Lepidochelys olivacea*: B) Macho, foto: Ismael Llamas González, cortesía de Mitzi Núñez y C) hembra, foto: Fabio Cupul.

La composición general del petroglifo corresponde, como lo mencionó Mountjoy (1974a), a una tortuga marina. En el grabado, el disco central representa el caparazón, el elemento recto superior como indica la cabeza, mientras que el elemento inferior agudo señala la cola. Los elementos curvos o cóncavos en forma de paletas o remos ilustran las extremidades o aletas, donde los elementos superiores corresponden a las aletas delanteras y, los inferiores, más cortos, a las aletas traseras (Márquez, 1990). En las tortugas marinas las aletas delanteras están hipertrofiadas, levemente cóncavas y aparentan forma de ala; además, tienen el doble de área que las traseras (Davenport et al., 1984).

En el petroglifo es de destacar el largo de la cola con relación a las aletas traseras y al caparazón. Esta característica morfológica indica que la imagen ilustrada es la de un macho adulto (Figs. 2A y 2B); pues en las tortugas marinas, el principal carácter sexual secundario es la cola más gruesa y larga de los machos con respecto a la de las hembras que es más corta (Márquez, 1990; Casale et al., 2005; Figs. 2B y 2C).

Asimismo, la posición perpendicular de las aletas delanteras y paralela de las aletas traseras con respecto al eje medio del cuerpo, al parecer representa a la tortuga en acción de nadar. Durante esta actividad, las tortugas marinas extienden sus aletas delanteras como si fueron alas, para generar propulsión horizontal, mientras que las aletas traseras mantienen una posición en dirección del desplazamiento y funcionan como timones y elevadores combinados, pero sin participar en la propulsión (Davenport et al., 1984).

El petroglifo de la tortuga marina, al igual que todos los otros petroglifos en la roca, está orientado hacia el suroeste, dirección hacia la que se encuentra la costa del océano Pacífico, a escasos 2 km de distancia (Fig. 1). Además, en cuanto a la identificación de la tortuga marina a nivel de especie, es posible sugerir que los antiguos artistas se inspiraron en la tortuga golfina *Lepidochelys olivacea* (Eschscholtz, 1829) por el caparazón casi redondo (Márquez, 1990), y por ser la especie más numerosa actualmente en la costa del Pacífico mexicano (Hart et al., 2018; Figs. 2B y 2C).

Es posible que la persona que grabó el petroglifo, utilizara de modelo a un macho de tortuga golfina que observó nadando en la corriente de agua de la zona costera aledaña a la playa o varado en la costa (Vince Pin, 2018). Y, Aunque los machos de tortuga marina cortan cualquier lazo terrestre con su playa natal una vez que la abandonan, por ser fundamentalmente acuáticos, pueden acercarse inadvertidamente a tierra por efecto de las corrientes

mientras copulan con una hembra y, en ocasiones, aún llegan a descansar o a asolearse en la playa (Plotkin et al., 1996).

Según los hallazgos arqueológicos realizados por Mountjoy, la explotación de las tortugas marinas como alimento en la localidad de San Blas tiene una larga historia, empezando en el Arcaico alrededor de 2000 a.C., pero con abundante evidencia arqueológica de su explotación en el Preclásico Medio, circa 800 al 400 a.C. (Mountjoy et al., 1972; Mountjoy 1974b).

Asimismo, este petroglifo podría tener un componente folclórico. Tal vez se trató de un animal con el que se encontraban familiarizados por ser parte de sus mitos y leyendas, tal como lo es para los actuales wixárikas o huicholes. Aunque hoy en día este grupo indígena habita en la sierra de Nayarit y Jalisco, tiene lazos históricos con la región costera. En sus mitos relatan que la tortuga marina es el animal favorito de Nakawe, la más vieja de sus divinidades y dueña de las plantas, los animales y la fertilidad (Guzmán Mejía & Anaya Corona, 2007).

Sin embargo, a pesar de la abundancia de tortugas marinas en la localidad de San Blas, su explotación como alimento desde el 2000 a.C., así como su posible significado etnográfico-mitológico para los nativos en tiempos prehispánicos, aún faltan respuestas para contestar satisfactoriamente la siguiente pregunta: ¿por qué es éste el único petroglifo de una tortuga marina que se conoce a lo largo de la costa del Occidente de México?

**Agradecimientos.**— A Ismael Llamas González y Mitzi Núñez por las facilidades otorgadas para el uso de la imagen de la tortuga golfina macho. A Emilia Mountjoy por la revisión crítica preliminar del manuscrito. A los revisores anónimos por sus comentarios y validación de la identificación de los ejemplares de tortuga marina golfina.

## LITERATURA CITADA

- Casado López, M.P. 2015. El arte rupestre en México. *Arqueología Mexicana* 61:8-90.
- Casado López, M.P. 2021. Estado de la cuestión referente al estudio del arte rupestre en México, 2015. En M.P. Casado López & L.E. Mirambell Silva (Eds.), *Retos y perspectivas en el estudio del arte rupestre en México*. Secretaría de Cultura – Instituto Nacional de Antropología e Historia, México.
- Casale, P., D. Freggi, R. Basso & R. Argano. 2005. Size at male maturity, sexing methods and adult sex ratio in Loggerhead

- Turtles (*Caretta caretta*) from Italian waters investigated through tail measurements. *Herpetological Journal* 15:145-148.
- Davenport, J., S.A. Munks & P.J. Oxford. 1984. A comparison of the swimming of marine and freshwater turtles. *Proceedings of the Royal Society of London B, Biological Sciences* 220:447-475.
- Demant, A., R. Mauvois & L. Silva-Mora. 1976. El eje Neovolcánico transmexicano. En III Congreso Latinoamericano de Geología. Libroto-Guía 4. Instituto de Geografía, UNAM, Acapulco, México.
- Guzmán Mejía, R. & M.C. Anaya Corona. 2007. Cultura del maíz-peyote-venado: sustentabilidad del pueblo Wixarika. Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de Los Altos, México.
- Hart, C.E., A. Maldonado-Gasca, C.P. Ley-Quíñonez, M. Flores-Peregrina, J.J. Romero-Villarruel, O.S. Aranda-Mena, L.J. Plata-Rosas, M. Tena-Espinosa, I. Llamas-González, A.A. Zavala-Norzagaray, B.J. Godley & F.A. Abreu-Grobois. 2018. Status of Olive Ridley Sea Turtles (*Lepidochelys olivacea*) after 29 years of nesting rookery conservation in Nayarit and Bahía de Banderas, Mexico. *Chelonian Conservation and Biology* 17(1):27-36.
- Márquez, R. 1990. FAO species catalogue. Vol. 11: Sea turtles of the world. An annotated and illustrated catalogue of sea turtle species known to date. FAO Fisheries Synopsis 125(11). FAO, Roma.
- Morrone, J.J. 2019. Regionalización biogeográfica y evolución biótica de México: encrucijada de la biodiversidad del Nuevo Mundo. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 90:e902980
- Mountjoy, J.B. 1970. Prehispanic culture history and cultural contact on the southern coast of Nayarit, Mexico. Tesis de doctorado. Southern Illinois University, Carbondale, Illinois, USA.
- Mountjoy, J.B. 1974a. Some hypotheses regarding the petroglyphs of West Mexico. *Mesoamerican Studies* 9:1-36.
- Mountjoy, J.B. 1974b. San Blas Complex Ecology. Pp. 106-109. En B. Bell (Ed.), *The Archaeology of West Mexico*. Sociedad de Estudios Avanzados del Occidente de México, Ajijic, México.
- Mountjoy, J.B. 2012. Arte rupestre en Jalisco. Conaculta - Secretaría de Cultura - Gobierno de Jalisco, Acento Editores, Guadalajara.
- Mountjoy, J. B. 2018. Los petroglifos del valle de Mascota, Jalisco: descripción, análisis e interpretación. Universidad de Guadalajara, Centro Universitaria de la Costa, Puerto Vallarta.
- Mountjoy, J.B., R.E. Taylor & L.H. Feldman. 1972. Matanchen Complex: new radiocarbon dates on early coastal adaptation in West Mexico. *Science* 175(4027):1242-1243.
- Plotkin, P.T., D.Wm. Owens, R.A. Byles & R. Patterson. 1996. Departure of male Olive Ridley Turtles (*Lepidochelys olivacea*) from a nearshore breeding ground. *Herpetologica* 52(1):1-7.
- Santos Ramírez, J. 2013. Los grabados rupestres de Sinaloa, evidencias de una antigua tradición noroccidental de arte rupestre. Pp. 652-679. En Simposio Román Piña Chan. 10 años de memorias. *Visiones de la arqueología en el siglo XXI*. Instituto Nacional de Antropología e Historia, México.
- Vince Pin, A.A. 2018. Monitoreo del varamiento de tortugas golfinas (*Lepidochelys olivacea*), (Eschscholtz, 1.829), en playas de La Parroquia Crucita. Tesis de licenciatura. Universidad Estatal del Sur de Manabí, Ecuador.



# POPULATION ECOLOGY OF THE ROUGH-FOOTED MUD TURTLE (*KINOSTERNON HIRTIPES*) IN A HIGH-ALTITUDE LOCALITY IN MICHOACÁN, MÉXICO

## ECOLOGÍA POBLACIONAL DE LA TORTUGA DE FANGO DE PATA RUGOSA (*KINOSTERNON HIRTIPES*) EN UNA LOCALIDAD DE GRAN ALTITUD EN MICHOACÁN, MÉXICO

MIRIAM DE LA CRUZ MERLO<sup>1</sup>, EDER GAONA MURILLO<sup>2</sup>, & RODRIGO MACIP RÍOS<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Biológicas, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Ciudad Universitaria, 72570, Puebla, Puebla, México

<sup>2</sup>Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Ciudad Universitaria, 58030, Morelia, Michoacán, México

<sup>3</sup>Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Morelia, Universidad Nacional Autónoma de México, 58190, Morelia, Michoacán, México

\*Correspondence: [rmacip@enesmorelia.unam.mx](mailto:rmacip@enesmorelia.unam.mx)

Received: 2022-03-02. Accepted: 2022-05-16. Published: 2022-06-03.

Editor: Adriana Manzano, Argentina.

**Resumen.**— La tortuga casquito de pata rugosa (*Kinosternon hirtipes*) se distribuye desde el oeste de Texas hasta el Valle de México. A lo largo de su distribución habita en diversos ambientes, desde estanques en el desierto, hasta arroyos de montaña. Durante dos temporadas de lluvias (2017 y 2018) estudiamos una población en *K. h. murrayi* en las montañas de Michoacán, específicamente en la Laguna de Loma Caliente. Estimamos el tamaño y la estructura de la población por medio de un estudio de captura-marca-recaptura. Se obtuvieron placas de rayos X a cada hembra capturada para determinar el largo y ancho del huevo. En total se capturaron 139 individuos con una tasa de recapturas del 32.85 %. El tamaño poblacional estimado fue de 330 individuos, mientras que la proporción de sexos no fue distinta de 1:1. La población está estructurada principalmente por adultos e inmaduros. Diecinueve hembras presentaron huevos en los oviductos. El tamaño máximo de la nidada fue de cinco huevos y el mínimo de dos huevos. El tamaño promedio de la nidada fue de 3.2 huevos. Se presenta evidencia parcial de restricción pélvica en el tamaño del huevo en las hembras estudiadas.

**Palabras clave.**— Centro de México, abundancia, estructura de la población, restricción pélvica, proporción de sexos.

**Abstract.**— The Rough-footed mud turtle (*Kinosternon hirtipes*) is distributed from Western Texas through the Valley of Mexico. Along with its distribution, this turtle inhabits several types of environments, ranging from desert ponds to mountain creeks. During two wet seasons (2017 and 2018) we studied a population of *K. h. murrayi* in the lagoon of Loma Caliente, in the highlands of Michoacán. We estimated population size and structure with a capture-mark-recapture study and obtained X-ray photographs for each mature female captured to determine clutch size and egg size. A total of 139 turtles were captured and marked, with a recapture rate of 32.85 %. The estimated population was 330 individuals, and the sex ratio was not different from 1:1. The population structure was composed mainly of adults and immature individuals. Nineteen females have eggs in their oviducts. Clutch size ranges from five to two eggs. The average clutch size was 3.2. We provide partial evidence for pelvic constraint on egg size in the studied population.

**Keywords.**— Central México, abundance, population structure, pelvic constraint, sex ratio.

## INTRODUCTION

Mud turtles (*Kinosternon*) in Mexico have been understudied for several years. Recently, Mexican Government informed of

important seizures of turtles of several genera, but most of them were mud turtles (PROFEPA, 2020). Therefore, it is imperative to gather and analyze the population and reproductive data of turtles



from Mexico, since this is one of the most threatened vertebrate groups in the world (Stanford et al., 2020). Among Mexican mud turtles, the Rough-footed mud turtle *Kinosternon hirtipes* has a distribution range from Southwest Texas to Central Mexico, and its distribution is associated with the inner basins (Conchos, upper Bravo, Lerma-Santiago, Nazas, and the endorheic lakes of central Mexico) between the two main mountain ridges of Mexico (TTWG, 2021). This turtle inhabits permanent bodies of water such as small rivers, streams, springs, and dams. This turtle species occurs from 800 to 2600 meters (in the highlands of Central Mexico) above sea level (Legler & Vogt, 2013). Typical land habitats of this turtle species are from scrubland in the Chihuahuan desert, highland grasslands, temperate forests (oak and pine forests) to highly modified habitats in central México.

Six subspecies (one already extinct) have been described for *Kinosternon hirtipes* (Iverson, 1981). Among the remaining subspecies, *K. h. murrayi* has the largest distribution and variation in body size and sexual size dimorphism (Iverson, 1985). *Kinosternon hirtipes murrayi* occurs from western Texas to the State of México in the Mexican Transvolcanic Belt. Very little information is available on their reproduction and population ecology, with scarce data from northern limit of its distribution (Iverson et al., 1991; Platt et al., 2016a, 2016b; Smith et al., 2018) and very few studies conducted in Central México (Enríquez-Mercado et al., 2018). Recently, a study on the population viability analysis on *K. h. murrayi* along the Mexican Transvolcanic Belt (Macip-Ríos et al., 2021) suggested further studies on subspecies of *K. hirtipes* be conducted to identify healthy populations and to develop head-starting programs when populations are declining.

The data available on the basic population ecology of *K. h. murrayi* and other subspecies of *K. hirtipes* (Enríquez-Mercado et al., 2018; Macip-Ríos et al., 2021) suggests that these taxa could share the habitat with *K. integrum*, which could outnumber most of the sites where these turtles occur in sympatry; which indicates that populations living alone and without the presence of other potential competitors (introduced) are important assets to understand basic population dynamics of *K. hirtipes* subspecies populations, which could be useful for future conservation strategies.

In this study, we conducted 19 sampling events in a population of *K. h. murrayi* in the highland of Michoacán (2203 meters above sea level), where the population is free of the presence of *K. integrum* in Michoacán. Along with other reported records for *K. hirtipes* (Estado de México and Mexico City Valley), the studied population represents the altitudinal limit of the studied taxon.

Since the studied population occurs at high altitude locality, trends such small body size (slow growing), reduced reproductive output, and reduced mating season are expected, while other life history traits could also be associated with the limitation of inhabiting high-altitude environments. Therefore, the aims of this paper were to explore the population size, structure, sex ratio, and describe the basic reproductive ecology of *Kinosternon hirtipes murrayi* in a high-altitude locality in Michoacán, México.

## MATERIALS AND METHODS

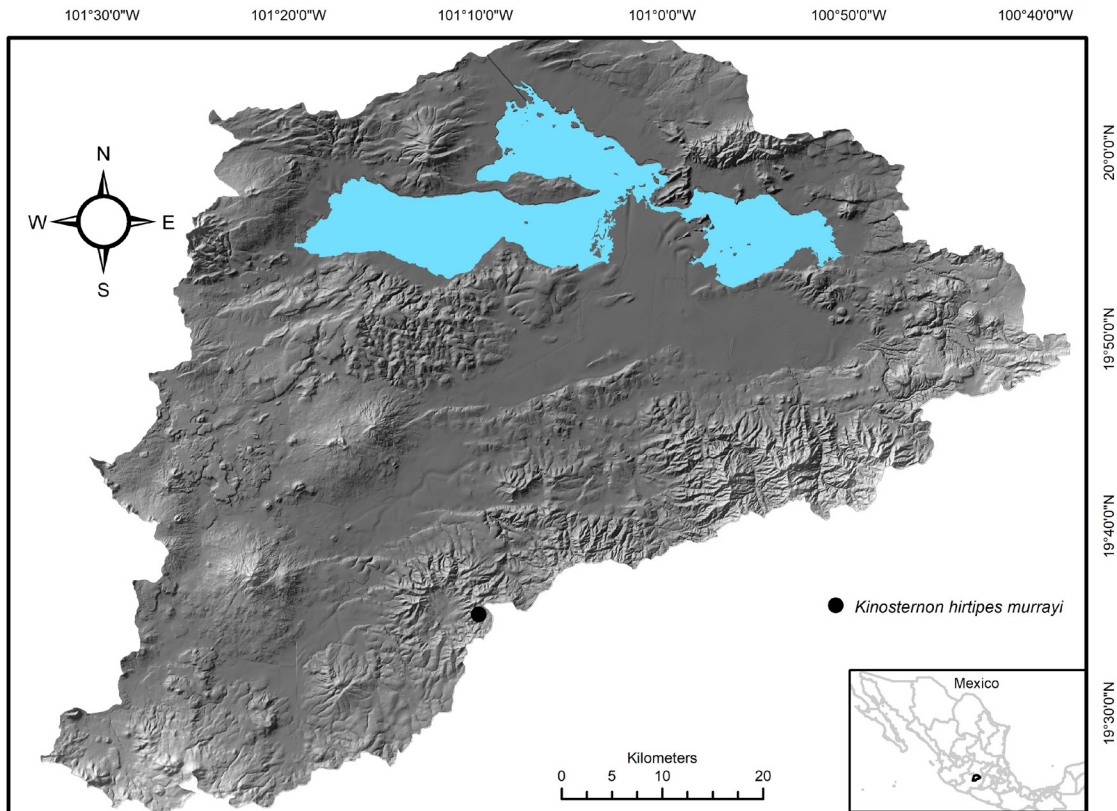
### Study site

Data were collected in two rainy seasons, from middle August to mid-November 2017, and from early August to early November 2019. Both seasons sum 19 sampling events (three in 2017 and 16 in 2019). We surveyed a population of *K. h. murrayi* at the Loma Caliente locality (19.5880556° N, -101.1630555° W; WGS84) in the municipality of Morelia, Michoacán (Fig. 1). The study site is a lagoon (with a very small dam) with associated wetlands and narrow interconnected canals. The site is 2203 meters above sea level. The Loma Caliente lagoon has an area of 108.62 has (Rendon et al., 2007). The study site is part of the Loma Caliente-Umécuaro subbasin (at the highlands of the larger Cuitzeo basin). Loma Caliente lagoon along with the Umécuaro dam is part of a system of man-made reservoirs used for a small and old (1907) electricity production station (Guevara-Santamaría & Gómez Tagle-Chávez, 2012; Pantoja-Iturbide & López-Núñez, 2017).

The climate in the study site is temperate sub-humid (Cb)(w2) (w)(i) (g). Annual average temperature oscillates between 12-14° C, occasionally reaching a monthly average of 16-18° C, with an increase of temperature from March to May and dropping again in June with the rainy season. Annual precipitation ranges from 1000 to 1200 mm, with sporadic frosts falling from November to March (Carlón-Allende and Mendoza, 2007). The main terrestrial habitat is composed of pine and oak forests with patches of secondary vegetation and induced grassland. This study site represents one of the limits of altitude distribution for *K. h. murrayi* (Iverson, 1981; Berriozabal-Islas et al., 2020).

### Sampling protocol

We conducted a total of 19 sampling events (see above for details). At least two people went every week to the study site. On each sampling event, nine funnel traps (304.8 mm width x 914.4 mm length and 10 mm of net opening) were settled along the canals and the streams flowing out of the Loma Caliente lagoon. Traps were settled according with water availability and the required dept. Distance between traps was variable, but roughly variate



**Figura 1.** Localización del área de estudio en la cuenca alta de Cuitzeo. El punto negro indica la localidad de Loma Caliente, Michoacán. Área azul = Laguna de Cuitzeo.

**Figure 1.** Location of the study area at the upper part of Cuitzeo basin. The closed circle indicates Loma Caliente, Michoacán. Blue area = Cuitzeo lagoon.

between 15 and 30 m. A fyke net (6000 mm length and 500 mm high, with 20 mm of net opening) was used in a wetland that connects Loma Caliente lagoon with the Umécuaro dam system. Funnel traps and fyke net were baited with fresh fish. Traps were set for 48 hours and checked every 24 hours.

### Turtle handling and measurements

Each captured turtle was measured and weighed following the standard measurements for turtles such: straight-line carapace length (CL), straight-line carapace width (CW), carapace high (CH), plastron length (PL), plastron width (PW), and body mass (BM). Each turtle was individually marked using the code proposed by Cagle (1939). Morphological measurements were taken using a dial caliper (Swiss Precision Instruments, Altstätten, Switzerland; 0.1 mm) and weighed with an electronic scale (American Weigh Scales, Cumming, Georgia; 1g). Males were identified from females due to typical secondary sexual characters such as longer tail, the presence of a strong and developed nail in the tip of the tail, concave and reduced

plastron, and a large head, whereas females have larger and wider plastron (enclose all limbs, head, and tail), and shorter tails (Iverson, 1981). Individuals were considered immature if secondary sexual characteristics were not evident.

Captured males and immature turtles were returned to the habitat immediately after being processed, while females were brought to the laboratory (only those captured in 2019) to take X-ray photographs (Gibbons & Greene, 1979). Females were held for 8 days in the lab and returned to the original capture site at the next sampling event. When females were recaptured within two weeks from the previous capture, they were brought back to the laboratory to take another round of X-ray photographs to look for subsequent clutches. So far, there is no evidence of harm caused using X-ray on turtles and their eggs. This is a nondestructive sampling technique that allows gather important reproductive and morphological data (Gibbons, 2017). Clutch size was estimated by directly counting eggs in the X-ray photographs, also eggs were measured for length and width

directly in the radiograph using a dial caliper (Swiss Precision Instruments, Altstätten, Switzerland; 0.1 mm).

### Data analysis

Due to the short period of time sampled, population size was estimated using a jackknife estimate model of heterogeneity Mh (Chao, 1989). The system was considered a close population since we only conducted three sampling events in 2017 (one each month from September to November and captured 30 adults); nevertheless, we used all 19 sampling events (including 2017 and 2029). To choose the best model of population size we used the Akaike Information Criterion (AIC). Calculations were conducted using Rcapture ver. 1.4-3 under the function closedp.0 (Rivest & Baillargeon, 2019) implemented in R (R Core Team, 2018). Additionally, we explored a simple open loglinear population model (Rivest & Diagle, 2004; Baillargeon & Rivest, 2007) implemented in Rcapture ver. 1.4-3 under function openp (Rivest & Baillargeon, 2019). Capture probabilities (p) were also calculated in Rcapture under a loglinear model under function openp (Rivest & Baillargeon, 2019). The expected 1:1 sex ratio was tested using a Chi-squared test also in R version 4.1.2 (R Core Team, 2018). To describe population structure, we used Enríquez-Mercado et al. (2018) body size categories, which were: < 50 mm in CL for hatchlings/yearlings, 50-90 mm CL for immatures, 90-140 mm CL for adults, and > 140 for old adults (asymptotic adults).

Body size (CL, CH, CW, PL, and PW) and body mass were compared between adult males and females with a Student *t*. Normality (tested with Shapiro-Wilk) and homoscedasticity (tested with Bartlett) tests were conducted to assure parametric assumptions (Zar, 1999). We ran a regression analysis between body size (CL) with clutch size to determine if there was an association between body size and reproductive output and to test if the clutch size was correlated with egg size (length and width).

Finally, we tested if the egg size was constrained by pelvic aperture following Congdon et al. (1983) and we looked for two types of evidence: 1) greater egg elongation (egg length/egg width ratio) in small females and 2) equality in the slopes of the regression lines between egg width and pelvic width (aperture) with body size. A greater egg elongation in small females evaluated with a negative correlation between egg length/egg width ratio with body size is considered as evidence of pelvic constraint on egg size (King, 2000). Pelvic apertures were directly measured in the radiographs; accordingly, egg size and pelvic aperture will be referred to as XEW (X-ray egg width) and XPW (X-ray pelvic width). We used an ANCOVA to compare the

slopes of XEW with CL and XPW with CL. All statistical tests were conducted in R version 4.1.2 (R Core Team, 2018) with an alpha = 0.05.

### RESULTS

A total of 139 *Kinosternon hirtipes murrayi* turtles were captured in two seasons from middle August to mid-November in 2017 (30 individuals captured; 14 males, 14 females, 2 immatures) and from early August to early November of 2019 (109 individuals captured; 58 males, 37 females, 14 immatures) in Loma Caliente, Michoacan. Forty-six turtles were recaptured (32.85 %). Two turtles were recaptured seven times, one turtle five times, two turtles four times, nine turtles three times, 10 turtles twice, and 22 turtles were recaptured only once.

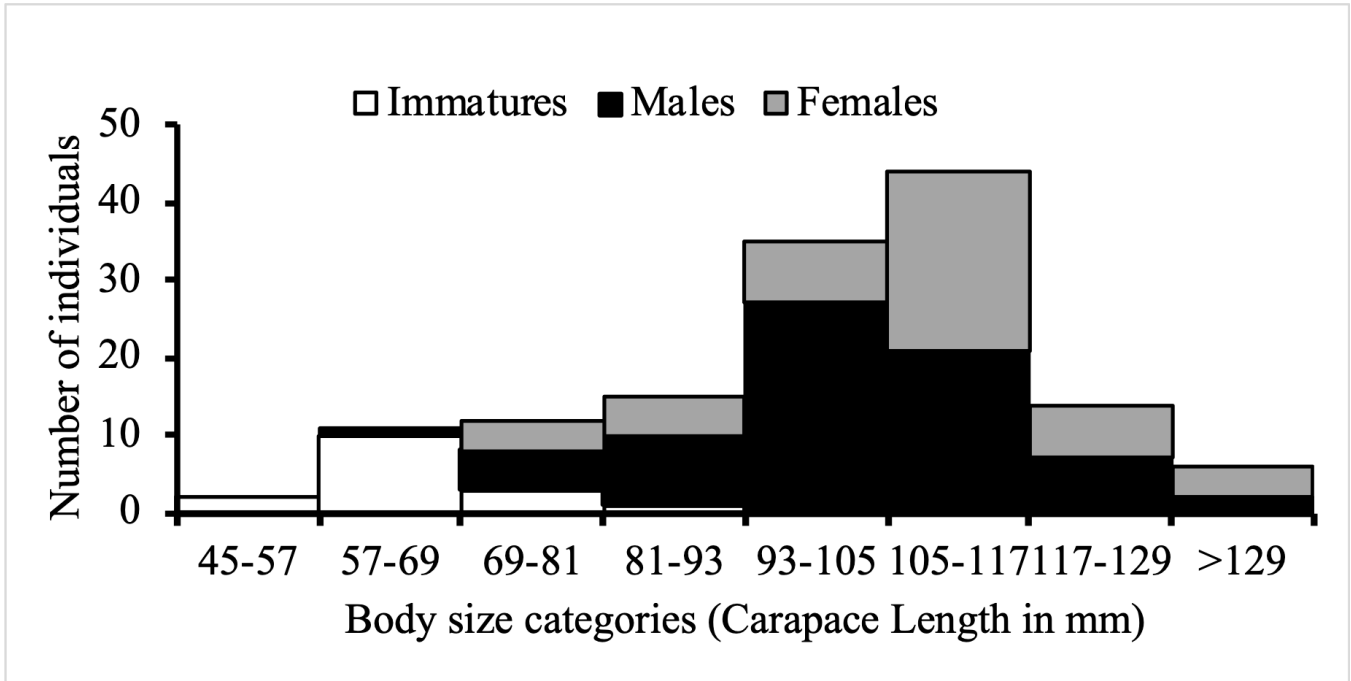
Estimated population size under the Mh model for 19 sampling events was 330 ( $\pm 58.1$  SE) individuals (AIC = 43.134, 95% lower confidence interval = 241.2 – 95% upper confidence interval = 481.4). Estimated abundance under the open population model was 232 ( $\pm 32.4$  SE) individuals. Capture probabilities (p) during sampling events ranged from 0.14 to 0.37, with an average  $p = 0.26$  ( $\pm 0.084$  SE). The sex ratio was 1.35:1 with 72 adult males and 53 adult females, nevertheless, the sex ratio was not statistically different from 1:1 ( $\chi^2 = 2.88$ ,  $p = 0.0892$ ) (Table 1).

**Tabla 1.** Modelos log-lineales explorados para estimar el tamaño de una población cerrada de *K. h. murrayi* en Loma Caliente, Michoacán. La última fila resume el modelo log-lineal explorado para una población abierta. SE = error estándar, DF = grados de libertad, AIC = criterio de información de Akaike, BIC = criterio de información bayesiano.

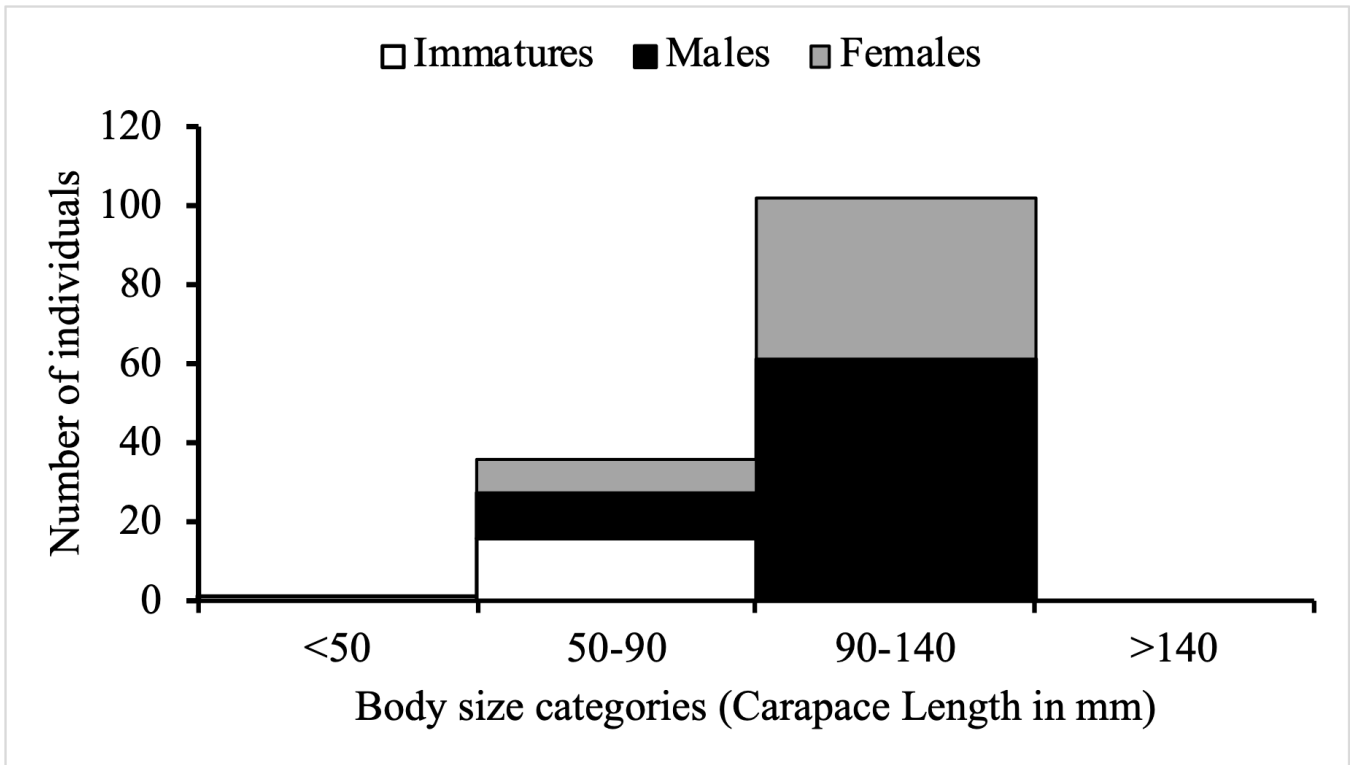
**Table 1.** Explored loglinear close population models used to estimate the population size of *K. h. murrayi* at Loma Caliente, Michoacán. The line in the bottom summarizes the loglinear open population model explored. SE = standard error, DF = degrees of freedom, AIC = Akaike's information criterion, BIC = Bayesian information criterion.

Model	Abundance	SE	Deviance	DF	AIC	BIC
<i>M0</i>	198.4	13.2	50.883	17	81.619	87.503
<i>Mh Chao (LB)</i>	330.2	58.1	6.398	14	43.134	57.842
<i>Mh Poisson2</i>	198.4	13.2	50.798	16	83.534	92.359
<i>Mh Darroch</i>	273.8	28.3	17.404	16	50.14	58.965
<i>Mh Gamma3.5</i>	615.7	155	8.266	16	41.002	49.827
<i>Open population estimate</i>	232.6	32.4	168.086	1001	322.28	-





**Figura 2.** Estructura de la población basada en intervalos de clase (largo de carapacho) de 12 mm de la población de *Kinosternon hirtipes murrayi*, en Loma Caliente, Michoacán.  
**Figure 2.** Population structure based on 12 mm body size (carapace length) intervals of the *Kinosternon hirtipes murrayi* studied population at Loma Caliente, Michoacán.



**Figura 3.** Estructura de la población de *Kinosternon hirtipes murrayi* en Loma Caliente, Michoacán. La estructura de la población está basada en las categorías de Enríquez-Mercado et al. (2018).  
**Figure 3.** Population structure of *Kinosternon hirtipes murrayi* at Loma Caliente, Michoacán. The population structure is based on Enríquez-Mercado et al. (2018) categories from a previous study on a different population of *Kinosternon hirtipes murrayi* in La Mintzita, Michoacán

We followed the size categories proposed by Enríquez-Mercado et al. (2018) for the same species in a nearby locality to describe the population structure. The population structure was composed mainly by adults. We captured 101 individuals in the 95 - 140 mm size category (adults), followed by 39 immature individuals. No old adults (asymptotic), and only one hatchling/yearling was captured (Fig. 2). Individuals in this population seems to have a very small body size, consequently we explored other approach to describe the population structure. To accomplish that, we used the Sturges rule to identify categories in a series of continuous data (Daniel, 2001). Using Sturges' approach for this population we find eighth size categories starting at an interval of 45 - 57 mm through those individuals larger than 129 mm of CL. When using this approach, now the population is structured by immatures, young males and females, and large adults (Fig. 3). We consider keeping both approaches of population structure is valuable to compare with alike studies like that of Enríquez-Mercado et al. (2018).

Carapace length of males and females did not show significant differences ( $t = 0.54$ ,  $P = 0.58$ ); CW ( $t = 1.36$ ,  $p = 0.17$ ) and BM also did not show statistical differences ( $t = 1.46$ ,  $p = 0.14$ ). Females had higher carapaces ( $t = 3.13$ ,  $p = 0.002$ ), larger PL ( $t = 2.42$ ,  $p = 0.017$ ), and wider PW than males ( $t = 2.04$ ,  $p = 0.04$ ). Overall morphological measures are presented in Table 2.

Thirty-five radiographs were taken from females captured in 2019 (no radiographs were taken in 2017). Only 19 females (36%) had eggs in their oviducts. Maximum clutch size was five eggs, and the minimum were two eggs. Average clutch size was  $3.22 \pm 0.87$  SD eggs. Average egg length was  $29.26 \pm 2.01$  mm and the average egg width was  $17.01 \pm 0.69$  mm. We did not find any correlation ( $\chi^2 = 0.12$ ,  $F = 2.52$ ,  $p = 0.131$ ) between body size (CL) and clutch size. Clutch size and egg length was negatively correlated ( $R^2 = 0.28$ ,  $F = 6.93$ ,  $p = 0.01$ ; Fig. 4), whereas egg width was not correlated with clutch size ( $R^2 = 0.003$ ,  $F = 0.05$ ,  $p = 0.82$ ). We find evidence for pelvic constraint in egg size, since both slopes of the regressions of XEW and XPW with body size (CL) did not show differences ( $F = 2.14$ ,  $p = 0.16$ ). Pelvic width (XPW) with body size (CL) slope was 2.05, while egg width (XEW) with body size slope was 3.35 (Fig. 5). However, egg elongation (average egg elongation per clutch and max elongation per clutch) was not correlated with body size (average egg elongation  $R^2 = 0.009$ ,  $p = 0.685$ ; max egg elongation  $R^2 = 0.057$ ,  $p = 0.322$ ).

## DISCUSSION

The population of *K. h. murrayi* at the Loma Caliente locality seems healthy since we found an important number of reproductive

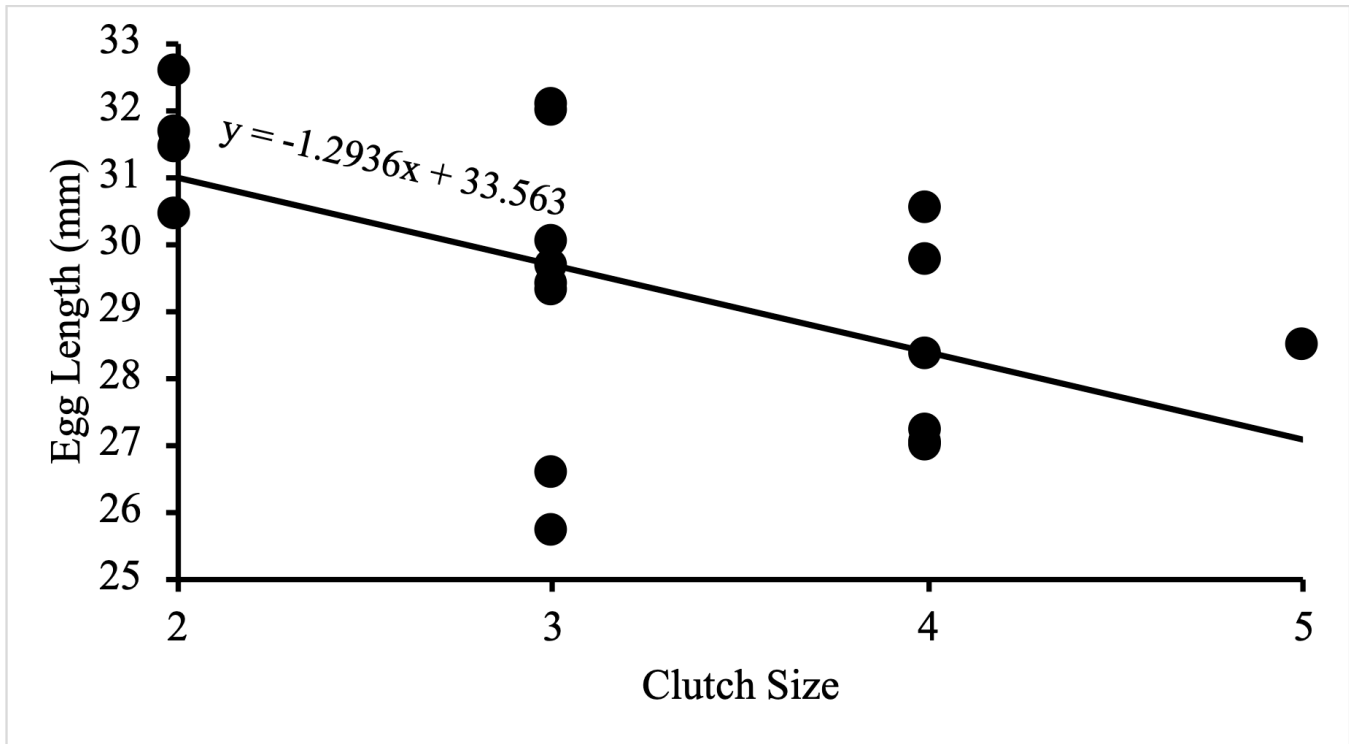
adults structuring the population, with a non-skewed sex ratio, and evidence of reproductive activity. The studied population is abundant in the locality and, due to the extension of the Umécuaro reservoir nearby (therefor a high potential availability habitat), overall abundance is potentially high in the study area. No individuals of *K. integrum* were recorded during our sampling, which is relevant regarding other findings when *K. hirtipes* showed lower abundance when it occurs in sympatry with *K. integrum* (Macip-Ríos et al., 2021).

The studied population showed a slightly larger population size compared with other nearby population of the same species (conducted with the same methods; Enríquez-Mercado et al., 2018), or compared with other species of kinosternids in the tropics with also similar methods (Forero-Medina et al., 2007; Vázquez-Gómez et al., 2016; Macip-Ríos et al., 2018). The equal sex ratio documented in our study was similar to those reported for *K. creaseri* (Macip-Ríos et al., 2018), but differ from other studies, when female-biased sex ratios were reported (Forero-Medina et al., 2007; Macip-Ríos et al. 2009; Vázquez-Gómez et al., 2016; Aparicio et al., 2018; Reyes-Grajales et al., 2021), or male biased sex ratios (3:1; Enríquez-Mercado et al., 2018). Regarding population structure, same as our results, long-term (Iverson, 1991a; Forero-Medina et al., 2007; Macip-Ríos et al. 2009) and short-terms studies (Macip-Ríos et al., 2018; Butterfield et al., 2020; Reyes-Grajales et al. 2021) on turtles reported adult structured populations. Hatchlings and yearlings are difficult

**Table 2.** Medidas morfológicas y rasgos reproductivos de *Kinosternon hirtipes murrayi* en Loma Caliente, Michoacán. SD = Desviación estándar.

**Table 2.** Morphometrics and reproductive traits of the *Kinosternon hirtipes murrayi* in Loma Caliente, Michoacán. SD = Standard deviation.

	Males (mean, SD)	Females (mean, SD)
Carapace Length	107.77 (11.31) mm	109 (14.47) mm
Carapace Width	72.64 (11.76) mm	75.50(9.15) mm
Carapace High	41.74 (5.65) mm	46.36 (8.30) mm
Plastral Length	89.05 (11.87) mm	95.83 (15.10) mm
Plastron Width	54.53(10.67) mm	58.41(8.25) mm
Body Mass	201.71(66.07) gr	223(76.01) gr
	Mean (SD)	Range
Clutch Size	3.32 (0.87) eggs	2 - 5 eggs
Egg Length	29.26 (4.06) mm	27.70 - 32.55 mm
Egg Width	17.01 (0.69) mm	15.76 - 17.87 mm



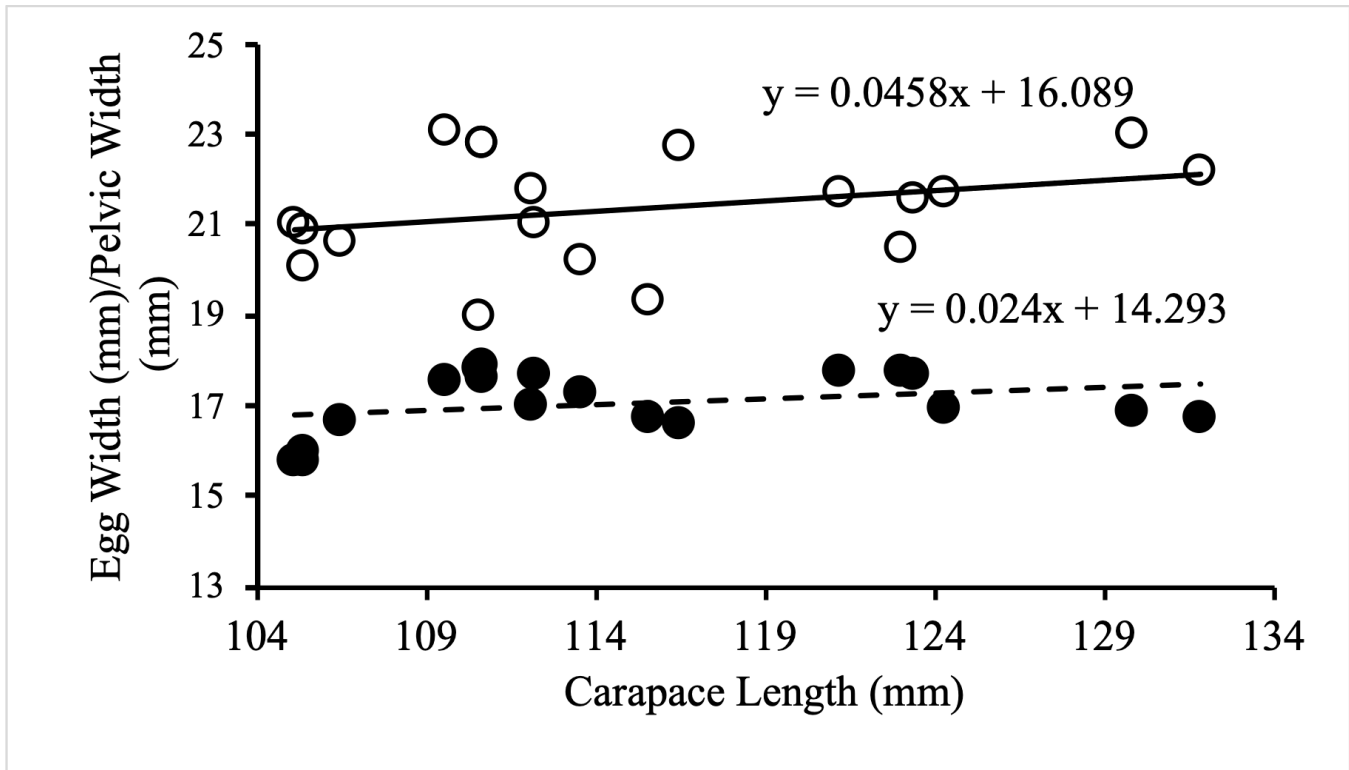
**Figura 4.** Línea de regresión entre el tamaño de la nidada y el largo del huevo (mm) en la población de *Kinosternon hirtipes murrayi* Loma Caliente, Michoacán.

**Figure 4.** Regression line between clutch size and egg length (in mm) in the population of *Kinosternon hirtipes murrayi* at Loma Caliente, Michoacán.

Due to the reduced body size, pelvic constraint on egg size (mainly egg width) could be expected (Condong & Gibbons, 1987; Ryan & Lindeman, 2007; Macip-Ríos et al., 2012). We find partial evidence of egg size constraint due to pelvic aperture (parallel slopes on body size-egg size and body size-pelvic width correlations, but no negative correlation of egg elongation with body size), also egg width showed little variation across its range ( $17.04 \times 0.69$  SD; range = 15.76-17.87), being only 2.10 mm from the widest to the narrowest egg. Other small-sized kinosternids also showed egg width constraint such as *K. chimalhuaca*, while small sized populations of *K. integrum* also showed some degree of pelvic constraint (Macip-Ríos et al., 2013), *K. subrubrum* (Wilkinson & Gibbons, 2005), *Chrisemys picta* (Congdon & Gibbons, 1987), and the distinctive case of *Homopus signatus* (Hofmeyr et al., 2005); nevertheless, some small-size turtles also did not show pelvic constraint such *Sternotherus odoratus* (Wilkinson & Gibbons, 2005), *S. carinatus* (Iverson, 2002), *K. flavescens* (Iverson, 1991a), and the sister taxon of *K. hirtipes*, *K. sonoriense* (Lovich et al., 2012). It will be interesting to explore pelvic constraint in the smallest kinosternids such as *K. vogti* and *K. cora* to test the consequences of miniaturization and their within-clutch trade-offs as was explored by Heston et al. (2022).

Compared with other studies (Frazer et al. 1991; Iverson, 1991a; Forero-Medina et al., 2007), the sampling period of our study was very reduced, just covering the peak of the rainy season until temperatures dropped by mid fall. However, our weekly capture-recapture sampling (in 2019) allowed us to gather relevant information on reproduction, abundance, and population structure. If a population is abundant enough and fairly “catchable”, the use of a standard method could assure good data, which is what we did in this study. We recognize the limitation of our study in the way we cannot deliver population dynamics results, annual survival (30 in 2017 and 109 in 2019), detection of age/size categories or multiple clutches, since we only collected turtles from the middle to final parts of the reproductive season (of 2019).

Our results let us conclude that the Loma Caliente population seems healthy, reproducing (and potentially recruits), and showed a smaller body size compared with other species of the genus and populations of the same subspecies, which suggest this population is adapted to temperate conditions, more like the species from higher latitudes, in contrasts with species from the tropics (Macip-Ríos et al., 2011; Vázquez-Gómez et al., 2016; Macip-Ríos et al., 2018).



**Figura 5.** Línea de regresión entre el largo de carapacho (mm) y el ancho del huevo (mm; círculos cerrados), y entre el largo del carapacho y la apertura pélvica (mm, círculos abiertos) de la población de *Kinosternon hirtipes murrayi* en Loma Caliente, Michoacán.

**Figure 5.** Regression lines between carapace length (in mm) and egg width (in mm; closed circles), and carapace length and pelvic width (in mm; open circles) of the studied population of *Kinosternon hirtipes murrayi* at Loma Caliente, Michoacán.

to catch, especially in large aquatic habitats, very few studies reported a high number of hatchlings and yearlings, most of them from small ponds, when turtles are confined (Macip-Ríos et al., 2011; Aparicio et al., 2018; Macip-Ríos et al., 2018), this contrast with studies on lotic systems (like the presented here) when organisms move along the streams and creeks (Garrido et al. 2021), which could be correlated with low recapture rates.

According to Crouse et al. (1987) and Congdon et al. (1994), stable turtle populations tend to be structured by immature individuals rather than reproductive adults, however, we consider the Loma Caliente *K. hirtipes* population is stable since it has a non-skewed sex ratio, females showed evidence of reproductive activity (see results for clutch size), nevertheless, trapping methods could avoid hatchlings and yearlings, but our funnel and fike net have very small net opening. Otherwise, it could be that hatchlings could face low survivorship due to a high predation rate, which is expected according to its survivorship curve (Iverson, 1991b). Other studies such as Macip-Ríos et al. (2009) and Garrido et al. (2021) also showed a small number of hatchlings and yearlings in dense turtle populations, but low

density of hatchling also could be related with a differentiated use of the habitat (Macip-Ríos et al. 2009).

One interesting finding of our study is the body size of males and females are smaller than other studied populations of *K. h. murrayi* from northern Mexico (Iverson, 1985; Iverson et al., 1991; Smith et al., 2015; Platt et al., 2016b) and even smaller than a nearby (16 km) population in La Mintzita spring (Enríquez-Mercado et al., 2018) with records of very small males (79.4 mm of CL for a fully developed male) showing secondary sexual characters.

We did not find sexual size dimorphism, which seems variable across the species range (Iverson et al., 1991). The temperate climate of Michoacan highlands, with a seasonal rainy season from June to September, could be related to shorter growing seasons for turtles, on the other hand, there are observations of immature individuals growing faster at low elevation in other species of *Kinosternon* (Macip-Ríos et al., 2011), which could explain the small body size of the studied population.

Recently, Macip-Ríos et al. (2021) suggested that *K. hirtipes* subspecies are under threat, with several factors that locally affects the viability of the populations/subspecies. One of these threats is the presence of *K. integrum* in sympatry and outnumbering the populations of *K. hirtipes*. In the study site there is no evidence of the presence of *K. integrum* in the study area, also we did not detect other threats different from habitat degradation, which is generalized in Central Mexico, but there is no human use (food or medicine) of turtles in Loma Caliente.

**Acknowledgments.**— This research was funded by the DGPA-PAPIIT project no. IA200418 and the Turtle Conservation Fund (administered by the Global Wildlife Conservation grant 5220,002-0260). Diana Nieves, Valeria Martén, and Giovana Villaloz helped with field work. Miss Flor Hernández also helped with logistics and field work. We want to thank to Dr. Rafael Aguilar Romero for his help with the map. Turtles were collected under the permit number SGPA/DGVS/01156/19. All animals were handled and processed under ethical treatment in accordance with husbandry standards. Two anonymous reviewers made important comments and suggestions to improve this manuscript.

## CITED LITERATURE

- Aparicio, A., I. Enríquez-Mercado, A. Montiel-Ugalde, E. Gaona-Murillo, T. Butterfield & R. Macip-Ríos. 2018. Ecological observations of the Mexican mud turtle (*Kinosternon integrum*) in the Pátzcuaro basin, Michoacán, México. *Chelonian Conservation and Biology* 17:284-290.
- Baillargeon, S. & L.P. Rivest. 2007. Recapture: Longlinear models for capture-recapture in R. *Journal of Statistical Software* 19:1-31.
- Berriozabal-Islas, C., A. Ramírez-Bautista, F. Torres-Ángeles, J.F. Mota-Rodríguez, R. Macip-Ríos & P. Octavio-Aguilar. 2020. Climate change effects on turtles of the genus *Kinosternon* (Testudines: Kinosternidae): an assessment of habitat suitability and climate niche conservatism. *Hydrobiologia* 847:4091-4110.
- Butterfield, T.G., D.D. Beck & R. Macip-Ríos. 2020. Population characteristics of the Mexican spotted wood turtle (*Rhinoclemmys rubida perixanha*) along the pacific coast of Mexico. *Herpetological Conservation and Biology* 15:79-86.
- Cagle, F.R. 1939. A system of marking turtles for future identification. *Copeia* 1939:170-173.
- Carlón-Allende, T. & M.E. Mendoza. 2007. Análisis hidrometeorológico de las estaciones de la cuenca del lago de Cuitzeo. *Investigaciones Geográficas. Boletín del Instituto de Geografía* 63:56-76.
- Chao, A. 1989. Estimating population size for sparse data in capture-recapture experiments. *Biometrics* 45:427-438.
- Congdon, J.D., J.W. Gibbons & J.L. Green. 1983. Parental investment in the chicken turtle (*Deriochelys reticularia*). *Ecology* 64:419-425.
- Congdon, J.D. & J.W. Gibbons. 1987. Morphological constraint on egg size: a challenge to optimal egg size theory? *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 84:4145-4147.
- Congdon, J.D., A.E. Dunham & R.C. van Loben Sels. 1994. Demographics of common snapping turtles (*Chelydra serpentina*): implications for conservation and management of long-lived organisms. *American Zoologist* 34:397-408.
- Crouse, D.T., L.B. Crowder & H. Caswell. 1987. A stage-based population model for Loggerhead sea turtles and implications for conservation. *Ecology* 68:1412-1423.
- Daniel, W.W. 2001. *Bioestadística. Base para el análisis de las ciencias de la salud*. Limusa, México DF, México.
- Enríquez-Mercado, I., A. Montiel-Ugalde, A. Aparicio, E. Gaona-Murillo, T.G. Butterfield & R. Macip-Ríos. 2018. Population ecology and home range of the Mexican Rough-footed mud turtle (*Kinosternon hirtipes murrayi*) in Central Mexico. *Acta Herpetologica* 13:109-115.
- Forero-Medina, G., O.V. Castaño-Mora & O. Montenegro. 2007. Abundance, population structure, and conservation of *Kinosternon scorpioides* albogulare on the Caribbean Island of San Andrés, Colombia. *Chelonian Conservation and Biology* 6:163-169.
- Garrido, J.R., T.G. Butterfield, A.G. Scoville, R. Macip-Ríos & D.D. Beck. 2021. Comparing semi-urban and forest populations of the Jalisco mud turtle (*Kinosternon chimalhuaca*) in Mexico. *Herpetological Review* 52:725-729.
- Frazer, N.B., J.W. Gibbons & J.L. Greene. 1991. Life history and demography of the common mud turtle *Kinosternon subrubrum* in South Carolina, USA. *Ecology* 72:2218-2231.



- Gibbons, J.W. 2017. Does radiation affect turtles? in: Savannah River Ecology Laboratory. Ecoviews, Georgia, USA. <http://archive-srel.uga.edu/outreach/ecoviews/ecoview171105.htm> [Consultado en abril 2022]
- Gibbons, J.W. & J.L. Greene. 1979. X-ray photograph: A technique to determine reproductive patterns of freshwater turtles. *Herpetologica* 35:86-89.
- Guevara-Santamaría, M.A. & A. Gómez Tagle-Chávez. 2012. Análisis morfométrico y delimitación de unidades ambientales homogéneas de la subcuenca hidrográfica Umécuaro-Loma Caliente. Pp. 63-72. En: Bravo-Espinosa, M., G. Barrera-Camacho, M.E. Mendoza, J.T. Sáenz, F. Bahena-Juárez & R. Sánchez-Martínez (Eds.). *Contribuciones para el Desarrollo Sostenible de la Cuenca del Lago de Cuitzeo, Michoacán*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigación Regional Pacífico Centro, Universidad Nacional Autónoma de México. Morelia, Michoacán, México.
- Heston, L., P. Meylan & J.M. Goessling. 2022. Life history consequences of miniaturization in turtles: evidence from the subfamily Kinosternidae (Testudines: Kinosternidae). *Biological Journal of the Linnean Society* 135:558-568.
- Hofmeyr, M.D., B.T. Henen & V.J.T. Loehr. 2005. Overcoming environmental and morphological constraints: egg size and pelvic kinesis in the smallest tortoise, *Homopus signatus*. *Canadian Journal of Zoology* 83:1343-1352.
- Iverson, J.B. 1981. Biosystematics of the *Kinosternon hirtipes* species group (Testudines: Kinosternidae). *Tulane Studies of Zoology and Botany* 23:1-74.
- Iverson, J.B. 1985. Geographic variation in sexual dimorphism in the mud turtle *Kinosternon hirtipes*. *Copeia* 1985:388-393.
- Iverson, J.B. 1991a. Life history and demography of the yellow mud turtle, *Kinosternon flavescens*. *Herpetologica* 47:373-395.
- Iverson, J.B. 1991b. Patterns of survivorship in turtles (order Testudines). *Canadian Journal of Zoology* 69:385-391.
- Iverson, J.B. 2002. Reproduction in female razorback mud turtles (*Sternotherus carinatus*: Kinosternidae). *The Southeastern Naturalist* 47:215-224.
- Iverson, J.B., E.L. Barthelmess, G.R. Smith & C.E. DeRivera. 1991. Growth and reproduction in the mud turtle *Kinosternon hirtipes* in Chihuahua, Mexico. *Journal of Herpetology* 25:64-72.
- King, R.B. 2000. Analyzing the relationship between clutch size and female body size in reptiles. *Journal of Herpetology* 34:148-150.
- Legler, J.M. & R.C. Vogt. 2013. *The Turtles of Mexico. Land and freshwater forms*. University of California Press, Berkeley, California, USA.
- Lovich, J.E., S.V. Madrak, C.A. Drost, A.J. Monatesti, D. Casper & M. Znari. 2012. Optimal egg size in a suboptimal environment: reproductive ecology of female Sonora mud turtle (*Kinosternon sonoriense*) in central Arizona, USA. *Amphibia-Reptilia* 33:161-170.
- Macip-Ríos, R., M.L. Arias-Cisneros, X.S. Aguilar-Miguel & G. Casas-Andreu. 2009. Population ecology and reproduction of the Mexican mud turtle (*Kinosternon integrum*) in Tonatico, Estado de México. *Western North American Naturalist* 69:501-510.
- Macip-Ríos, R., P. Brauer-Robleda, J.J. Zúñiga-Vega & G. Casas-Andreu. 2011. Demography of two populations of the Mexican mud turtle (*Kinosternon integrum*) in central Mexico. *Herpetological Journal* 21:235-245.
- Macip-Ríos, R., P. Brauer-Robleda, G. Casas-Andreu, M.L. Arias-Cisneros & V.H. Sustaita-Rodríguez. 2012. Evidence for the morphological constraint hypothesis and optimal offspring size theory in the Mexican mud turtle (*Kinosternon integrum*). *Zoological Science* 29:60-65.
- Macip-Ríos, R., V.H. Sustaita-Rodríguez & G. Casas-Andreu. 2013. Evidence of pelvic and nonpelvic constraint on egg size in two species of *Kinosternon* from Mexico. *Chelonian Conservation and Biology* 12:218-226.
- Macip-Ríos, R., M.T. Jones, L.L. Wiley, T.S. Akre, E. González-Akre & L.F. Díaz-Gamboa. 2018. Population structure and natural history of Creaser's mud turtle (*Kinosternon creaseri*) in Central Yucatán. *Herpetological Conservation and Biology* 13:366-372.
- Macip-Ríos, R., C. Anaya-Merchant, E. Gaona-Murillo, A. Montiel-Ugalde & M. de la Cruz-Merlo. 2021. Population viability analysis of *Kinosternon hirtipes murrayi* in Central México, with notes on the conservation status of the other three subspecies of the lineage. *Chelonian Conservation and Biology* 20:50-59.
- Pantoja-Iturbide, D. & M.C. López-Núñez. 2017. El paisaje de la electricidad como patrimonio. Inventario y catalogación de las redes hidroeléctricas de la región de Morelia, México, como



- herramientas para su valoración. Pp. 1-21. En M. H. Zaar, M. Vasconcelos, & H. Capel. La Electricidad y el Territorio. Historia y Futuro. Universidad de Barcelona-Geocrítica, Barcelona, España.
- Platt, S.G., A.R. Berezin, D.J. Miller & T.R. Rainwater. 2016a. A dietary study of the Rough-footed Mud turtle (*Kinosternon hirtipes*) in Texas, USA. *Herpetological Conservation and Biology* 11:142-149
- Platt, S.G., D.J. Miller, T.R. Rainwater & J.L. Smith. 2016b. Notes on the reproductive ecology of the rough-footed mud turtle (*Kinosternon hirtipes*) in Texas, USA. *Acta Herpetologica* 11:221-225.
- Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA). 2020. Profepa asegura precautoriamente más de 15 mil tortugas que pretendían exportarse de manera ilegal a China. Retrieved from: <https://www.gob.mx/profepa/prensa/profepa-asegura-precautoriamente-mas-de-15-mil-tortugas-que-pretendian-exportarse-de-manera-ilegal-a-china?idiom=es>. [Consulted on 5 January 2021]
- R Core Team. 2018. R: A language and environment for statistical computing foundation. R Foundation for Statistical Computing, Vienna Austria: <http://www.R-project.org>. [Consulted on 5 January 2021]
- Rendón-López, M.B., A.A. Vázquez-Aguirre, A. Chacón-Torres & A. Ayala. 2007. Efectos del manejo hidráulico en un sistema de pulsos “Presa de Umécuaro”, municipio de Morelia, Michoacán. Memorias (en extenso) del VI Congreso Internacional y XII Nacional de Ciencias Ambientales. Chihuahua, Chihuahua, México.
- Reyes-Grajales, E., R. Macip-Ríos, J.B. Iverson & W.A. Matamoros. 2021. Population ecology and morphology of the Central Chiapas mud turtle (*Kinosternon abaxillare*). *Chelonian Conservation and Biology* 20:18-26.
- Rivest, L.P. & S. Baillargeon. 2019. Rcapture: Loglinear models for capture-recapture experiments. *Journal of Statistical Software* 19:1-31.
- Rivest, L.P. & G. Diable. 2004. Loglinear models for the robust design in mark-recapture experiments. *Biometrics* 60:100-107.
- Ryan, K.M. & P.V. Lindeman. 2007. Reproductive allometry in the common map turtle, *Graptemys geographica*. *The American Midland Naturalist* 158:49-59.
- Smith, J.L., S.G. Platt & W.J. Boeing. 2015. *Kinosternon hirtipes* (rough-footed mud turtle) maximum size and habitat. *Herpetological Review* 46:82-83.
- Smith, J.L., S.G. Platt, R.L. Martin & E.J. Boeing. 2018. *Kinosternon hirtipes* (Rough-footed mud turtle). Nesting behavior and nest sites. *Herpetological Review* 49:109-110.
- Stanford, C.B., J.B. Iverson, A.G.J. Rhodin, P. P. van Dijk, R.A. Mittermeier, G. Kuchling, K.H. Berry, A. Bertolero, K.A. Bjorndal, T.E.G. Blanck, K.A. Buhlmann, R.L. Burke, J.D. Congdon, T. Diagne, T. Edwards, C.C. Eisemberg, J.R. Ennen, G. Forero-Medina, M. Frankel, U. Fritz, N. Gallego-García, A. Georges, J.W. Gibbons, S. Gong, E.V. Goode, H.T. Shi, H. Hoang, M.D. Hofmeyr, B.D. Horne, R. Hudson, J.O. Juvik, R. A. Kiester, P. Koval, M. Le, P.V. Lindeman, J.E. Lovich, L. Luiselli, T.E.M. McCormack, G.A. Meyer, V.P. Páez, K. Platt, S.G. Platt, P.C.H. Pritchard, H.R. Quinn, W.M. Roosenburg, J.A. Seminoff, H.B. Shaffer, R. Spencer, J.U. Van Dyke, R.C. Vogt & A.D. Walde. 2020. Turtles are in trouble. *Current Biology* 30:R721-R735.
- TTWG (Turtle Taxonomy Working Group; Rhodin, A.G.J., J.B. Iverson, R. Bour, U. Fritz, A. Georges, H.B. Shaffer & P.P. van Dijk). 2021. Turtles of the world: Annotated checklist and atlas of taxonomy, synonymy, distribution, and conservation status (9th edition). In Rhodin, A.G.J., J.B. Iverson, P.P. van Dijk, C.B. Stanford, E.V. Goode, E.V. Buhlmann & R.A. Mittermeier. (Eds.). *Conservation Biology of Freshwater Turtles and Tortoises: a compilation project of the IUCN/SSC Tortoise and Freshwater Turtle Specialist Group*. Chelonian Research Monographs 8:1-142.
- Vázquez-Gómez, A.G., M. Harfush & R. Macip-Ríos. 2016. Observations on population ecology and abundance of the microendemic Oaxaca mud turtle (*Kinosternon oaxacae*). *Herpetological Conservation and Biology* 11:265-271.
- Wilkinson, L.R. & J.W. Gibbons. 2005. Patterns of reproductive allocation: clutch and egg size variation in three freshwater turtles. *Copeia* 2005:868-879.
- Zar, J. 1999. *Biostatistical Analysis*. Prentice Hall. New Jersey, USA.



# PARENTAL CARE AND CLUTCH SIZE OF *PRISTIMANTIS REICHLI* (ANURA: STRABOMANTIDAE) FROM BOLIVIA

## CUIDADO PARENTAL Y TAMAÑO DE PUESTA DE *PRISTIMANTIS REICHLI* (ANURA: STRABOMANTIDAE) DE BOLIVIA

OLIVER QUINTEROS-MUÑOZ<sup>1\*</sup> & RODRIGO AGUAYO<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Museo de Historia Natural Alcide d'Orbigny, Casilla 843, Cochabamba, Bolivia.

<sup>2</sup>Centro de Biodiversidad y Genética, Universidad Mayor de San Simón, Casilla 538, Cochabamba, Bolivia.

\*Correspondence: [ohlisin@gmail.com](mailto:ohlisin@gmail.com)

Received: 2021-06-18. Accepted: 2022-05-13. Published: 2022-06-16.

Editor: Alessandro Catenazzi, Perú.

**Resumen.**— *Pristimantis reichlei* es una especie ampliamente distribuida, ocupando bosques amazónicos de Bolivia, Perú y Brasil. Sin embargo, hay poca información disponible sobre su historia natural o biología reproductiva. Aquí documentamos por primera vez el cuidado parental y el tamaño de puesta para esta especie. Se presume partenogénesis.

**Palabras claves.**— Biología reproductiva, desarrollo directo, comportamiento reproductivo.

**Abstract.**— *Pristimantis reichlei* is a widely distributed species, occurring in the Amazonian forests of Bolivia, Peru and Brazil. However, little information is available on its natural history or breeding biology. Here we document for the first time the parental care and the clutch size of this species. Parthenogenesis is presumed.

**Key words.**— Breeding biology, direct development, reproductive behaviour.

The genus *Pristimantis* Jiménez de la Espada, 1870, is represented by 591 species. Its distribution includes the southern Caribbean, Central America, and South America (Frost, 2021). In Bolivia, 17 species of the genus *Pristimantis* have been registered (those endemics marked with an asterisk): *Pristimantis altamazonicus*, *P. carvalhoi*, *P. danae*, *P. dundeei*, *P. fenestratus*, *P. koehleri*\*, *P. llojsintuta*\*, *P. ockendeni*, *P. olivaceus*, *P. pharangobates*, *P. platydactylus*, *P. reichlei*, *P. samaipatae*\*, *P. skydmainos*, *P. toftae*, *P. ventrimarmoratus* and *P. zimmermanae* (Reichle, 2007; De la Riva & Reichle, 2014; Frost, 2021).

Direct development is typical of many amphibian groups, including the family Strabomantidae (Hedges et al., 2008). Data of parental care in Strabomantidae, including the genus *Pristimantis*, were reported in several studies (e.g., Lynch 1984a; Crump 1996; De la Riva & Lynch, 1997; Vargas & Castro, 1999; Chinchilla-Lemus & Meneses-Pelayo, 2009; Rojas-Rivera et al., 2013; De la Riva & Burrowes, 2014; Mamani et al., 2017).

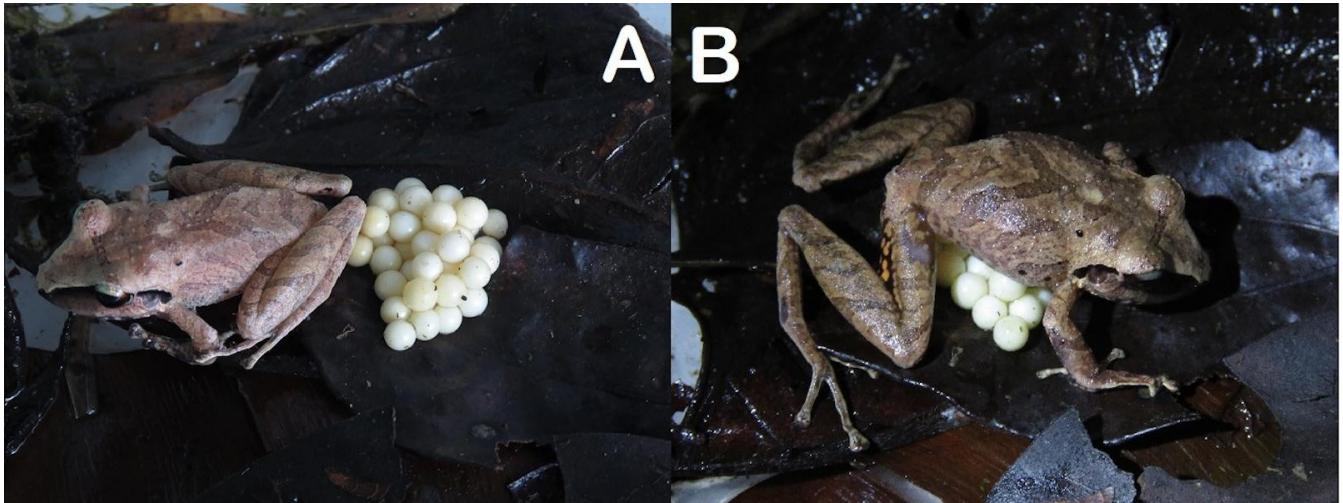
In Bolivia, information about oviposition or parental care in Strabomantidae is available for species of the genus *Microkayla*, namely *Microkayla illampu* (De la Riva, 2007), and *Microkayla*

*teqta* (De la Riva & Burrowes, 2014). Also, a single record exists on parental care in *Yunganastes fraudator*, based on a clutch of 30 eggs (De la Riva & Lynch, 1997) and Martínez & Rodríguez (2007, described the clutch of *Pristimantis danae* from Peru (a species registered in Bolivia). While clutch size and parental care of over 21 species of *Pristimantis* have been described in South America (e.g., Lynch 1979; Lynch 1984b; Rodríguez 1994; Lynch & Duellman, 1997; Carrillo & Catenazzi, 2007; Martínez & Rodríguez, 2007; Chinchilla-Lemus & Meneses-Pelayo, 2009; Lehr, Moravec & Cusi, 2012; Lehr & Von May, 2017), there is very little information on the clutch of the seventeen species of *Pristimantis* reported in Bolivia and nothing is known about reproduction or parental care.

*Pristimantis reichlei* Padial & De la Riva, 2009, is distributed in primary and secondary forests through the Andean slopes of Peru and Bolivia, and has been reported in the Amazonian lowlands of Brazil (Padial & De la Riva, 2009; Melo-Sampaio & Barbosa de Souza, 2010).

During a field trip on December 9, 2019, a gravid female of *P. reichlei* (SVL= 32.73 mm) was found and captured near the





**Figura 1 (A-B).** *Pristimantis reichlei* (LHC = 32.73 mm) hembra adulta cubriendo una puesta de 28 huevos. Fotos: Oliver Q-M.

**Figure 1 (A-B).** Female of *Pristimantis reichlei* (SVL = 32.73 mm) protecting and covering a clutch of 28 eggs. Photos: Oliver Q-M.



**Figura 2.** Juveniles (flechas rojas) de *P. reichlei* provenientes de la puesta de 28 huevos. Fotos: Oliver Q-M.

**Figure 2.** Juveniles (red arrows) of *P. reichlei* from the clutch of 28 eggs. Photos: Oliver Q-M

locality of Yanamayu, in Carrasco National Park, Cochabamba department, Bolivia (-17.413932°; -65.264189°, WGS84, 1484 m.a.s.l.), in the ecological zone of the Yungas Boliviano-Peruanos (Ibisch & Mérida, 2003). At the time of the capture of the female specimen, no male was registered near or in the surroundings.

A few hours after capture of the specimen, a clutch of 28 eggs was observed in the field bag. The female and the clutch were deposited in a plastic container filled with litter and immediately the female completely covered the egg mass with her body. The container was transferred to the work camp located within the same area (Fig. 1). The clutch had the form of a bunch of grapes; the eggs were 4.58 to 4.75 mm in diameter, spherical, whitish-cream. Fourteen eggs were not viable and the other 14 eggs were fertile and completed their development, giving rise to 14 juveniles (Fig. 2). The entire process had a duration of six days, from the moment of capture and oviposition, until the moment of the hatching of the froglets. During this time the female was not subjected to any type of disturbance, and she was protecting the clutch every day, placing herself above the clutch. After the study, the specimens were returned to the area where they were collected.

Martínez & Rodríguez (2007) studied the clutches of 15 individuals of *Pristimantis danae* (sister species of *P. reichlei*) from three localities (between 1240–2040 m a.s.l.) in the Cosñipata valley, Peru. The number of eggs per clutch varied from 28 to 40 eggs and the diameter of the eggs from 2.0 to 3.2 mm; therefore, our results regarding clutch size in *P. reichlei* (SVL 32.73 mm; 28 eggs; 1484 m.a.s.l.) are similar to those of *P. danae*, since they are within the clutch range. While the eggs appear to be significantly larger in *P. reichlei* versus *P. danae* (4.58–4.75 mm vs. 2.0–3.2).

However, the size of the body, that is, the snout-vent length of the female and the number of eggs did not obtain any type of relationship. Likewise, no type of association was found between the clutch size and altitude (30–35 eggs at 1480 m.a.s.l.) as proposed by Martínez & Rodríguez (2007).

According to Lynch, (1971) the amplexus in the genus occurs in a standard axillary position. Although there are known cases of internal fertilization in Strabomantidae, species such as: *Eleutherodactylus coqui* and *Eleutherodactylus jasperi* (Marvalee, 1978, Townsend et al., 1981; Kasinky et al., 2005), fertilization mechanism or any other type of behaviour during the amplexus has not been observed in any species of the genus.

Through the results evidenced in this work, we cannot verify how the fertilization of the eggs was carried out, but we can

verify external development of the embryos. Therefore, since no male was recorded in the vicinity or at the time of capture, we presume that an exceptional case of parthenogenesis could have occurred in the species, this reproductive mechanism being one of the least common in amphibians.

This finding represents the first record of parental care for *Pristimantis reichlei* and for any species of the genus in Bolivia, and the second record of clutch size for a species of the genus in the country.

**Acknowledgements .-** The authors thank R. Carpio, Calcina B. and E. Maldonado for their help with fieldwork. I. De la Riva, A. Catenazzi, J. M. Padial and the anonymous reviewers for their important contribution on this manuscript. T. Rainville for English improvements.

## CITED LITERATURE

- Carrillo, J. & A. Catenazzi. 2007. *Eleutherodactylus buccinator*. Clutch size and parental care. *Herpetological Review* 38:183.
- Chinchilla-Lemus, W. & E. Meneses-Pelayo. 2016. *Pristimantis bacchus* (wine robber frog). Parental care and clutch size. *Herpetological Review* 47:646–647.
- Crump, M.L. 1996. Parental care among the Amphibia. *Advances in the Study of Behavior*. 25:109–144.
- De la Riva, I. & J.D. Lynch. 1997. New species of *Eleutherodactylus* from Bolivia (Amphibia: Leptodactylidae). *Copeia* 1:151–157.
- De la Riva, I. 2007. Bolivian frogs of the genus *Phrynopus* with the description of twelve new species (Anura: Brachycephalidae). *Herpetological Monographs* 21:242–278
- De la Riva, I. & S. Reichle. 2014. Diversity and conservation of the amphibians of Bolivia. *Herpetological Monographs* 28:46–65.
- De la Riva, I. & P.A. Burrowes. 2014. A new species of *Psychrophrynella* (Anura: Craugastoridae) from the Cordillera Real, Department La Paz, Bolivia. *Zootaxa* 3887:459–470.
- Frost, D.R. 2021. *Amphibian Species of the World: an Online Reference*. Version 6.1 (24 March 2022). Electronic Database accessible at <https://amphibiansoftheworld.amnh.org/index.php>. American Museum of Natural History, New York, USA. doi.org/10.5531/db.vz.0001

- Hedges, S.B., W.E. Duellman & M.P. Heinicke. 2008. New World direct-developing frogs (Anura: Terrarana): Molecular phylogeny, classification, biogeography, and conservation. *Zootaxa* 1737:1-182.
- Ibisch, P.L. & G. Mérida (Eds.). 2003. Biodiversidad: La riqueza de Bolivia. Estado de conocimiento y conservación. Editorial FAN, Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. 638 pp.
- Kasinsky, H. E., L.J. Frehlick, H.W. Su & J. Ausio. 2005. Protamines in the internally fertilizing neobatrachian frog *Eleutherodactylus coqui*. *Molecular Reproduction and Development: Incorporating Gamete Research* 70:373-381.
- Lehr, E., J. Moravec & J.C. Cusi. 2012. Two new species of *Phrynopus* (Anura: Strabomantidae) from high elevations in the Yanachaga-Chemillén National Park in Peru (Departamento de Pasco). *ZooKeys* 235:51-71.
- Lehr, E. & R. von May. 2017. A new species of terrestrial breeding frog (Amphibia: Craugastoridae: *Pristimantis*) from high elevations of the Pui Pui Protected Forest in central Peru. *ZooKeys* 660:17-42.
- Lynch, J.D. 1971. Evolutionary relationships, osteology and zoogeography of leptodactyloid frogs. University of Kansas publications, Museum of Natural History Miscellaneous Publication 53:1-238.
- Lynch, J.D. 1979. Leptodactylid frogs of the genus *Eleutherodactylus* from the Andes of southern Ecuador. Miscellaneous Publication - University of Kansas, Museum of Natural History 66:1-62.
- Lynch, J.D. 1984a. A new species of *Eleutherodactylus* (Amphibia: Anura: Leptodactylidae) from southern Andean Colombia. *Herpetologica* 40:234-237.
- Lynch, J.D. 1984b. New frogs (Leptodactylidae: *Eleutherodactylus*) from cloud forests of the northern Cordillera Oriental, Colombia. *Contributions in Biology and Geology, Milwaukee Public Museum* 60:1-19.
- Lynch, J.D. & W.E. Duellman. 1997. Frogs of the genus *Eleutherodactylus* (Leptodactylidae) in western Ecuador: systematic, ecology, and biogeography. University of Kansas, Museum of Natural History 23:1-236.
- Mamani, L., M.I. Diaz, J.W. Tito, F.P. Condori & A. Ttito. 2017. Parental care and altitudinal range extension of the endemic frog *Bryophryne gymnotis* (Anura: Craugastoridae) in the Andes of southeastern Peru. *Phyllomedusa* 16:109-112.
- Martínez, J.L. & L.O. Rodríguez. 2007. *Eleutherodactylus danae*. Reproduction. *Herpetological Review* 38:184.
- Melo-Sampaio, P.R. & M.B. de Souza. 2010. Amphibia, Anura, Strabomantidae, *Pristimantis reichlei* Padial and De la Riva, 2009: First record from Brazil, southwestern Amazonia. *Check List* 6:385-386.
- Padial, J.M. & I. De la Riva. 2009. Integrative taxonomy reveals cryptic Amazonian species of *Pristimantis* (Anura: Strabomantidae). *Zoological Journal of the Linnean Society* 155:97-122.
- Reichle, S. 2007. Anfibios de Bolivia. *Bolivia Ecológica. Centro de Ecología y Difusión Simón I. Patiño* 48:1-32.
- Rojas-Rivera, M.A., P.D.A. Gutiérrez-Cárdenas & S. Cortés-Bedoya. 2013. *Pristimantis achatinus* (Boulenger 1898). *Catálogo de Anfibios y Reptiles de Colombia*.
- Rodríguez, L.O. 1994. A new species of the *Eleutherodactylus conspicillatus* group (Leptodactylidae) from Peru, with comments on its call. *Alytes* 12:49-63.
- Townsend, D.S., D.S. Stewart, F. Harvey & P.F. Brussard. 1981. Internal Fertilization in an Oviparous Frog. *Science* 212:469-471.
- Vargas, S.F. & F. Castro-H. 1999. Cuidado parental en anuros del género *Eleutherodactylus* (Amphibia: Leptodactylidae) presentes en Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 23:407-410.
- Wake, M.H. 1978. The reproductive biology of *Eleutherodactylus jasperi* (Amphibia, Anura, Leptodactylidae), with comments on the evolution of live-bearing systems. *Journal of Herpetology* 12:121-133.



# COMUNICACIÓN ACÚSTICA EN LA PRIMERA ETAPA DE VIDA DE LA TORTUGA DEL RÍO MAGDALENA: *PODOCNEMIS LEWYANA*

## ACOUSTIC COMMUNICATION IN EMBRYOS AND HATCHLINGS OF THE MAGDALENA RIVER TURTLE: *PODOCNEMIS LEWYANA*

JENNIFER SOFÍA DEL RÍO-GARCÍA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Grupo en Ecología Evolutiva y Biogeografía Tropical, ECOBIT, programa de Biología Universidad INCCA de Colombia, Carrera 13 No. 23-28, Bogotá, Colombia. 8 2.

\*Correspondence: [jsofiadrg@gmail.com](mailto:jsofiadrg@gmail.com)

Received: 2021-08-07. Accepted: 2022-05-13. Published: 2022-06-21.

Editor: Jorge Éufrates Morales Mávil, México.

**Abstract.**— This study provides the first evidence of acoustic communication of *Podocnemis lewyana*, an endemic species from Colombia, and presents the results of recordings made of hatching and post-hatching individuals up to two months of age. The vocal repertoire consists of 7 types of sounds varying from pulses to sounds with harmonic and non-harmonic bands, single and high-pitched tones, with frequencies ranging from 76 Hz to 24000 Hz. Additionally, it is suggested that *P. lewyana* possibly possesses a vocal repertoire equally complex to that of *P. expansa*, a closely related species.

**Key words.**— Behavior, bioacoustics, hatchlings, recordings, nests, sounds.

**Resumen.**— En este estudio se provee la primera evidencia de comunicación acústica de *Podocnemis lewyana* presentando los resultados de grabaciones realizadas a individuos que estaban próximos a eclosionar y post eclosionados de hasta dos meses de edad de una especie endémica de Colombia. Se encontró un repertorio vocal conformado por 7 tipos de sonidos que varían de pulsos a sonidos con bandas armónicas y no armónicas, tonos simples y agudos, con frecuencias que varían entre 76 Hz y 24000 Hz. Adicionalmente, se sugiere que *P. lewyana* posiblemente posee un repertorio vocal igualmente complejo al de *P. expansa*, una especie estrechamente relacionada.

**Palabras claves.**— Bioacústica, grabaciones, comportamiento, sonidos, nidos, tortuguillos.

La bioacústica en quelonios es relativamente poco documentada, algunos estudios han revelado que varias especies de tortugas poseen una alta sensibilidad auditiva, por debajo de 1000 Hz (Campbell & Evans, 1967) permitiéndoles captar señales acústicas en el aire y en el agua (Ferrara et al., 2014). Sin embargo, el gran aporte en este campo ocurrió en Brasil cuando se demostró que la tortuga de río más grande de Sudamérica, *Podocnemis expansa*, produce sonidos para comunicarse en sus diferentes etapas de vida, indicando que la especie es social y que el sonido es importante en el intercambio de información y en la sincronización de actividades vitales como la anidación, la eclosión, la salida simultánea de los neonatos hacia el río y el cuidado parental, entre otros (Ferrara et al., 2014; 2013).

La tortuga del río Magdalena *Podocnemis lewyana* es una especie endémica de Colombia (Fig. 1), la cual se distribuye en las cuencas del Caribe y Magdalena-Cauca encontrándose en los



**Figure 1.** Magdalena River Turtle (*Podocnemis lewyana*). Photo: J.S. Del Río.

**Figura 1.** Tortuga del Río Magdalena (*Podocnemis lewyana*) Foto: J.S. Del Río.



**Figure 2.** *Podocnemis lewyana* artificial nest with the microphone assembled during the recording in the air context. Photo: J.S Del Río

**Figura 2.** Nido artificial de *Podocnemis lewyana* con el micrófono montado artesanalmente para la grabación en el contexto aire. Foto: J.S Del Río

ríos Sinú, San Jorge, Cauca y Magdalena en la parte noroccidental del país (Páez et al., 2013). Actualmente, está categorizada en Estado Crítico (CR) de acuerdo con los criterios de la IUCN (Páez et al., 2016). La historia natural de esta especie ha sido bien documentada (Páez et al., 2013), sin embargo, algunos aspectos de su ecología y su comportamiento son insuficientes.

El área de estudio fue el tortugario del programa local de conservación de la tortuga del río Magdalena localizado en el corregimiento de Estación Cocorná, municipio de Puerto Triunfo, departamento de Antioquia en Colombia. Entre julio y noviembre de 2015, se realizaron grabaciones por 2 ó 3 días al mes durante horas variadas en nidos artificiales que estaban próximos a eclosionar, individuos eclosionados y a tortuguillos de hasta dos meses de edad de *Podocnemis lewyana*. Se tuvieron dos contextos de grabación: aire correspondiente a los nidos artificiales con 25 huevos en promedio próximos a eclosionar y agua en la piscina de concreto con una profundidad de 40 cm aproximadamente, la cual contenía inicialmente 26 tortuguillos

llegando a los 80 individuos que variaron entre 8 días a 3 meses de edad, el tamaño de la muestra estudiada varió durante el proyecto debido a las liberaciones que el tortugario realizó.

Las grabaciones se realizaron empleando un micrófono unidireccional Sennheiser ME66 en el contexto aire (Fig. 2) y un hidrófono omnidireccional para el agua (Fig. 3), en ambos casos, acoplados a una grabadora Roland R-26 y audífonos, equipos suministrados por The Cornell Lab of Ornithology. En el contexto aire, las grabaciones realizadas a los nidos artificiales consistieron en eventos de 30 minutos, mientras que las del contexto agua fueron de 60 minutos, teniendo el mayor número de eventos en el agua. La Frecuencia de muestreo se ajustó a 48 kHz y a un tamaño de 24 bits para obtener una mejor calidad en el sonido (Ferrara, 2014). Para cada sesión de grabación se registraron las señales auditivas en el momento en que fueron escuchadas, esto con el fin de facilitar la identificación de los sonidos en el posterior análisis.

**Figure 3.** Artificial turtle pool with *Podocnemis lewyana* hatchlings during underwater recording. Photo: J.S Del Río

**Figura 3.** Piscina del tortugario con neonatos de *Podocnemis lewyana* durante grabación contexto agua. Foto: J.S Del Río



Los sonidos fueron analizados con el software Raven Pro® 1.5 (Cornell Lab of Ornithology, Ithica, NY) siguiendo la metodología empleada por Ferrara et al. (2014), teniendo en cuenta solo aquellos de buena calidad. Se generaron espectrogramas usando el comando de Hamming, regulando la ventana FFT (Fast Fourier Transform) con una variación entre 256 pt-1024 pt, esto con el fin de obtener la mejor representación para cada sonido detectado. Adicionalmente, se midieron las siguientes variables: duración

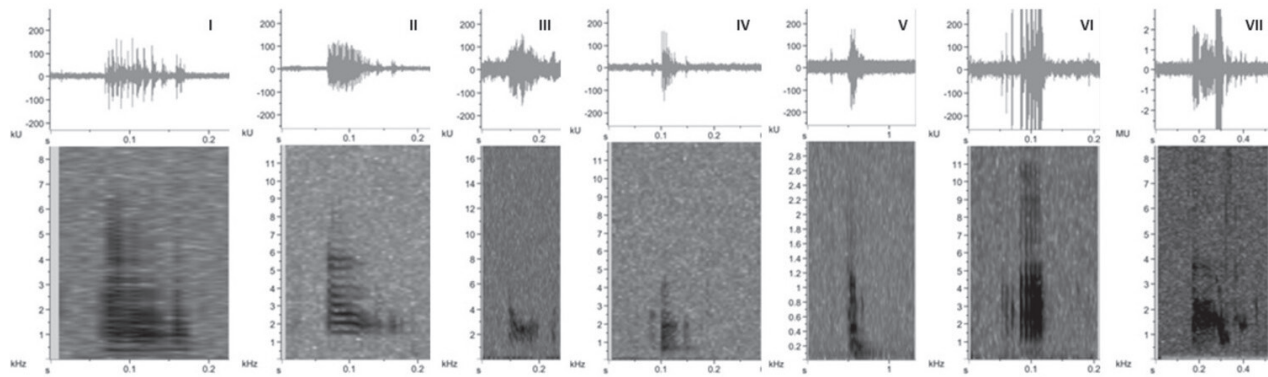
(segundos), frecuencia máxima (Hz), frecuencia mínima (Hz) y frecuencia pico (Hz).

Se detectaron alrededor de 200 sonidos emitidos por embriones y tortuguillos de *Podocnemis lewyana* en 40.5 horas de grabación (2.5 en aire y 38 en agua), los cuales se clasificaron de manera inicial según sus características espectrales y aurales en 7 tipos (Tabla 1) con una frecuencia entre los 5.20 Hz – 20644

**Table 1.** Acoustic parameters of each sound type emitted by the hatchlings of *Podocnemis lewyana*.

**Tabla 1.** Parámetros acústicos de cada tipo de sonido producido por tortuguillos de *Podocnemis lewyana*.

Tipo de Sonido	Frecuencia Baja (Hz)	Frecuencia Alta (Hz)	Frecuencia Pico (Hz)	Duración (s)	Observaciones
I	50.68	9792	937.50	0.11	
II	1347.36	8589.47	2531.25	0.13	Posee armónicos de 10 bandas aproximadamente
III	871.40	5444.58	2437.50	0.10	
IV	35.48	4794.65	1771.25	0.08	
V	5.20	2131.31	468.75	0.23	
VI	188.11	20644.72	3000	0.07	Presenta pulsos cortos. Es el más corto con respecto a los otros.
VII	1234	5286.2	2390.62	0.12	



**Figure 4.** Oscilogramas y espectrogramas de los sonidos producidos por tortuguillos de *Podocnemis lewyana*. Se usó una variación en el tamaño de la ventana FFT (Fast Fourier Transform) para generar los espectrogramas: 1024 pt para los Sonidos tipo I y VII; 512 pt para los sonidos tipo II, IV, V y VI; 256 pt para el sonido tipo III.

**Figura 4.** Oscilogramas and spectrograms views of the sounds produced by *Podocnemis lewyana* hatchlings. A variation in FFT (Fast Fourier Transform) window size was used to generate the spectrograms: 1024-pt FFT for sound types I and VII; 512-pt FFT for sound types II, IV, V and VI; 256-pt FFT for the sound type III

Hz, estos varían de pulsos a sonidos con bandas armónicas y no armónicas, tonos simples y agudos (Fig. 4).

Con estos resultados se revela que *Podocnemis lewyana* posee un repertorio vocal para comunicarse en la primera etapa de vida. Dicho repertorio incluye hasta el momento al menos 5 tipos de sonidos muy similares a los observados en los repertorios de *P. unifilis* y *P. expansa* (datos no publicados).

El estudio realizado en *P. expansa* por Ferrara y colaboradores (2014) en Brasil despertó interés hacia otras especies del género *Podocnemis*, sospechando que estas también presentarían un repertorio vocal complejo y, que al conocer los sonidos producidos de estos individuos y asociarlos a su capacidad auditiva, se lograría ampliar el conocimiento de las especies y de las relaciones que se establecen entre estas y el ambiente (Sousa-Lima, 1999). Por lo anterior, la bioacústica es una alternativa eficaz para el análisis indirecto del comportamiento de las poblaciones naturales, lo que sin duda alguna puede ser empleado para contribuir en el mejoramiento de sus estrategias de conservación.

Adicionalmente, se hace necesario documentar el repertorio vocal en los adultos y evaluar si existen interacciones de comunicación vocal entre hembras y neonatos. Además, es importante identificar los sonidos comunes entre las diferentes edades y contextos (aire y agua). Finalmente, identificar si los sonidos externos causados por las actividades humanas interfieren o afectan de algún modo la comunicación de la

especie, de igual manera, si el mantener en cautiverio los neonatos en los programas de conservación puede afectar la comunicación con los adultos.

**Agradecimientos.**— A la Asociación Colombiana de Herpetología y la iniciativa Botas al Campo por la financiación para la fase de campo. A Vivian Páez por su apoyo. A Isabel Romero, lideresa del proyecto de conservación de la tortuga de río en Estación Cocorná, y a su esposo Álvaro, administrador del tortugario por toda su colaboración. A The Cornell Lab Of Ornithology por el préstamo del equipo de grabación, por el soporte técnico y por la donación del software Raven pro para los análisis de los sonidos y a Greg Budney por toda su gestión allí. A Camila Ferrara de WCS- Brasil por su constante ayuda, enseñanzas y colaboración. En memoria a Dexter Dombro y Richard Vogt por todo su cariño, enseñanzas y apoyo.

## LITERATURA CITADA

- Campbell, H.W. & W.E. Evans. 1967. Sound production in two species of tortoises. *Herpetologica* 23: 204-209.
- Ferrara, C.R., R.C. Vogt, R.S. Sousa-Lima & V.C.D. Bernardes. 2014. Sound Communication and Social Behavior in an Amazonian River Turtle (*Podocnemis expansa*). *Herpetologica* 70(2):149-156
- Ferrara, C.R., R.C. Vogt & R.S. Sousa-Lima. 2013. Turtle vocalizations as the first evidence of post-hatching parental care in chelonians. *Journal of Comparative Psychology* 127(1):24-32.

- Páez, V., A. Restrepo, R.M. Vargas, B. Bock & N. Gallego-García. *Podocnemis lewyana* (Duméril 1852). 2013. Catálogo de Anfibios y Reptiles de Colombia 1(1):1-5
- Páez, V., N. Gallego-García & A. Restrepo. 2016. *Podocnemis lewyana*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016: e.T17823A1528580. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-1.RLTS.T17823A1528580.en>. Downloaded on 05 August 2021.
- Sousa-Lima, R.S. 1999. Comunicação Acústica em peixes-boi (Sirenia: Trichechidae): Repertório, Discriminação vocal e aplicações no manejo e conservação das espécies no Brasil. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo horizonte, MG. 74pp.





# THERMAL BIOLOGY OF A POPULATION OF *XENOSAURUS NEWMANORUM* (SQUAMATA: XENOSAURIDAE) FROM XILITLA, SAN LUIS POTOSÍ, MEXICO: DO THEY ACTIVELY THERMOREGULATE?

BIOLOGÍA TÉRMICA DE UNA POBLACIÓN DE *XENOSAURUS NEWMANORUM* (SQUAMATA: XENOSAURIDAE) DE XILITLA, SAN LUIS POTOSÍ, MÉXICO: ¿TERMORREGULAN ACTIVAMENTE?

FRANCISCO J. MUÑOZ-NOLASCO<sup>1, 2, 3, \*</sup>, DIEGO M. ARENAS-MORENO<sup>3, 4</sup>, ADÁN BAUTISTA-DEL MORAL<sup>1, 2, 3</sup>, DAVID A. BRINDIS-BADILLO<sup>1, 5</sup> & FAUSTO R. MÉNDEZ-DE LA CRUZ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Posgrado en Ciencias Biológicas, Universidad Nacional Autónoma de México, A. P. 70-153, C. P. 04510, Coyoacán, Ciudad de México, México.

<sup>2</sup>Laboratorio de Herpetología, Departamento de Zoología, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, A. P. 70-153, C. P. 04510, Coyoacán, Ciudad de México, México.

<sup>3</sup>Unión de Especialistas en Biodiversidad, Conservación y Sustentabilidad (Unesbio), A. C., C. P. 45178, Zapopan, Jalisco, México.

<sup>4</sup>Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León. C.P. 66450, Ciudad Universitaria, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México.

<sup>5</sup>Laboratorio de Ecología y Manejo de Bosques Tropicales, Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad, C. P. 58190, Morelia, Michoacán, México.

\*Correspondence: [fjmn36@gmail.com](mailto:fjmn36@gmail.com)

Received: 2021-12-31. Accepted: 2022-06-03. Published: 2022-06-30.

Editor: Antonieta Labra Lillo, Chile.

**Resumen.**— Las lagartijas de escamas granulares (familia Xenosauridae) comprenden un clado de escamados norteamericanos especializados a la vida en grietas, con una tendencia hacia temperaturas corporales bajas y altas tasas de pérdida de agua, y son a menudo consideradas termoconformistas. No obstante, existen pocos estudios sobre la ecología térmica de estas lagartijas, la mayoría de estos limitados a documentar las temperaturas corporales y su relación con las temperaturas ambientales. En este trabajo, documentamos las temperaturas corporales en campo ( $T_b$ ), las temperaturas seleccionadas en condiciones de laboratorio ( $T_{set}$ ), las temperaturas operativas ( $T_o$ ), la eficiencia en la termorregulación y las tolerancias térmicas de 10 individuos de Lagartijas de Escamas Granulares de Newman, *Xenosaurus newmanorum*, recolectados en otoño de 2017 en la región de La Huasteca Potosina, México. El promedio de  $T_b$  fue de 22.75 °C y el de  $T_{set}$  de 25.08 °C (1.64 °C y 3.97 °C por encima del promedio de  $T_o$ , respectivamente). La especie en cuestión tuvo un intervalo de tolerancia térmica relativamente estrecho (25.89 °C). Además, con base en dos índices de termorregulación, encontramos evidencia directa de termorregulación activa en *X. newmanorum*. En este estudio documentamos el primer registro de termorregulación activa en un xenosáurido de un entorno de baja elevación y el segundo registro de tolerancias térmicas. Aunque se requiere de trabajo de campo y laboratorio más exhaustivos a fin de verificar este patrón, nuestros resultados son consistentes con estudios previos y sugieren que la termorregulación activa podría estar más extendida en el género de lo que previamente se suponía.

**Palabras clave.**— temperatura corporal seleccionada, temperatura máxima voluntaria, termorregulación activa, tolerancia térmica crítica, Xenosauridae.

**Abstract.**— The knob-scaled lizards (family Xenosauridae) comprise a clade of crevice-dwelling North American lizards with a trend towards low body temperature and high rates of water loss, and are often regarded as thermoconformers. However, there are few studies on their thermal ecology, most of them limited to documenting the body temperatures and their relation with environmental temperatures. Here, we documented the field body temperatures ( $T_b$ ), selected temperatures ( $T_{set}$ ), operative temperatures ( $T_e$ ), thermoregulatory effectiveness, and thermal tolerances of 10 individuals of Newman's Knob-scaled Lizards, *Xenosaurus newmanorum*, collected in the fall of 2017 in La Huasteca region of Mexico. Mean  $T_b$  was 22.75 °C and mean  $T_{set}$  25.08 °C (1.64 °C and 3.97 °C above mean  $T_e$ , respectively). The species had a relatively narrow thermal tolerance range (25.89 °C). Furthermore, based on two different thermoregulatory indexes, we found direct evidence of active thermoregulation in this sample of *X. newmanorum*. This constitutes the first record of active thermoregulation in a xenosaurid from a low-elevation environment and the second record of thermal tolerances. Although more extensive field and laboratory work is needed to verify this pattern, our results are consistent with previous studies suggesting that active thermoregulation might be more widespread in the genus than previously thought.

**Keywords.**— active thermoregulation, critical thermal tolerances, selected body temperature, voluntary thermal maximum, Xenosauridae.

## INTRODUCTION

Lizards of the genus *Xenosaurus* are characterized by their flattened morphology, crevice-dwelling habits, reduced distributional ranges, and low vagility (Zamora-Abrego & Ortega-León, 2016). Most of the 18 currently recognized species (12 described + six undescribed taxa; Nieto-Montes de Oca et al., 2017) are found in densely covered habitats, such as cloud forests and tropical rainforests, where canopy tend to limit the incidence of solar radiation and thus the opportunities for thermal regulation (Berriozabal-Islas et al., 2018). The genus *Xenosaurus* is considered a practically tigmotherm and thermoconformer clade with a trend towards low thermal body temperatures (Lemos-Espinal et al., 1998; Vitt & Caldwell, 2014; García-Rico et al., 2015). However, some species in the genus (e.g. *X. phalaroanthereon*, *X. mendozai*, and *X. rectocollaris*) are known to present differences between body and environmental temperatures (Lemos-Espinal et al., 1996; Lemos-Espinal et al., 2004; Lemos-Espinal & Smith, 2005; Woolrich-Piña et al., 2012), which may reflect the thermal pressures exerted by the environment, as these lizards occur in high elevation habitats with low canopy coverage (Lemos-Espinal & Smith, 2005; Woolrich-Piña et al., 2012). These thermally heterogeneous habitats may provide greater thermoregulation opportunities because they offer a wide range of temperatures to choose at microhabitat level (Hertz et al., 1993).

At this time, most studies on the thermoregulation of members of the genus *Xenosaurus* have limited to characterize their body temperatures and its relation with environmental temperatures, while the thermal tolerances of these lizards remain largely unstudied (Clusella-Trullas & Chown, 2013; Berriozabal-Islas, 2018). Likewise, effectiveness of thermoregulation has been

properly evaluated only for two species of knob-scaled lizards (Woolrich-Piña et al., 2012; Berriozabal-Islas, 2018). Given that thermal traits such as selected temperatures, thermal tolerances and the degree of thermoconformity or thermoregulation have direct implications on the vulnerability of ectotherms to habitat modification and climate change (Nowakowski et al., 2018; Arenas-Moreno et al., 2021), their quantification might provide valuable clues to the assessment of extinction risk, particularly for threatened and range-restricted species, as is the case of most species of *Xenosaurus* (Wilson et al., 2013; García-Padilla et al., 2020).

Newman's Knob-scaled Lizards (*Xenosaurus newmanorum*) are crevice specialist lizards whose distribution is restricted to the areas with subtropical and secondary vegetation (coffee and citrus plantations) of Xilitla, San Luis Potosí, and Pisaflores, Hidalgo, at elevations between 390 and 880 m a.s.l. (Lemos-Espinal et al., 1998; Lemos-Espinal et al., 2012; Lara-Tufiño et al., 2013). As well as most of its congeners, this species inhabits very shaded environments, where achievement of high temperatures might be difficult (Lemos-Espinal et al., 1998). Also, it has been shown to present relatively high rates of evaporative water loss, compared to other mesic environment lizards (Muñoz-Nolasco et al., 2019). This species is listed as endangered according to the International Union for Conservation of Nature (IUCN; Lavin & Mendoza, 2007), under special protection in the Mexican Endangered Species Act (NOM-059-SEMARNAT-2010 and its 2019 amendment to the Normative Appendix III; DOF, 2010, 2019), and is placed in the high vulnerability category according to Wilson et al. (2013), with an Environmental Vulnerability Score of 15. Lemos-Espinal et al. (1998) already provided data on the thermal ecology of this species (body and microhabitat temperatures) from the area of Xilitla, San Luis

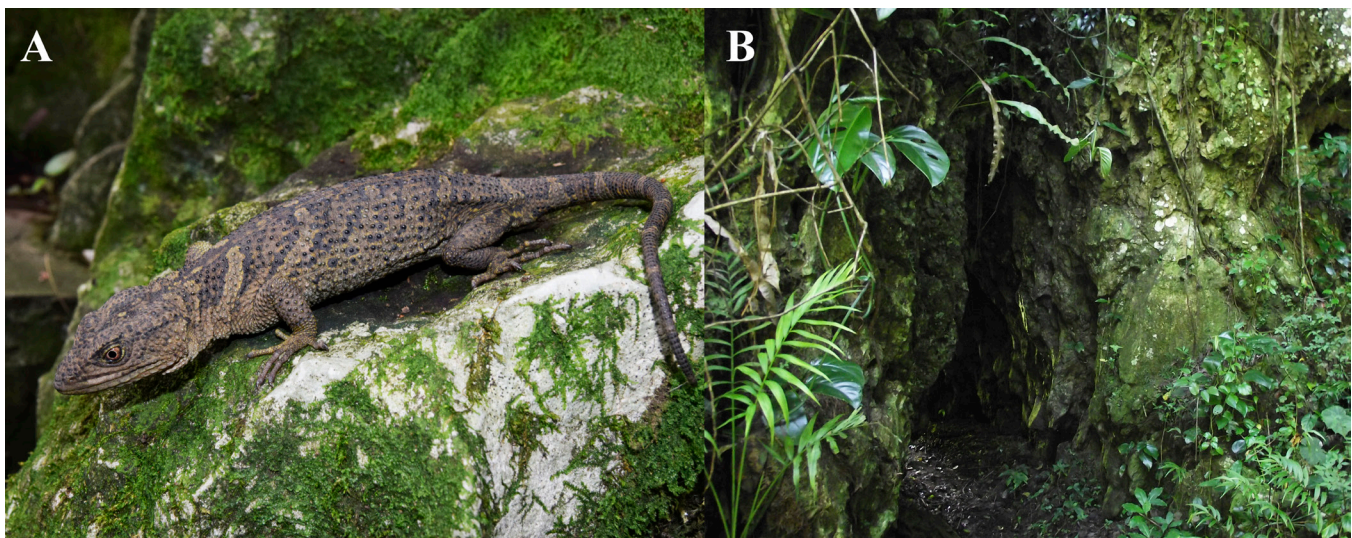
Potosí. More recently, Berriozabal-Islas (2018) calculated some thermoregulatory indexes for another population at the locality of Pisaflores, Hidalgo, finding a thermoconformer pattern. Here, we studied a small sample of *X. newmanorum* from Xilitla, San Luis Potosí, to test whether the species might be able to actively thermoregulate and to determine its thermal tolerances (critical thermal minimum and maximum; voluntary thermal maximum). Given the dense canopy cover of its habitat that limits solar radiation and hence produces relatively low and stable temperatures (Lemos-Espinal et al., 1998), we expected *X. newmanorum* to show some degree of active thermoregulation and to be stenothermal (i.e. have a narrow tolerance range).

## MATERIALS AND METHODS

From 8 to 13 October 2017, we collected 10 individuals (four males and six females) of *X. newmanorum* (mean snout-vent length = 100.27 mm, SD = 13.59 mm, 62.9 – 110.6 mm) in an area of secondary tropical evergreen forest and coffee plantations in the municipality of Xilitla, San Luis Potosí, Mexico (21.380° N, 98.987° W, 687 m elev.; Fig. 1). Mean annual temperature at the study site is 22.5 °C, with a maximum temperature of the warmest month of 33.3 °C, a minimum temperature of the coldest month of 10.4 °C, and a mean annual precipitation of 2260 mm (data obtained through WorldClim version 2 at 2.5' resolution; Fick & Hijmans, 2017). We caught only active individuals (as determined by exposure of their heads outside the crevices) aided by a malleable metal wire with which we gently removed lizards from their crevices. As we did not take more than 60 seconds in removing

each lizard, and given that we did not directly handle them when inside the crevice, it is unlikely that capture has influenced the body temperature of the organisms. Immediately after capturing the lizards, we recorded their body (cloacal) temperature ( $T_b$ ) with a digital readout thermometer Fluke® 51-II with a type T thermocouple ( $\pm 0.1$  °C), air temperature ( $T_a$ ) at 3 cm above substrate, and substrate temperature ( $T_s$ ) inside the crevice at the depth at which we first spotted the organism (Woolrich-Piña et al., 2006). We determined the relationship between  $T_b$  and  $T_a$  and  $T_s$  through simple linear regressions (Lemos-Espinal et al., 1998; García-Rico et al., 2015; Cardona-Botero et al., 2019).

We also recorded environmental operative temperatures ( $T_e$ ), which are the temperatures that organisms would experience in the field in the absence of thermoregulatory behavior (Bakken, 1992; Dzialowski, 2005). In order to do that, we first performed a calibration of models intended to emulate the rates of heat gain and loss. For this, we subjected an adult individual (immobilized with medical tape) along with a set of four candidate models made of polyvinyl chloride (PVC) pipes varying in shape, size, and color to alternating 10-minutes periods of artificial incandescent light and shade for an hour in a lab setting (Arenas-Moreno et al., 2021). We recorded temperatures every two seconds using an Omega TC-8 data logger with T-type ultrathin thermocouples, one affixed with medical tape to the belly of the lizard and other four connected to the inside of each of the candidate models. Then, we performed a simple linear regression using the temperature recordings of each candidate model against the temperature of the lizard and chose the model with the highest



**Figura 1.** Individuo de *Xenosaurus newmanorum* (A) y su hábitat en Xilitla, San Luis Potosí, México (B). Fotos: Adán Bautista-del Moral.

**Figure 1.** Individual of *Xenosaurus newmanorum* (A) and its habitat in Xilitla, San Luis Potosí, Mexico (B). Photos: Adán Bautista-del Moral.

significant determination coefficient (Bakken, 1992; Dzialowski, 2005). The best model ( $r^2 = 0.87$ ,  $F_1$ ,  $1390 = 9652.8$ ,  $P < 0.001$ ) consisted of a heat-flattened, gray-painted pipe 7 cm length, 2.7 cm width, and 1.5 cm height. We coupled two calibrated models to each of three data loggers HOBO® U12-006 and placed them at different levels of exposure in crevices where we previously found individuals of *X. newmanorum*. We set data loggers to record  $T_c$  every 10 minutes along the observed activity period of the species (09:00 to 17:00 h) during the five days of fieldwork (~40 h).

We transported the collected lizards to proper facilities near the study site to continue with the experiments and placed them in individual plastic terraria (16 × 16 × 7 cm) with peat moss and rocks for two days prior to the onset of the experimental procedure, with no food but access to water ad libitum (Lara-Resendiz et al., 2013). To measure the selected temperatures ( $T_{set}$ ), we build a thermal gradient made of panels of cellular polycarbonate (130 × 100 × 50 cm), at the bottom of which we scattered peat moss and stacked natural flagstones from the study site, in order to provide shelter along the gradient and emulate habitat conditions. At one extreme of the enclosure, we suspended four 100 W incandescent lightbulbs 30 cm above it, and at the other extreme we placed refrigerating gel bags, providing a gradient of temperatures ranging from ~10 to 38 °C (Arenas-Moreno et al., 2018, 2020). Although knob-scaled lizards are primarily tigmothermal and hence exposure to direct light might affect the selection of temperatures inside the gradient, the arrangement of the flagstones limited the incidence of artificial light while allowing their heating at that extreme. We carried out a gradient experiment the day following the capture of the individuals, registering  $T_{set}$  at one-hour intervals from 09:00 to 17:00 h (the observed daily activity period of the species; pers. obs.) with one hour of previous habituation (Lara-Resendiz et al., 2013; Arenas-Moreno et al., 2018; Caetano et al., 2020).

From the data of  $T_b$ ,  $T_c$ , and the first and third quartiles of the  $T_{set}$  data ( $T_{set}$  range), we calculated the accuracy of thermoregulation ( $db$ ), the thermal quality of habitat ( $de$ ), and the effectiveness of thermoregulation indexes proposed by Hertz et al. (1993) [ $E = 1 - (db/de)$ ] and Blouin-Demers & Weatherhead (2001) ( $de - db$ ). Low values of  $db$  and  $de$  indicate high accuracy of thermoregulation and high thermal quality of the habitat, respectively, while high values indicate the opposite. In the case of the thermoregulatory effectiveness indexes ( $E$  and  $de - db$ ), positive values represent active thermoregulation, zero represents perfect thermoconformity, and negative values, a suboptimal exploitation of the thermal offer. However, whereas the Hertz et al. (1993) index is relative and goes from

0 to 1, the Blouin-Demers & Weatherhead (2001) index is an open ended and absolute measure (in °C) of the extent of deviation from thermoconformity. Although the Blouin-Demers & Weatherhead (2001) has been regarded as a more reliable measure of thermoregulatory efficiency, we also provide the Hertz et al. (1993) index due to its widespread use (Taylor et al., 2020). To assess the thermal tolerance of the species, we recorded the critical thermal minimum and maximum ( $CT_{min}$  and  $CT_{max}$ , respectively), which refer to the lowest and highest temperatures at which organisms lose their locomotor capabilities (loss of righting response within 10 s after placing them on their dorsum; Kaufmann & Bennett, 1989), as well as the voluntary thermal maximum ( $VT_{max}$ ), which, as its name indicates, is defined as the highest temperature at which they avoid further heating (Carothers et al., 1997; Camacho et al., 2019). Unfortunately, we were not able to measure voluntary thermal minimum due to the lack of proper equipment. For the estimation of  $CT_{min}$ , we placed the lizards in a plastic container and this, in turn, in an ice-filled box, to gradually reduce its body temperature.

For the estimation of  $VT_{max}$ , we placed each individual ( $T_b$  ~24 °C) in a transparent, uncovered plastic container for ~3 min until it remained calm. Then, we turned on a 150 W light bulb suspended 30 cm above the container and watched carefully the lizard at a 2 m distance until it started trying to evade the heat source and escaping from the container, moment at which we recorded its  $T_b$  as  $VT_{max}$ . Immediately after this, we returned the individual to the same container to keep gradually heating it until reaching its  $CT_{max}$ , based on the same criterion of loss of righting response (Arenas-Moreno et al., 2021). Organisms were promptly and gradually brought closer to their  $T_{set}$  after reaching their critical thermal points, so that no permanent negative effect was inflicted to them. We carried out the thermal tolerance experiments on the day following the gradient experiment and similarly performed the cold tolerance ( $CT_{min}$ ) and heat tolerance ( $VT_{max}$  and  $CT_{max}$ ) experiments ~24 h apart, with half the sample being subjected first to the cold tolerance and the other half to the heat tolerance experiments. After finishing the experimental procedure, we verified all the organisms have recovered from the tests and then released them back to their respective crevices in the field.

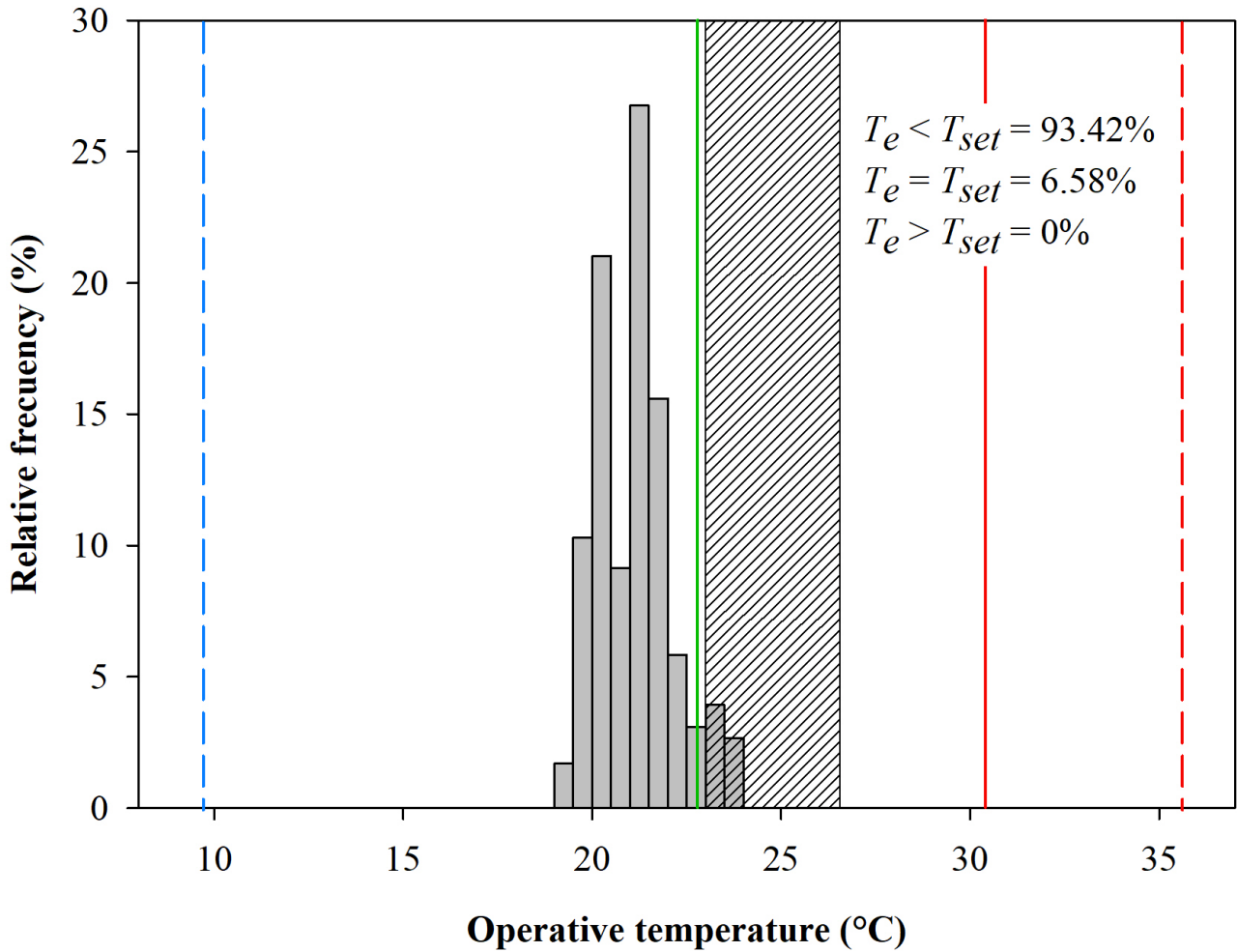
## RESULTS

The thermal traits of the sample of *X. newmanorum* here documented are summarized in Table 1, along with traits of other members of the genus documented in the literature. Throughout the text, values are presented as mean ± standard error (minimum value – maximum value). For the organisms

**Tabla 1.** Temperaturas corporales en campo ( $T_b$ ), temperaturas seleccionadas (promedio de  $T_{set}$  y  $T_{set}$  25-75%) y eficiencia en la termorregulación ( $E$ ; sensu Hertz et al., 1993, y  $de - db$ , sensu Blouin-Demers & Weatherhead, 2001) de las especies de *Xenosaurus* documentadas en la literatura. Se muestran también el tipo de vegetación (Veg.) y la altitud (Elev.) en cada localidad. La información de *X. newmanorum* aquí documentada se indica en negritas. ND = sin datos. Tipo de vegetación: AP = plantaciones agrícolas; CF: bosque mesófilo; OF = bosque de encino; PF = bosque de pino; POF = bosque de pino-encino; TDF = bosque tropical caducifolio; TEF = bosque tropical perennifolio; XS = matorral xerófilo. Los datos de *X. mendozai* de Lemos-Espinal (2004) fueron referidos previamente como *X. platyceps* y luego reasignados de acuerdo con Nieto-Montes de Oca et al. (2013). Los valores de temperatura se presentan como promedio  $\pm$  EE. El signo de interrogación (?) representa información no especificada.

**Table 2.** Field body temperatures ( $T_b$ ), selected body temperatures (mean  $T_{set}$  and  $T_{set}$  25-75%) and effectiveness of thermoregulation ( $E$ , sensu Hertz et al., 1993, and  $de - db$ , sensu Blouin-Demers & Weatherhead, 2001) of the species of *Xenosaurus* documented in the literature. Vegetation type (Veg.) and elevation (Elev.) at each locality is also shown. Data of *X. newmanorum* herein documented is indicated in bolds. ND = no data. Vegetation type: AP = agricultural plantations; CF: cloud forest; OF = oak forest; PF = pine forest; POF = pine-oak forest; TDF = tropical dry forest; TEF = tropical evergreen forest; XS = xerophilous scrub. Data of *X. mendozai* from Lemos-Espinal et al. (2004) was formerly referred as *X. platyceps* and then reassigned according to Nieto-Montes de Oca et al. (2013). Temperature values are presented as mean  $\pm$  SE. Question mark (?) represents non-specified data.

Species	$T_b$ (°C)	$T_{set}$ (°C)	$T_{set}$ 25-75% (°C)	Veg.	Elev. (m)	$E$	$de - db$ (°C)	References
<i>X. agrenon</i>	25.6 $\pm$ 0.3	ND	ND	TDF/OF/ PF/ POF	1000 - 1470	ND	ND	Lemos-Espinal et al. (2003)
<i>X. fractus</i>	19.12 $\pm$ 0. 53	ND	ND	POF	1900 - 2170	ND	ND	Cardona-Botero et al. (2019)
<i>X. fractus</i>	19.67 $\pm$ 0.39	21.69	ND	CF/POF	1700	ND	ND	Woolrich-Piña et al. (2020)
<i>X. grandis</i>	21.4 $\pm$ 0.19	ND	ND	CF/AP	1050 - 1150	ND	ND	Cardona-Botero et al. (2019)
<i>X. mendozai</i>	20.6 $\pm$ 0.4	ND	ND	OF	1180	ND	ND	Lemos-Espinal et al. (2004)
<i>X. mendozai</i>	23.39	22.18	?	?	?	0	-0.72	Berriozabal-Islas (2018)
<i>X. newmanorum</i>	22.9 $\pm$ 0.2	ND	ND	TEF/AP	ND	ND	ND	Lemos-Espinal et al. (1998)
<i>X. newmanorum</i>	21.6 $\pm$ 0.3	ND	ND	TEF	389	ND	ND	Lara-Tufiño et al. (2013)
<i>X. newmanorum</i>	19.3 $\pm$ 0.9	ND	ND	AP/TEF	825	ND	ND	Lara-Tufiño et al. (2013)
<i>X. newmanorum</i>	24.8 $\pm$ 0.3	ND	ND	AP/TEF	880	ND	ND	Lara-Tufiño et al. (2013)
<i>X. newmanorum</i>	23	24.65	?	TEF	?	0.4	ND	Berriozabal-Islas (2018)
<i>X. newmanorum</i>	22.75 $\pm$ 0.43	25.08 $\pm$ 0.290	23 - 26.6	TEF/AP	687	0.68	1.3	This study
<i>X. phalaroanthereon</i>	20.3 $\pm$ 0.4	ND	ND	OF	2185	ND	ND	Lemos-Espinal & Smith (2005)
<i>X. rectocollaris</i>	23.2 $\pm$ 0.3	30.4	26 -33.4	XS	2100 - 2400	0.52 (0.42 - 0.62)	ND	Woolrich-Piña et al. (2012)
<i>X. tzacualtipantecus</i>	18.09 $\pm$ 0.24	ND	ND	TEF	1900	ND	ND	García-Rico et al. (2015)
<i>X. tzacualtipantecus</i>	18.26	24.06	?	?	?	0.4	2.83	Berriozabal-Islas (2018)



**Figura 2.** Distribución de las temperaturas operativas ( $T_e$ ) de *Xenosaurus newmanorum* en su hábitat en Xilitla, San Luis Potosí. El área sombreada representa el intervalo de temperaturas seleccionadas ( $T_{set}$  25-75%); la línea verde, el promedio de temperatura corporal en campo ( $T_b$ ); la línea azul discontinua, la temperatura crítica mínima ( $CT_{min}$ ); la línea roja continua, la temperatura máxima voluntaria ( $VT_{max}$ ), y la línea roja discontinua, la temperatura crítica máxima ( $CT_{max}$ ). Se muestra también el porcentaje de temperaturas operativas por debajo, dentro y por encima de  $T_{set}$  25-75%.

**Figure 2.** Distribution of operative temperatures ( $T_e$ ) of *Xenosaurus newmanorum* in its habitat at Xilitla, San Luis Potosí. Shaded area represents the range of selected temperatures ( $T_{set}$  25-75%); green line, the mean field body temperature ( $T_b$ ); blue dashed line, the critical thermal minimum ( $CT_{min}$ ); solid red line, the voluntary thermal maximum ( $VT_{max}$ ), and red dashed line, the critical thermal maximum ( $CT_{max}$ ). It is also showed the percentage of  $T_e$  below, within, and above  $T_{set}$  25-75%.

of the population studied,  $T_b$  was lower than  $T_{set}$  and showed no significant relationship with  $T_a$  ( $F_{1,7} = 3.457, r^2 = 0.331, P = 0.105$ ) nor with  $T_s$  ( $F_{1,7} = 5.375, r^2 = 0.434, P = 0.054$ ). Most of the  $T_e$  recorded (93.42%) were below the  $T_{set}$  range, while only 6.58% of  $T_e$  matched the  $T_{set}$  range (Fig. 2). Consistent with this, *X. newmanorum* showed a relatively high accuracy of thermoregulation ( $db = 0.61$  °C) and a moderately low thermal quality of the habitat ( $de = 1.91$  °C), which together indicated active thermoregulation according to both thermoregulatory effectiveness indexes used ( $E = 0.68$ ;  $de - db = 1.3$  °C). The thermal tolerance range ( $CT_{max} - CT_{min}$ ) of the species was 25.89 °C, with a  $CT_{min}$  of  $9.78 \pm 0.45$  °C (7.2 – 11.4

°C), a  $VT_{max}$  of  $30.39 \pm 0.41$  °C (28.7 – 31.9 °C), and a  $CT_{max}$  of  $35.67 \pm 0.18$  °C (34.9 – 36.8 °C).

## DISCUSSION

*Xenosaurus newmanorum* exhibited a  $T_b$  similar to that of other species of *Xenosaurus* from tropical habitats (Table 1). However, conversely to what Lemos-Espinal et al. (1998) found,  $T_b$  was not significantly related to  $T_a$  nor  $T_s$ . Although this may be due to the small sample size of our study, it also may reflect active thermoregulation, but, as discussed below, cannot be regarded



per se as a conclusive proof of this pattern. Also, its  $T_b$  and  $T_{set}$  are consistent with previous data for this species (Lemos-Espinal et al., 1998; Berriozabal-Islas, 2018). Among species of the genus, *X. fractus* and *X. rectocollaris* have the lowest and highest  $T_{set}$ , respectively (Woolrich-Piña et al., 2012; Woolrich-Piña et al., 2020), with *X. newmanorum* being halfway on this parameter.

Based on the scarce information available on the thermal ecology of knob-scaled lizards, it seems that most *Xenosaurus* species live in environments that offer temperatures below their  $T_{set}$  range (Woolrich-Piña et al., 2012; Berriozabal-Islas, 2018). In other crevice-dwelling lizards, such as some members of the genera *Lepidophyma* and *Xantusia*, a low thermal quality of the habitat has been linked to a shift towards active thermoregulation (Arenas-Moreno et al., 2018, 2021). Therefore, our results suggesting active thermoregulation in *X. newmanorum* should not be unexpected but just a pattern consistent with the cost-benefit model of thermoregulation (Huey & Slatkin, 1976).

Previous studies claiming to find support for a thermoconformer pattern in *Xenosaurus* have relied on the relationship between field body and microhabitat temperatures (e. g. Lemos-Espinal et al., 1998; García-Rico et al., 2015; Cardona-Botero et al., 2019). However, this approach has been proven not to be a proper measure of where on the thermoconformer – thermoregulating continuum an ectotherm sits, as other biophysical factors, such as solar radiation, might influence body temperature, and as the relationship between body and microhabitat temperatures is non-linear (Dreisig, 1984; Hertz et al., 1993). Nonetheless, comparisons between body and microhabitat temperatures, or even just body temperatures, have provided indirect indications for active thermoregulation in at least two species: *X. phalaroanthereon*, which is known to keep a  $T_b \approx 5^\circ\text{C}$  above  $T_a$  and  $T_s$  (Lemos-Espinal & Smith, 2005), and *X. rectocollaris* in which pregnant females have higher body temperatures than non-pregnant females (Woolrich-Piña et al., 2012). These two species inhabit high elevation (>2000 m) thermally heterogeneous habitats, where low temperatures make thermoregulation an advantageous strategy. *Xenosaurus newmanorum*, on the other hand, is a lowland species, and hence it would be expected to be exposed to more favorable temperatures and to follow a thermoconformer pattern. But as our data shows, this species is mostly subjected to environmental temperatures below its  $T_{set}$  range, probably due to the dense canopy cover of its habitat, making active thermoregulation a more convenient strategy.

Even the use of just one thermoregulatory index might yield a partial perspective of the thermal ecology of a given species,

and could also lead to overlook proofs of active thermoregulation in seemingly non-thermoregulating ectotherms. For instance, Berriozabal-Islas (2018) calculated the Hertz et al. (1993; *E*) index for three species of *Xenosaurus*, finding a thermoconformer strategy. However, based on the *db* and *de* values provided by the author, and according to the Blouin-Demers and Weatherhead (2001; *de - db*) index, *X. newmanorum* (from Pisaflores) and *X. tzacuaultipantecus* are both active and effective thermoregulators (Table 1). Given that the *E* index has been criticized for its mathematical assumptions and interpretability (Blouin-Demers & Weatherhead, 2001), the *de - db* index should be taken as a more conclusive measure of thermoregulation. Because of the afore mentioned, it seems plausible that active thermoregulation is more widespread than previously thought in *Xenosaurus* lizards.

Our study is the second one to document thermal tolerances in knob-scaled lizards, after that of Berriozabal-Islas (2018). However, it is worth to mention that the referred author considered the organisms to reach their  $CT_{max}$  as the point when “they began to have an evasive behavior and tail whipping”. This criterion better matches the definition of voluntary thermal maximum ( $VT_{max}$ ; Taylor et al., 2021), and while its use is understandable as a less stressing, less invasive approach, it should not be confused with  $CT_{max}$ . That said, our results of  $CT_{min}$  and  $VT_{max}$  are similar to those documented by Berriozabal-Islas (2018) for *X. mendozai* ( $CT_{min} = 8.04^\circ\text{C}$ ;  $VT_{max} = 32.95^\circ\text{C}$ ), *X. tzacuaultipantecus* ( $CT_{min} = 8.81^\circ\text{C}$ ;  $VT_{max} = 32.26^\circ\text{C}$ ), and the population of *X. newmanorum* from Pisaflores ( $CT_{min} = 7.51^\circ\text{C}$ ;  $VT_{max} = 31.9^\circ\text{C}$ ). The population herein studied showed a narrow thermal tolerance range compared to other lizard species (Grigg & Buckley, 2013), and based on the similarity of our results and the above referred, it is likely a trait shared by all members of the genus *Xenosaurus*.

The observed degree of stenothermy of *X. newmanorum* is of utmost concern from a conservation perspective, as it implies an increased vulnerability to changes impacting the thermal environment of this lizard (Nowakowski et al., 2018). This, coupled with its microendemism, habitat specificity, low dispersal capabilities, and high rates of dehydration (Lara-Tufiño et al., 2013; Muñoz-Nolasco et al., 2019) suggest an elevated susceptibility for the species, in accordance with an assessment of extinction risk due to climate change previously conducted on Xenosauridae (Berriozabal-Islas et al., 2018). As thermoregulatory patterns might influence organismal response to climate change and even shift under different warming scenarios (Arenas-Moreno et al., 2021), it would be desirable to assess the potential of phenotypic plasticity in the thermal traits of these lizards. If confirmed, such plastic adjustments

could also help explain why some previous studies have found indications of active thermoregulation in *Xenosaurus* while others not (beyond methodological aspects). Whereas our study was limited in sample size and temporal spanning, the results are congruent with former research. Future studies should therefore look at describing more thoroughly the physiological ecology of knob-scaled lizards and determining the existence of active thermoregulation in other species of the genus.

**Acknowledgments.**— We thank to the Posgrado en Ciencias Biológicas of the UNAM and the Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) for postgraduate scholarships granted to FJMN (775920), DMAM (412744), DABB (389135), and ABD (1148030). We thank to Alejandro Galí and Dalila Hernández for their hospitality and help during our stay at Xilitla, to Edgar Ramón Gómez-Vega for clarifying the vegetation type at the study site, and to Guillermo A. Woolrich-Piña for providing us with pertinent literature on Xenosauridae.

This research was funded by the Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica of the UNAM (PAPIIT; IN 210116). Organisms were collected under permit numbers SGPA/DGVS/01629/16 and SGPA/DGVS/01205/17 granted to Fausto R. Méndez de la Cruz by the Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

## CITED LITERATURE

Arenas-Moreno, D.M., R.A. Lara-Reséndiz, S.F. Domínguez-Guerrero, A.G. Pérez-Delgadillo, F.J. Muñoz-Nolasco, P. Galina-Tessaro & F.R. Méndez-de la Cruz. 2021. Thermoregulatory strategies of three reclusive lizards (genus *Xantusia*) from the Baja California peninsula, Mexico, under current and future microenvironmental temperatures. *Journal of Experimental Zoology Part A* 335:499-511.

Arenas-Moreno, D.M., R. Santos-Bibiano, F.J. Muñoz-Nolasco, P. Charruau & F.R. Méndez-de la Cruz. 2018. Thermal ecology and activity patterns of six species of tropical night lizards (Squamata: Xantusiidae: *Lepidophyma*) from Mexico. *Journal of Thermal Biology* 75:97-105.

Bakken, G.S. 1992. Measurement and application of operative and standard operative temperatures in ecology. *American Zoologist* 32:194-216.

Berriozabal-Islas, C. 2018. Efecto del cambio climático sobre dos grupos de ectotermos: Testudines (tortugas género *Kinosternon*) y Squamata (lagartijas género *Xenosaurus*), basado

en su conservadurismo del nicho climático y térmico. Tesis de Doctorado. Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. México.

Berriozabal-Islas, C., J.F. Mota-Rodrigues, A. Ramírez-Bautista, J.L. Becerra-López & A. Nieto-Montes de Oca. 2018. Effect of climate change in lizards of the genus *Xenosaurus* (Xenosauridae) based on projected changes in climatic suitability and climatic niche conservatism. *Ecology & Evolution* 8:6860-6871.

Blouin-Demers, G. & P.J. Weatherhead. 2001. Thermal ecology of black rat snakes (*Elaphe obsoleta*) in a thermally challenging environment. *Ecology* 82:3025-3043.

Cardona-Botero, V., G.A. Woolrich-Piña & H. Gadsden. 2019. Ecología térmica de dos especies de lagartijas del género *Xenosaurus* (Squamata: Xenosauridae) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 90:e902650.

Carothers, J.H., S.F. Fox, P.A. Marquet & F.M. Jaksic. 1997. Thermal characteristics of ten Andean lizards of the genus *Liolaemus* in central Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 70:297-309.

Caetano, G.H., J.C. Santos, L.B. Godinho, V.H.G.L. Cavalcante, L.M. Diele-Viegas, P.H. Campelo, L.F. Martins, A.F.S. Oliveira, J.M. Alvarenga, H.C. Wiederhecker, V. de Novaes e Silva, F.P. Werneck, D.B. Miles, G.R. Colli & B.R. Sinervo. (2020). Time of activity is a better predictor of the distribution of a tropical lizard than pure environmental temperatures. *Oikos* 129:953-963.

Camacho, A., Rusch, T., Ray, G., Telemeco, R.S., Trefaut Rodrigues, M. & Angilletta, M.J. (2018). Measuring behavioral thermal tolerance to address hot topics in ecology, evolution, and conservation. *Journal of Thermal Biology* 73:71-79.

Clusella-Trullas, S. & L.C. Steven. 2014. Lizard thermal trait variation at multiple scales: a review. *Journal of Comparative Physiology B* 184:5-21.

DOF (Diario Oficial de la Federación). 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-Semarnat-2010, Protección ambiental de especies nativas de México de flora y fauna silvestre categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión exclusión o cambio. Diario Oficial. Second edition. 30 December 2010, Mexico City, Mexico.

DOF (Diario Oficial de la Federación). 2019. Modificación del Anexo Normativo III, Lista de especies en riesgo de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-Semarnat-2010, Protección ambiental de especies nativas de México de flora y fauna silvestre categorías





- de riesgo y especificaciones para su inclusión exclusión o cambio, publicada el 30 de diciembre de 2010. Mexico City, Mexico.
- Dreisig, H. 1984. Control of body temperature in shuttling ectotherms. *Journal of Thermal Biology* 9:229-233.
- Dzialowski, E.M. 2005. Use of operative temperature and standard operative temperature models in thermal biology. *Journal of Thermal Biology* 30:317-334.
- Fick, S.E. & R.J. Hijmans. 2017. Worldclim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*. Available at <http://worldclim.org/version2>
- García-Padilla, E., D.L. DeSantis, A. Rocha, V. Mata-Silva, J.D. Johnson & L.D. Wilson. 2020. Conserving the Mesoamerican herpetofauna: the most critical case of the priority level one endemic species. *Amphibian & Reptile Conservation* 14:73-132.
- García-Rico, J., A. Díaz de la Vega-Pérez, G.R. Smith, J.A. Lemos-Espinal & G.A. Woolrich-Piña. 2015. Thermal ecology, sexual dimorphism, and diet of *Xenosaurus tzacualtipantecus* from Hidalgo, Mexico. *Western North American Naturalist* 75:209-217.
- Grigg, J.W. & L.B. Buckley. 2013. Conservatism of lizard thermal tolerances and body temperatures across evolutionary history and geography. *Biology Letters* 9:20121056.
- Hertz, P.E., R.B. Huey & R.D. Stevenson. 1993. Evaluating temperature regulation by field-active ectotherms: the fallacy of the inappropriate question. *American Naturalist* 142:796-818.
- Huey, R.B. & M. Slatkin. 1976. Cost and benefits of lizard thermoregulation. *The Quarterly Review of Biology* 51:363-384.
- Kaufmann, J.S. & A.F. Bennett. 1989. The effect of temperature and thermal acclimation on locomotor performance in *Xantusia vigilis*, the desert night lizard. *Physiological Zoology* 62:1047-1058.
- Lara-Tufiño, J.D., A. Ramírez-Bautista, R. Hernández-Austria, L.D. Wilson & C. Berriozabal-Islas. 2013. *Xenosaurus newmanorum* Taylor, 1949 (Squamata: Xenosauridae): occurrence in the state of Hidalgo, Mexico. *Check List* 9:1101-1103.
- Lara-Resendiz, R.A., D.M. Arenas-Moreno & F.R. Méndez-de la Cruz. 2013. Termorregulación diurna y nocturna de la lagartija *Phyllodactylus bordai* (Gekkota: Phyllodactylidae) en una región semiárida del centro de México. *Revista Chilena de Historia Natural* 86:127-135.
- Lavin, P. & F. Mendoza-Quijano. 2007. *Xenosaurus newmanorum*. The IUCN Red List of Threatened Species 2007:e.T64370A12774993. <https://www.iucnredlist.org/es/species/64370/12774993>.
- Lemos-Espinal, J.A., G.R. Smith & G.A. Woolrich-Piña. 2012. The family Xenosauridae in Mexico. *Ecopublishing Herpetological Publishing, Rodeo, New Mexico, USA*.
- Lemos-Espinal, J.A., G.R. Smith & R.E. Ballinger. 1996. Natural history of the Mexican knob-scaled lizard, *Xenosaurus rectocollaris*. *Herpetological Natural History* 4:151-154.
- Lemos-Espinal, J.A., G.R. Smith & R.E. Ballinger. 1998. Thermal ecology of the crevice-dwelling lizard, *Xenosaurus newmanorum*. *Journal of Herpetology* 32:144-150.
- Lemos-Espinal, J.A., G.R. Smith & R.E. Ballinger. 2004. Aspects of the ecology of a distinct population of *Xenosaurus platyceps* from Querétaro, México. *Amphibia-Reptilia* 25:204-21.
- Lemos-Espinal, J.A. & G.R. Smith. 2005. Natural history of *Xenosaurus phalaroanthereon* (Squamata, Xenosauridae), a Knob-scaled Lizard from Oaxaca, Mexico. *Phyllomedusa* 4:133-137.
- Muñoz-Nolasco, F.J., D.M. Arenas-Moreno, R. Santos-Bibiano, A. Bautista-del Moral, F.J. Gandarilla-Aizpuro, D.A. Brindis-Badillo & F.R. Méndez-de la Cruz. 2019. Evaporative water loss of some habitat-restricted Mexican lizard species. *Herpetological Conservation and Biology*, 14:51-66.
- Nieto-Montes de Oca, A., A.J. Barley, R.N. Meza-Lázaro, U.O. García-Vázquez, J.G. Zamora-Abrego, R.C. Thomson & A. Leaché. 2017. Phylogenomics and species delimitation in the knob-scaled lizards of the genus *Xenosaurus* (Squamata: Xenosauridae) using ddRADseq data reveal a substantial underestimation of diversity. *Molecular Phylogenetics & Evolution* 106:241-253.
- Nowakowski, A.J., J.I. Watling, M.E. Thompson, G.A. Bruschi IV, A. Catenazzi, S.M. Whitfield, D.J. Kurz, A. Suárez-Mayorga, A. Aponte-Gutiérrez, M.A. Donnelly & B.D. Todd. 2018. Thermal biology mediates responses of amphibians and reptiles to habitat modification. *Ecology Letters* 21:345-355.
- Taylor, E.N., L.M. Diele-Viegas, E.J. Gangloff, J.M. Hall, B. Halpern, M.D. Massey, D. Rödder, N. Rollinson, S. Spears, B.-J. Sun & R.S. Telemeco. 2021. The thermal ecology and physiology of reptiles



- and amphibians: a user's guide. *Journal of Experimental Zoology A* 335:13-44.
- Vitt, L.J., & J.P. Caldwell. 2014. *Herpetology. An introductory biology of amphibians and reptiles*, 4th edition. Academic Press, San Diego, California, USA.
- Wilson, L.D., V. Mata-Silva & Johnson, J.D. 2013. A conservation reassessment of the reptiles of Mexico based on the EVS measure. *Amphibian & Reptile Conservation* 7:1-47.
- Woolrich-Piña, G.A., J.A. Lemos-Espinal, L. Oliver-López, M.E. Calderón Méndez, J.E. González-Espinoza, F. Correa-Sánchez & R. Montoya Ayala. 2006. Ecología térmica de una población de la lagartija *Sceloporus grammicus* (Iguanidae: Phrynosomatinae) que ocurre en la zona centro-oriente de la Ciudad de México. *Acta Zoológica Mexicana* 22:137-150.
- Woolrich-Piña, G.A., J.A. Lemos-Espinal, L. Oliver-López & G.R. Smith. 2012. Ecology of *Xenosaurus rectocollaris* in Tehuacan Valley, Puebla, Mexico. *The Southwestern Naturalist* 57:157-161.
- Woolrich-Piña, G.A., G.R. Smith, J.A. Lemos-Espinal, S. Márquez-Guerra, A. Alvarado-Hernández & J.C. García-Montiel. 2020. Ecology of *Xenosaurus fractus* (Squamata: Xenosauridae) from Sierra Nororiental, Puebla, Mexico. *Current Herpetology* 39:1-12.
- Zamora-Abrego, J.G. & A.M. Ortega-León. 2016. Ecología trófica de la lagartija *Xenosaurus mendozai* (Squamata: Xenosauridae) en el estado de Querétaro, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 87:140-149.



# INDOTYPHLOPS BRAMINUS (TYPHLOPIDAE) EN EL NOROESTE DE BAJA CALIFORNIA, MÉXICO

## INDOTYPHLOPS BRAMINUS (TYPHLOPIDAE) IN NORTHWESTERN BAJA CALIFORNIA, MEXICO

JORGE H. VALDEZ-VILLAVICENCIO<sup>1\*</sup>, CÉSAR GARCÍA-VALDERRAMA<sup>2</sup> & JORGE AYON<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Conservación de Fauna del Noroeste, A.C., Ensenada, Baja California, C.P. 22800, México

<sup>2</sup>Nativos de las Californias, A.C., Tijuana, Baja California, C.P. 22800, México.

<sup>3</sup>U.S. Fish and Wildlife Service, San Diego, California, 91910, USA.

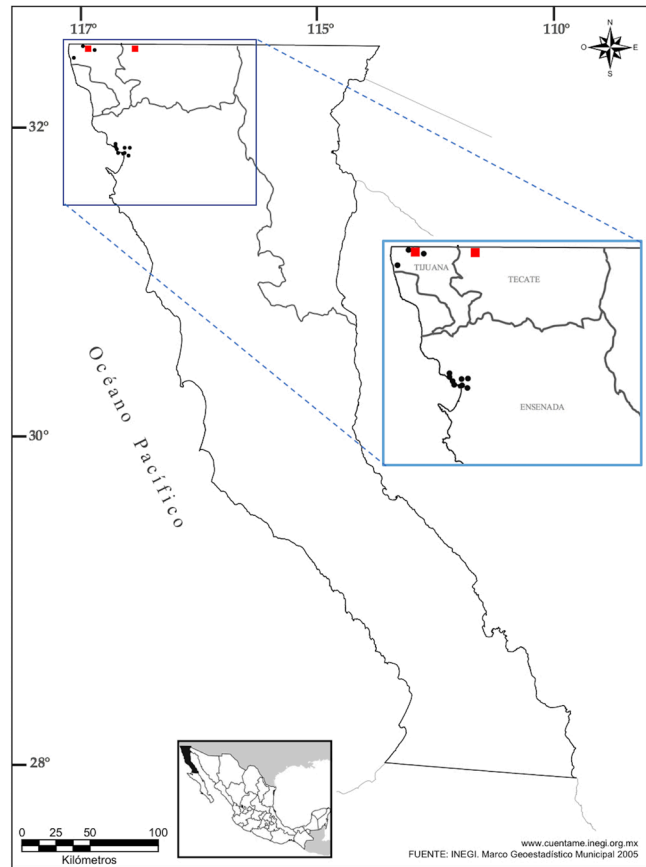
\*Correspondence: [j\\_h\\_valdez@yahoo.com.mx](mailto:j_h_valdez@yahoo.com.mx)

Received: 2022-01-13. Accepted: 2022-06-02. Published: 2022-06-30.

Editor: Uri Omar García Vázquez, México.

La serpiente ciega asiática *Indotyphlops braminus* es una serpiente pequeña originaria del sur de Asia que alcanza los 17 cm de longitud total y posee hábitos subterráneos (Hedges et al., 2014). En la actualidad, esta serpiente se encuentra introducida en muchos países y se considera uno de los reptiles terrestres más ampliamente distribuidos alrededor del mundo (Rorabaugh & Lemos-Espinal, 2016). México no es la excepción y se ha registrado en casi todos los estados del país (Wallach, 2020a), con excepción del estado de Tlaxcala. Aquí presentamos los primeros registros de *I. braminus* en los municipios de Tijuana y Tecate en la región noroeste de Baja California (Fig. 1). Los registros se obtuvieron de la plataforma de ciencia ciudadana Naturalista ([www.naturalista.mx](http://www.naturalista.mx)) y de registros propios. La identificación de los ejemplares se basó en las hileras de glándulas sebáceas subcutáneas presentes en las escamas rostrales, características en esta especie de serpiente (Wallach, 2020b; Fig. 2). La especie fue verificada por Bradford D. Hollingsworth del Museo de Historia Natural de San Diego, USA. Los nuevos registros se describen a continuación.

México: Baja California: Municipio de Tijuana: Ciudad de Tijuana (32.52566° N, 116.98568° W, 131 m s.n.m.), 2 de junio de 2020. Un ejemplar adulto (Naturalista 48300932; Fig. 2) observado por Jorge Ayón (CONABIO, 2021a), representa el primer registro de *I. braminus* para el municipio de Tijuana y extiende su distribución 80 km al noroeste del registro más cercano en la ciudad de Ensenada (Valdez-Villavicencio et al., 2016). El ejemplar fue encontrado debajo de una tabla de madera, a ~15 cm de profundidad en tierra suelta, en un lote baldío con hábitat perturbado y basura. Adicionalmente, existen registros de otros cuatro ejemplares en la plataforma de Naturalista (90589321, 97198947, 101344049, 105765613; CONABIO 2021b) dentro de este municipio.

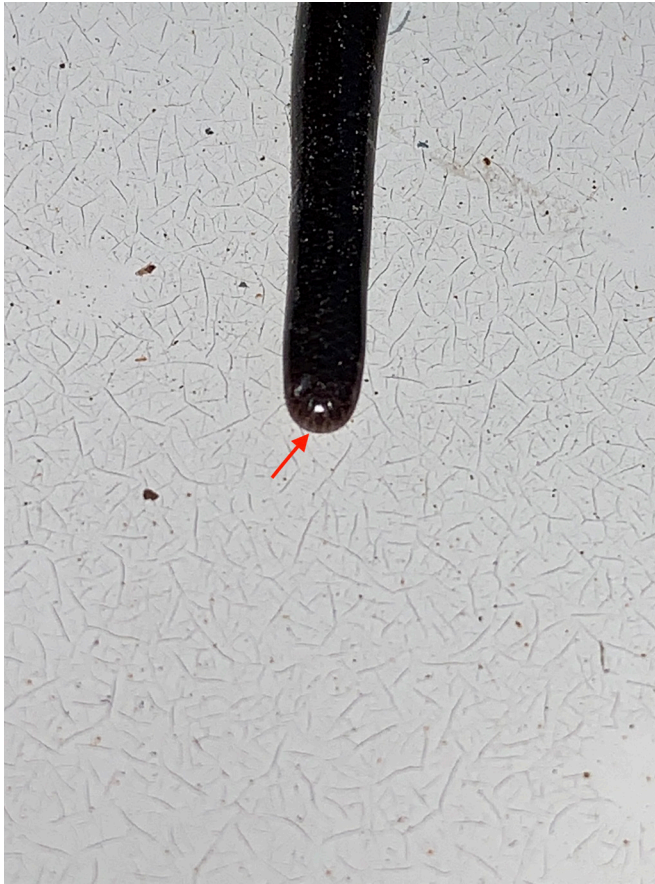


**Figure 1.** Distribution of *Indotyphlops braminus* in the state of Baja California, México. Red squares represent new municipality records, and black dots the additional records found in iNaturalist.

**Figura 1.** Distribución de *Indotyphlops braminus* en el estado de Baja California, México. Los cuadros rojos representan los nuevos registros municipales y los puntos negros los registros adicionales de Naturalista.

México: Baja California: Municipio de Tecate: Unidad Deportiva Eufrasio Santana, Ciudad de Tecate (32.57011° N, 116.62067° W, 525 m s.n.m.), 21 de octubre de 2021. Un ejemplar joven de 63 mm de longitud hocico cloaca y 2 mm de cola (Fig. 3) colectado por Diego García Ramírez y Cesar García-Valderrama, representa el primer registro de *I. braminus* para el municipio de Tecate, extendiendo su distribución 34.5 km al este del registro de Tijuana y 77.5 km al norte de Ensenada (Valdez-Villavicencio et al., 2016). El ejemplar fue encontrado activo a las 11:28 h en una cancha de tenis. La serpiente fue depositada en la Colección Herpetológica de la Universidad Autónoma de Baja California en Ensenada (CH-UABC 2506).

Se desconoce como fue introducida esta especie en Baja California, pero posiblemente haya sido mediante el comercio



**Figure 2.** Individual of *Indotyphlops braminus* from the municipality of Tijuana, Baja California, México, showing the sebaceous gland rows on the rostral scales.

**Figura 2.** Individuo de *Indotyphlops braminus* del municipio de Tijuana, Baja California, México, en el que se muestran las hileras de glándulas sebáceas en las escamas rostrales (flecha roja).



**Figure 3.** Individual of *Indotyphlops braminus* from the municipality of Tecate, Baja California, México.

**Figure 3.** Individuo de *Indotyphlops braminus* del municipio de Tecate, Baja California, México.

y distribución de plantas ornamentales o frutales para viveros (Rorabaugh & Lemos-Espinal, 2016; Zamora-Camacho, 2017). Es posible que esta especie de serpiente invasora pueda afectar a especies nativas de la región (e.g. *Rena humilis*), ya que se ha reportado que *I. braminus* es un depredador voraz de pequeños artrópodos (Faraone et al., 2019), y podría afectar a la comunidad de invertebrados por depredación y, por lo tanto, podría competir con los depredadores nativos por los mismos tipos de presa (Ineich et al., 2017; Vella et al., 2020). Por esto es importante tener el conocimiento de su distribución y dar seguimiento a sus poblaciones y de ser necesario planear el control o erradicación de la especie antes de que invada áreas naturales.

**Agradecimientos.** - El permiso de colecta científica SGPA/DGVS/02494/20 y SGPA/DGVS/01472/21 fue otorgado al primer autor por la Dirección General de Vida Silvestre de México.

## LITERATURA CITADA

- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2021a. Naturalista [www.naturalista.mx/observations/48300932](http://www.naturalista.mx/observations/48300932); consultado 20 Octubre 2021.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2021b. Naturalista [www.naturalista.mx/observations/90589321](http://www.naturalista.mx/observations/90589321), 97198947, 101344049, 105765613; consultado 20 Octubre 2021.
- Faraone, F.P., L. Barraco, G. Giacalone, C. Muscarella, E. Schifani & L. Vecchioni. 2019. First records of the Brahminy blindsnake, *Indotyphlops braminus* (Daudin, 1803), in Italy (Squamata: Typhlopidae). *Herpetology Notes* 12:1225-1229.
- Hedges, S.B., A.B. Marion, K.M. Lipp, J. Marin & N. Vidal. 2014. A taxonomic framework for typhlopoid snakes from the Caribbean and other regions (Reptilia, Squamata). *Caribbean Herpetology* 49:1-61.
- Ineich, I., A. Wynn, G. Giraud & V. Wallach. 2017. *Indotyphlops braminus* (Daudin, 1803): distribution and oldest record of collection dates in Oceania, with report of a newly established population in French Polynesia (Tahiti Island, Society Archipelago). *Micronesia* 2017-01:1-13.
- Rorabaugh, J.C. & J.A. Lemos-Espinal. 2016. A Field Guide to the Amphibians and Reptiles of Sonora, Mexico. ECO Herpetological Publishing and Distribution, New Mexico, USA.
- Valdez-Villavicencio, J.H., A. Peralta-García & H. Yee-Pérez. 2016. Distribution Notes. *Indotyphlops braminus* (Daudin, 1803). *Mesoamerican Herpetology* 3:205.
- Vella, A., N. Vella, C.M. Mifsud & D. Magro. 2020. First records of the Brahminy blindsnake, *Indotyphlops braminus* (Daudin, 1803) (Squamata: Typhlopidae) from Malta with genetic and morphological evidence. *NEsciences* 5:122-135.
- Wallach, V. 2020a. First appearance of the Brahminy Blindsnake, *Virgotyphlops braminus* (Daudin 1803) (Squamata: Typhlopidae), in North America, with reference to the states of Mexico and the USA. *Reptiles and Amphibians* 27:326-330.
- Wallach, V. 2020b. How to easily identify the flowerpot blindsnake, *Indotyphlops braminus* (Daudin, 1803), with proposal of a new genus (Serpentes: Typhlopidae). *Podarcis* 11:4-12.
- Zamora-Camacho, F.J., 2017. On the role of plant nurseries introducing *Indotyphlops braminus* (Daudin, 1803) in Spain. *Herpetozoa* 30:69-72.



# REGISTROS DE SERPIENTES EN SAN BORJA (BENI-BOLIVIA) PROVENIENTES DEL CONFLICTO HUMANO-SERPIENTE

## RECORDS OF SNAKES IN SAN BORJA (BENI-BOLIVIA) FROM THE HUMAN-SNAKE CONFLICT

PAOLA DE LA QUINTANA<sup>1,2\*</sup>, ENRIQUE SELTZER<sup>1</sup> & JAMES APARICIO<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Red de Investigadores en Herpetología-Bolivia, La Paz, Bolivia;

<sup>2</sup>Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Estadual de Santa Cruz, Rodovia Jorge Amado, km 16, Ilhéus, CEP 45662-900, Brasil

\*Correspondence: [paola.d.c.1186@gmail.com](mailto:paola.d.c.1186@gmail.com)

Received: 2021-10-31. Accepted: 2022-06-14. Published: 2022-06-30.

Editor: Alessandro Catenazzi, Perú.

**Abstract.**— The vulnerability of snakes to climate change, the loss of natural habitats and the conflict with humans make it imperative to know more about their diversity in the Bolivian territory. In addition, due to the fear that people have of snakes, many of them are intentionally eliminated and many others are killed by cars on the roads, so these specimens are an important source for the registration of species. This information was obtained mainly in the surroundings of the city of San Borja in Beni-Bolivia and the quantity and richness of recorded species was compared with extrapolation studies and previous records. In total, 82 individuals of 43 species belonging to five families were collected and identified. From comparisons with other studies, we can be sure that there are 54 confirmed species of snakes in this region. This study not only contributes to the knowledge of the diversity of snakes in the southwest of the department of Beni, but also highlights the importance of collections from the human-snake conflict.

**Keywords.**— Wildlife, roadkill, conflict, snakes, occasional records.

**Resumen.**— La vulnerabilidad de las serpientes al cambio climático, la pérdida de hábitats naturales y el conflicto con los humanos hacen imperiosa la necesidad de conocer más sobre su diversidad en el territorio boliviano. Además, debido al temor que las personas les tienen a las serpientes, muchas de ellas son eliminadas intencionalmente y muchas otras mueren atropelladas en las carreteras, por lo que estos ejemplares son una fuente importante para el registro de especies. Esta información fue obtenida en los alrededores de la ciudad de San Borja en Beni- Bolivia y se comparó la cantidad y la riqueza de especies registradas con estudios de extrapolación y registros previos. En total se recolectaron e identificaron 82 individuos, de 43 especies, pertenecientes a cinco familias. Por las comparaciones con otros estudios, podemos estar seguros que en esta región hay 54 especies de serpientes confirmadas. Este estudio no sólo aporta al conocimiento de la diversidad de serpientes del suroeste del departamento del Beni, sino que, además, resalta la importancia de las colectas provenientes del conflicto humano-serpiente.

**Palabras clave.**— Fauna silvestre, atropellamiento, conflicto, ofidios, registros ocasionales.

## INTRODUCCIÓN

Históricamente, entre las principales amenazas para la biodiversidad mexicana se encuentran la destrucción del hábitat y la sobreexplotación comercial (Hudson et al., 2001). La sobreexplotación influye en el declive de las poblaciones de una gran cantidad de plantas y animales que son extraídos de

su medio natural (Garza-Almanza, 2008). El tráfico de especies nativas se considera una actividad económica altamente remunerada en mercados de diferentes países, y México no es la excepción. En México, el mercado de Sonora de la Ciudad de México, el mercado de Juchitán en Oaxaca y la localidad de Charco Cercado en San Luis Potosí (Sosa-Escalante, 2011) son ejemplo de lugares en los que se ofrecen a la venta especies

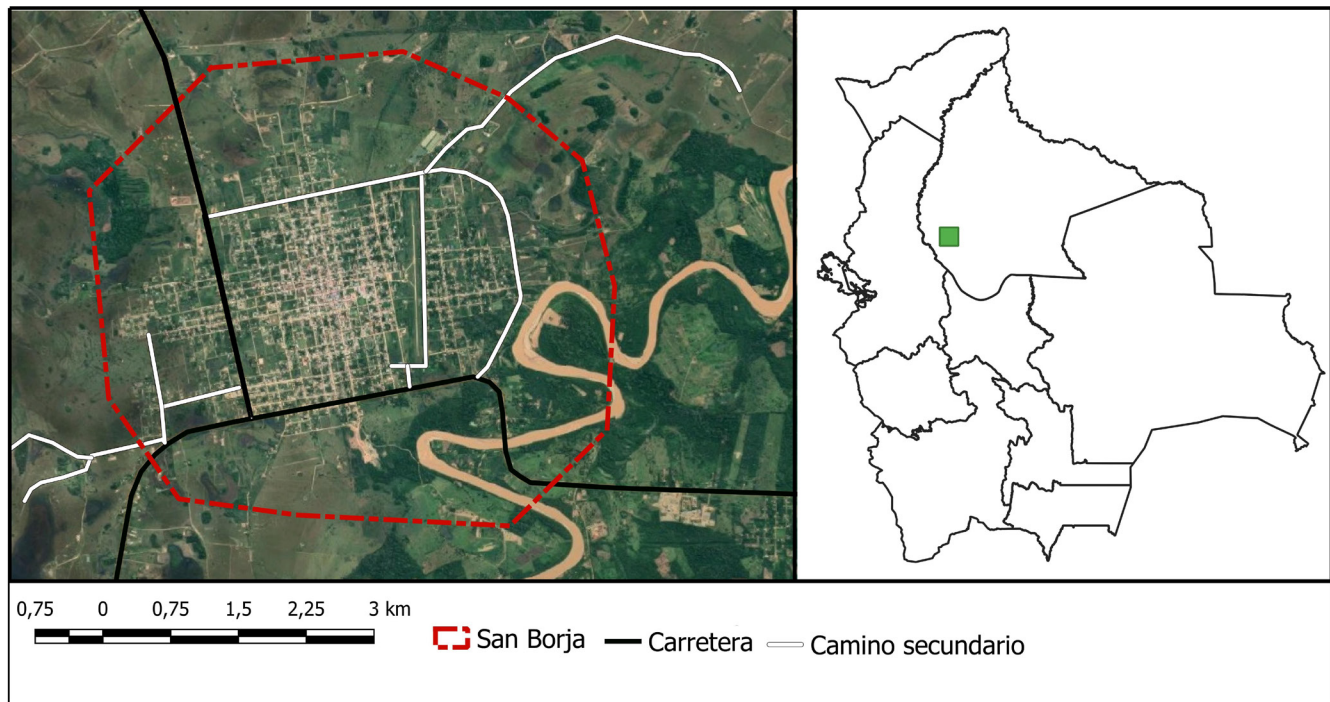


extraídas del medio silvestre. Los vendedores de estas especies muchas veces no cuentan con los permisos legales (Arroyo-Quiroz & Wyatt, 2018); esto está bien documentado en especies de felinos, aves, anfibios y reptiles (Anaya-Hong, 2010; Fitzgerald et al., 2004; Sosa-Escalante, 2011).

A nivel global, los reptiles más afectados por la extracción de especies del medio silvestre son tortugas, cocodrilos, serpientes y lagartijas (Fitzgerald et al., 2004). Frecuentemente se comercializan pieles, carne, huevos, y algunas especies son vendidas como mascotas (D'Cruze et al., 2015; Ramos-Roca & Rodríguez-Castañeda, 2019; Janssen & de Silva, 2019; Fauzi et al., 2020; Hitchens & Blakeslee, 2020). Por ejemplo, lagartijas como geckos, iguanas y camaleones, son capturadas para la venta en el mercado de mascotas (Ngo et al., 2019). Tal es el caso de las especies del género *Abronia* (Fig. 1), que son comercializadas como mascotas, ya que son llamativas por sus características morfológicas, patrones de coloración y temperamento dócil (Hudson et al., 2001). Adicionalmente, requieren de un cuidado relativamente sencillo en cautiverio y existen manuales para su reproducción (Schmidt-Ballardo, 2019), lo que incentiva su adquisición para tenerlas en terrarios como mascotas.

En 2016, México autorizó la crianza de 10 especies de *Abronia* (*Abronia chiszari*, *A. deppii*, *A. graminea*, *A. lythrochila*, *A. reidi*, *A. oaxacae*, *A. smithi*, *A. mixteca*, *A. martindelcampoi*, y *A. taeniata*; Fig. 2) de las 19 que ocurren en el país; esto con la finalidad de reproducirlas en unidades de manejo ambiental (UMAs) y, con esto, cesar la colecta en el medio silvestre (Pérez-Sato et al., 2017). Sin embargo, las especies del género aún son afectadas por la colecta ilegal (CITES, 2014, 2015; Campbell et al., 2016; Sánchez-Herrera et al., 2017; SEMARNAT, 2018).

En el presente estudio, se realizó una investigación sobre la venta de ejemplares de abronias, partiendo de las preguntas: ¿Qué especies del género tienen la mayor demanda en el mercado? ¿En qué países se realiza la venta de *Abronia*? ¿El precio de la venta de los organismos legales influye en la colecta ilegal de ejemplares? ¿Existen especies que se venden de manera ilegal? Los datos recabados aportan información relevante sobre el comercio legal e ilegal existente dentro y fuera del país. La extracción de abronias del medio silvestre se encuentra como una amenaza importante y la identificación de su comercio podría fortalecer la toma de decisiones gubernamentales para mitigar el declive de las poblaciones (SEMARNAT, 2018).



**Figure 1.** Collect area for snakes from the human-snake conflict. Delimitation of San Borja in Red, Main road in black and secondary roads in white. The streets of the city were not highlighted.

**Figura 1.** Área de colecta de serpientes provenientes del conflicto humano-serpiente. Delimitación de San Borja en Rojo, Carretera principal en negro y caminos secundarios en blanco. Las calles de la ciudad no fueron resaltadas.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Área de estudio

El estudio se concentró en los alrededores de la ciudad de San Borja (Fig. 1), municipio de San Borja, suroeste de la Provincia José Ballivián, departamento del Beni, a una altitud de 197 m s.n.m. Es un área de transición de los valles interandinos y la sabana amazónica (PDM, 2006). La ecorregión se clasifica como Sabanas Inundables de los Llanos de Moxos (Ibisch et al., 2004), el paisaje se caracteriza por planicies de mosaico de alturas, semialturas y bajíos de suelos aluviales recientes, relativamente fértiles, neutros hasta básicos; inundaciones sobre todo por desborde del río Maniquí. Esta área presenta un clima tropical húmedo, con temperatura media anual de 26.1 °C, y extremos de 38 °C y 6 °C, y precipitación media anual de 183 mm<sup>3</sup>. De agosto a marzo es la época más cálida, mientras que mayo y junio es la época con temperaturas más bajas (PDM, 2006).

### Toma de datos

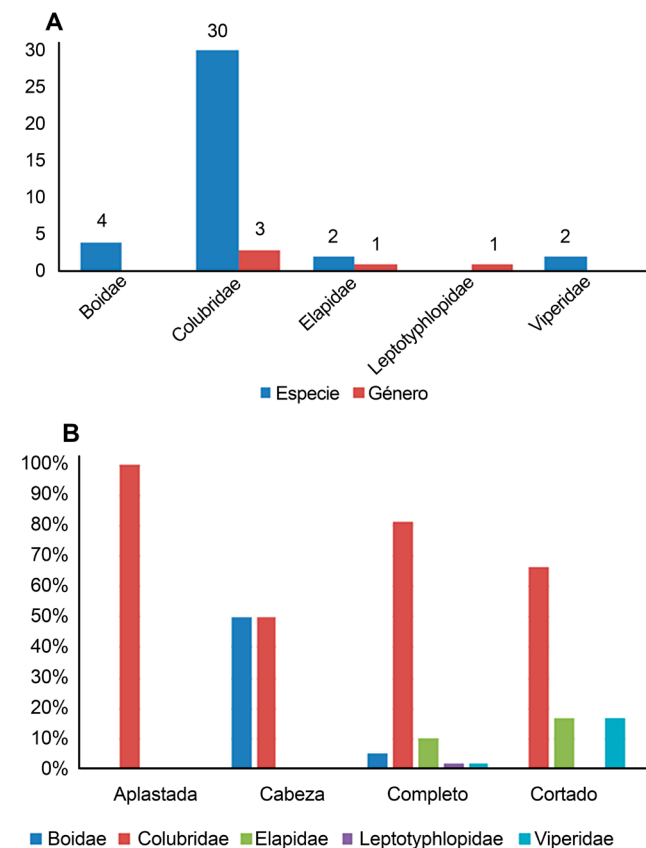
La recolección de datos no se realizó de manera sistemática, ya que los registros consistieron en recuperar las serpientes atropelladas en las diferentes carreteras y caminos vecinales de San Borja, y los ejemplares sacrificados por los pobladores locales. Debido a esta forma de colecta, la condición de los ejemplares fue muy variable, lo que dificultó la identificación en algunos casos. Los ejemplares encontrados se clasificaron según el grado de daño que tuvo cada individuo en las siguientes categorías: aplastado (corresponde a ejemplares atropellados), cabeza (ejemplares sacrificados por pobladores y de los que solo se encontró la cabeza), completo (ejemplares sacrificados, pero que no presentaban casi ningún daño) y cortado (ejemplares sacrificados y cortados en pedazos). Se contabilizó tanto el número de especies obtenidas, como el número de ejemplares de cada especie. Todos los especímenes fueron depositados en la Colección Boliviana de Fauna (CBF) en la ciudad de La Paz e identificados empleando claves taxonómicas, descripciones de especies y comparados con ejemplares de la colección científica previamente identificados. Los ejemplares que debido al grado de descomposición o que no pudieron ser identificados a nivel de especie se los clasificó sólo hasta género.

### Análisis estadísticos

Se comparó la cantidad y la riqueza de especies registradas en este estudio con las reportadas por Eversole et al. (2021) en la Estación Biológica del Beni (EBB) ubicada a menos de 10 km de la ciudad de San Borja, por lo que comparten hábitats y probablemente las mismas especies, así mismo se comparó con los datos de extrapolación de distribución de especies de serpientes para toda Bolivia (Embert, 2008).

## RESULTADOS

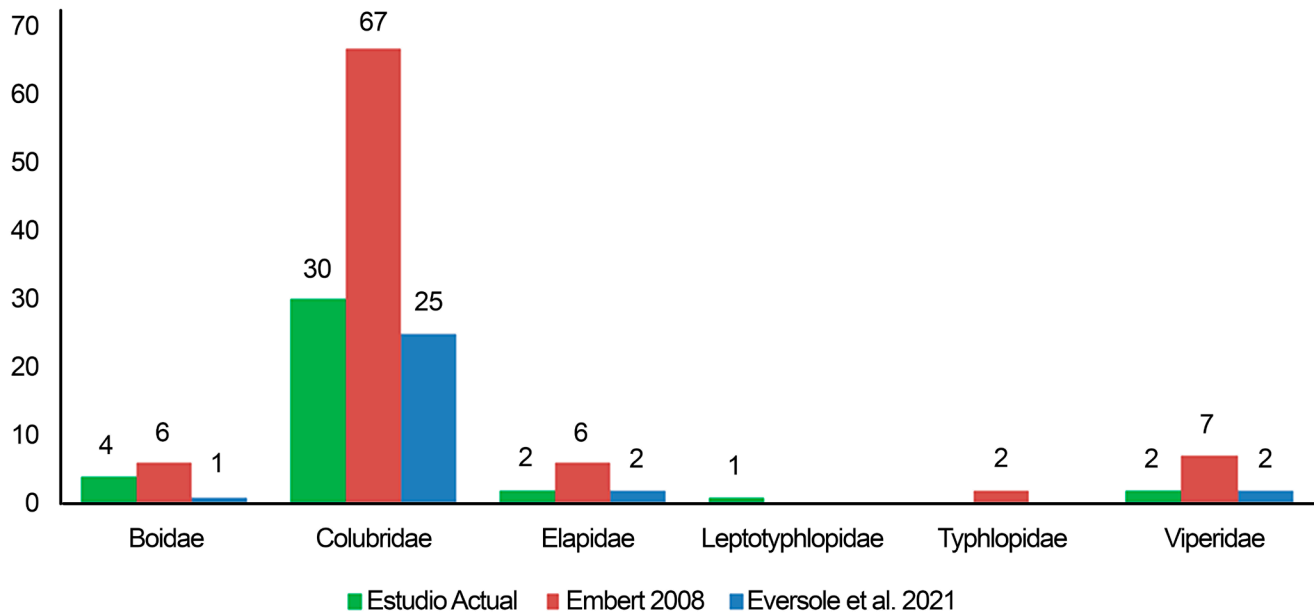
Se recolectaron e identificaron 82 individuos de 43 especies (38 identificadas hasta especie y 5 sólo hasta género; Fig. 2A), pertenecientes a cinco familias, los cual representa un 24% de las serpientes registradas para el país. Para el caso de los registros provenientes de ejemplares sacrificados por pobladores, la mayoría de registros (59) corresponden a la categoría de completo con 34 especies, le sigue la categoría de aplastado con 15 registros de 10 especies, cortado con seis registros y seis especies, de los cuales dos no tenían cabeza y finalmente la categoría de aplastada con solo dos registros, pertenecientes a dos especies (Fig. 2B).



**Figure 2.** The total of the identified individuals, A) total number of species identified by family, in blue those identified up to species, and in red those that were only identified up to genus, B) the classification of the state of the samples and the percentage that each family represented for each one.

**Figura 2.** El total de las muestras identificadas, A) total de especies identificadas por familia, en azul las identificadas hasta especie, y en rojo los que sólo se identificaron hasta género, B) la clasificación del estado de las muestras y el porcentaje que representó cada familia para cada una.





**Figure 3.** Comparison of the species number, by family, registered in the study area. The data of the current study are shown in green the number of species that would be expected to be found according to the extrapolations of Embert (2008) are shown in red, and in blue, that data from Eversole et al. (2021).

**Figura 3.** Comparación del número de especies por familia registrados en la zona de estudio. En verde se muestran los datos del estudio actual, en rojo la cantidad de especies que se esperarían encontrar según las extrapolaciones de Embert (2008) y en azul los datos de Eversole et al. (2021).

Con base en los resultados obtenidos, la familia que más especies presentó fue Colubridae con 33 especies, seguida de Boidae con cuatro especies, Elapidae con tres, Viperidae con dos y Leptotyphlopidae con una especie (Fig. 2A). Las serpientes más abundantes fueron, *Helicops leopardinus* con 12 individuos, le sigue *Erythrolamprus thyplus* con seis individuos, luego *Pseudoeryx plicatilis* y *Micrurus lemniscatus*, ambas con cinco individuos.

Otros resultados interesantes obtenidos de los ejemplares sacrificados de la categoría completos, fue el registro de *Helicops polylepis*, que fue en el contenido estomacal de *Clelia clelia*. Para el caso de la categoría de aplastados, también se obtuvieron registros sobresalientes acerca de historia natural y dos hembras fueron encontradas en estado reproductivo, una *Helicops leopardinus* (especie vivípara) con cuatro crías casi finalizando el desarrollo en su interior y una *Imantodes cenchoa* con cuatro huevos formados, estos datos no sólo son registros de especie, también aportan datos de historia de vida de las especies.

La comparación de la diversidad de especies encontradas en este estudio con relación a los trabajos de Embert (2008) y Eversole et al. (2021), aportó resultados interesantes, ya que nosotros encontramos un total de 39 especies, incluyendo una

a nivel de género (*Epictia* sp), que representa el primer registro de esta familia para la región. Estos resultados corresponden al 38.2 % de lo que se esperaba encontrar en la región, si conjuntamos los datos de los trabajos antes mencionados (Tabla 1; Fig. 3), en los cuales únicamente comparten 15 especies entre ellos. Al comparar los resultados obtenidos con cada estudio por separado, encontramos tan solo el 44.3% de lo esperado de acuerdo a las extrapolaciones realizadas por Embert (2008), y registramos un 17.9 % más de especies con relación al trabajo de Eversole et al. (2021), quienes mencionan 30 especies para la zona, 16 de ellas compartidas con en el presente estudio. Por lo tanto, al sumar nuestros registros con los de Eversole et al. (2021), podemos estar seguros que en esta región hay 54 especies de serpientes confirmadas (Tabla 1).

## DISCUSIÓN

La riqueza de especies que registramos en este sector del país equivale a un 26.7% de las especies que se conocen para Bolivia (Ibisch et al., 2004), este porcentaje de especies es alto tomando en cuenta que el área de estudio se concentró en los alrededores de San Borja que es una ciudad pequeña. Sin embargo, esta cantidad de especies registrada, podría responder a la diversidad

**Table 1.** Comparison of species found in the current study, with the expected species to be found according to the extrapolations of Embert (2008) and those found by Eversole et al. (2021).

**Tabla 1.** Comparación de especies encontradas en el estudio actual, con las especies que se esperaban encontrar según las extrapolaciones de Embert (2008) y las registradas por Eversole et al. (2021).

Espece	Registro actual	Extrapolación Embert 2008	Registro Eversole et al. 2021	Espece	Registro actual	Extrapolación Embert 2008	Registro Eversole et al. 2021
<b>Boidae</b>				<i>Drymarchon corais</i>		X	
<i>Boa constrictor</i>	X	X		<i>Drymobius rhombifer</i>		X	
<i>Corallus caninus</i>		X		<i>Drymoluber dichrous</i>	X	X	
<i>Corallus hortulana</i>	X	X	X	<i>Echinanthera occipitalis</i>		X	
<i>Epicrates cenchria</i>	X	X		<i>Erythrolamprus aesculapii</i>	X	X	X
<i>Eunectes beniensis</i>	X	X		<i>Erythrolamprus almadensis</i>	X	X	X
<i>Eunectes murinus</i>		X		<i>Erythrolamprus anomalus</i>		X	
<b>Colubridae</b>				<i>Erythrolamprus cobellus</i>		X	
<i>Apostolepis nigroterminata</i>		X		<i>Erythrolamprus dorsocorallinus</i>			X
<i>Apostolepis tenuis</i>		X		<i>Erythrolamprus jaegeri</i>		X	
<i>Atractus boettgeri</i>	X	X		<i>Erythrolamprus meridionalis</i>		X	
<i>Atractus emmeli</i>			X	<i>Erythrolamprus miliaris</i>	X	X	
<i>Atractus major</i>		X		<i>Erythrolamprus poecilogyrus</i>	X	X	X
<i>Atractus snethlageae</i>		X		<i>Erythrolamprus reginae</i>		X	X
<i>Atractus torquatus</i>			X	<i>Erythrolamprus typhlus</i>	X	X	
<i>Chironius exoletus</i>	X	X	X	<i>Helicops angulatus</i>	X	X	
<i>Chironius flavolineatus</i>	X	X	X	<i>Helicops leopardinus</i>	X	X	X
<i>Chironius fuscus</i>		X	X	<i>Helicops polylepsis</i>	X	X	
<i>Chironius laurenti</i>		X	X	<i>Hydrodynastes gigas</i>	X	X	
<i>Chironius multiventris</i>	X			<i>Hydrops triangularis</i>	X	X	
<i>Chironius quadricarinatus</i>		X		<i>Imantodes cenchoa</i>	X	X	X
<i>Chironius scurrulus</i>		X		<i>Imantodes lentiferus</i>		X	
<i>Clelia clelia</i>	X	X	X	<i>Leptodeira annulata</i>	X	X	X
<i>Dendrophidion dendrophis</i>		X		<i>Leptophis ahaetulla</i>	X	X	X
<i>Dipsas bucephala</i>			X	<i>Lygophis lineatus</i>			X
<i>Dipsas catesbyi</i>	X	X		<i>Lygophis meridionalis</i>	X		
<i>Dipsas pavonina</i>		X		<i>Mastigodryas bifossatus</i>		X	
<i>Drepanoides anomalus</i>		X		<i>Mastigodryas boddaerti</i>		X	

**Table 1 (cont.).** Comparison of species found in the current study, with the expected species to be found according to the extrapolations of Embert (2008) and those found by Eversole et al. (2021).

**Tabla 1 (cont.).** Comparación de especies encontradas en el estudio actual, con las especies que se esperaban encontrar según las extrapolaciones de Embert (2008) y las registradas por Eversole et al. (2021).

Espece	Registro actual	Extrapolación Embert 2008	Registro Eversole et al. 2021	Espece	Registro actual	Extrapolación Embert 2008	Registro Eversole et al. 2021
<i>Oxybelis aeneus</i>		X	X	<i>Xenodon severus</i>		X	
<i>Oxybelis fulgidus</i>		X		<i>Xenopholis scalaris</i>		X	
<i>Oxyrhopus formosus</i>		X		<i>Xenopholis werdingorum</i>			X
<i>Oxyrhopus guibei</i>		X		<i>Xenoxybelis argenteus</i>		X	
<i>Oxyrhopus melanogenys</i>	X			<b>Elapidae</b>			
<i>Oxyrhopus petola</i>		X		<i>Micrurus annellatus</i>	X	X	
<i>Oxyrhopus petolaris</i>	X		X	<i>Micrurus lemniscatus</i>	X	X	X
<i>Oxyrhopus rhombifer</i>		X		<i>Micrurus narduccii</i>		X	
<i>Philodryas olfersii</i>		X		<i>Micrurus obscurus</i>		X	
<i>Philodryas patagoniensis</i>		X		<i>Micrurus spixii</i>		X	
<i>Philodryas viridissima</i>	X	X		<i>Micrurus surinamensis</i>			X
<i>Pseudoboa coronata</i>	X	X	X	<b>Leptotyphlopidae</b>			
<i>Pseudoeryx plicatilis</i>	X	X		<i>Epictia sp.</i>	X		
<i>Pseustes poecilonotus</i>		X		<b>Typhlopidae</b>			
<i>Pseustes sulphureus</i>		X		<i>Amerotyphlops brongersmianus</i>		X	
<i>Psommophis obtusus</i>		X		<i>Amerotyphlops reticulatus</i>		X	
<i>Psomophis genimaculatus</i>		X		<b>Viperidae</b>			
<i>Rhinobothryum lentiginosum</i>		X		<i>Bothrocophias hyoprora</i>		X	
<i>Siphlophis compressus</i>		X	X	<i>Bothrocophias microphthalmus</i>		X	
<i>Spilotes pullatus</i>		X		<i>Bothrops atrox</i>		X	
<i>Taeniophallus occipitalis</i>	X			<i>Bothrops bilineata</i>		X	
<i>Tantilla melanocephala</i>		X		<i>Bothrops matagrossensis</i>	X	X	X
<i>Thamnodynastes lanei</i>			X	<i>Bothrops taeniata</i>		X	
<i>Thamnodynastes pallidus</i>	X	X	X	<i>Crotalus durissus</i>			X
<i>Xenodon merremii</i>	X	X		<i>Lachesis muta</i>	X	X	
<i>Xenodon neuwiedi</i>		X					
<i>Xenodon rabdocephalus</i>	X	X		<b>Total general</b>	<b>39</b>	<b>88</b>	<b>30</b>

de hábitats que se generan al ser un área de transición entre los valles secos interandinos y la sabana amazónica (PDM, 2006), lo que aumenta el potencial de diversidad de la región y termina siendo un área representativa de la ofidiofauna de Bolivia.

La mayoría de los registros obtenidos provienen de ejemplares sacrificados intencionalmente por pobladores locales, esto se debe principalmente al miedo que experimentan las personas al pensar que todas son venenosas (Martínez-Vaca León & López Medellín, 2019; Pandey et al., 2016). Esta actitud hacia las serpientes es común en muchos países, y por ejemplo en Colombia, Lynch (2012) estimó que, los pobladores llegan a sacrificar hasta 109 Millones serpientes cada año por aversión y miedo, que como dice el autor, la cifra parece grande, pero está de acuerdo con la densidad de serpientes en la naturaleza. Este tipo de conducta se denomina miedo activo y conlleva una acción directa en contra de estos animales con el fin de exterminarlos en cuanto los encuentran (Aguilar López, 2016). Para el presente estudio, nosotros consideramos que las muestras recuperadas de ejemplares sacrificados por los pobladores, no son, ni de cerca, un número representativo de las serpientes que en total mueren bajo estas condiciones; por ejemplo, muchas de las muestras catalogadas como completas presentaban cortes o heridas que seguramente fueron la causa de su muerte, por lo que puede que ser que nosotros solo registramos las serpientes menos maltratadas y se esté perdiendo una cantidad importante de información. Además, en muchas partes de Bolivia, se tiene la creencia de que, cuando matas a una serpiente la cabeza puede seguir atacando, lo cual es cierto según reportes de mordidas espontáneas de cabezas laceradas después de 15 minutos (Gussow, 2018), sin embargo, la cabeza podría mantener el reflejo de mordida hasta una hora después de muertas (Van den Enden, 2003). Por lo que en las áreas rurales es común que les corten la cabeza y la arrojen lejos, lo cual explicaría las muestras de individuos sin cabeza y las cabezas sueltas que se registraron.

De las cuatro especies de serpientes registradas con mayor abundancia, solo *Micrurus lemniscatus* es una serpiente venenosa, y las demás son serpientes de la familia Colubridae que no representan un riesgo para los humanos. Por lo tanto, aunque inicialmente a causa del conflicto humano- serpiente, las serpientes pierden en esta batalla, a largo plazo también los humanos, ya que las serpientes cumplen roles ecológicos importantes; no solo como controladoras de plagas, sino que las serpientes no venenosas de una zona determinada, son las competidoras naturales de serpientes venenosas y pueden resultar excelentes aliadas en el control de las mismas, tal es el caso de las especies de los géneros *Clelia* y *Drymarchon* que son ofiófagas (Fernández-Badillo et al., 2021).

Particularmente las serpientes son uno de los grupos más vulnerables a los efectos directos e indirectos de las carreteras (Andrews & Gibbons, 2005). Según Rincón-Aranguri et al. (2019) las serpientes son altamente vulnerables a los atropellos en las carreteras, porque suelen utilizarlas para regular su temperatura corporal, además, ocupan los microhábitats en los márgenes de estas (Caletrio et al., 1996). Las serpientes por lo general son animales de movimientos relativamente lentos (Rosen & Lowe, 1994), lo que aumenta su riesgo a ser atropellados intencionalmente (Andrews & Gibbons, 2005). Tomando en cuenta que la carretera y los caminos secundarios tienen flujo de autos y motocicletas, es probable que las serpientes sean víctimas intencionales de atropellos, tal como se vio en Brasil, donde los automóviles mostraron una mayor cantidad de atropellos intencionales a señuelos que el resto de los motorizados (Secco et al., 2014). Por lo tanto, es urgente implementar programas de educación ambiental para concientizar a la población hacia el respeto de la vida de las serpientes en el país.

De acuerdo con las estimaciones de Embert (2008), se esperaría tener 102 especies de serpientes en el área de estudio, pero según los datos encontrados en el presente estudio y el de Eversole et al. (2021), sólo podemos confirmar la presencia de 54 especies para la región y muchas no coinciden con las esperadas por Embert (2008), lo que nos hace pensar que las cifras presentadas por este autor, podrían estar sobre y/o sub estimando los rangos de distribución para algunas de las especies. Por otro lado, las 30 especies registradas por Eversole et al. (2021), se obtuvieron a partir de un esfuerzo de cuatro años de colectas entre junio y agosto (época seca), con búsqueda intensiva por senderos y con guías locales, en tanto en el presente estudio, en tan solo un año, a partir de colectas ocasionales de diferentes fuentes logramos registrar 39 especies, de las cuales siete son nuevos registros para la zona y 24 no fueron registradas en el trabajo de Eversole et al. (2021).

Lo anterior demuestra la importancia de aprovechar los registros de ejemplares sacrificados por pobladores, así como de organismos atropellados (ambos son producto del conflicto humano- serpiente), para conocer la biodiversidad de ofidios presentes en diferentes regiones.

El único inconveniente que tuvimos al utilizar este tipo de registros, fue la imposibilidad de identificar a algunos organismos a nivel de especie, debido a que se encontraban muy maltratados y/o por que los caracteres útiles para su identificación, ya no estaban presentes como en el caso de ejemplares decapitados. Pero aun así son una fuente de información muy importante que debemos aprovechar no solo para conocer sobre la biodiversidad

presente en la región, sino también para estudios ecológicos, ya que los individuos nos muestran aspectos de historia de vida, como ser alimentación y estados reproductivos entre otros.

## CONCLUSIÓN

Se registraron 43 especies de serpientes para la localidad de estudio, de las cuales siete son nuevos registros para el área de San Borja.

La familia Colubridae es la que presenta la mayor cantidad de especies de serpientes en la zona, mientras que Leptotyphlopidae solo presentó una especie *Epictia* sp., que es un nuevo reporte para el sur este del departamento del Beni.

Los registros a partir de animales atropellados y sacrificados por pobladores, provenientes del conflicto humano-serpiente, son de gran importancia para conocer la diversidad de serpientes presentes en una localidad

**Agradecimientos.-** Agradecemos a la colección boliviana de fauna (CBF) por brindar el espacio para la identificación, a Luis Pacheco por ayudarnos en la primera parte de la preparación del documento y a los pobladores de San Borja por facilitarnos las muestras de serpientes.

## LITERATURA CITADA

- Aguilar López, J.L. 2016. Las serpientes no son como las pintan. *Ciencia* 67:6-13.
- Andrews, K.M. & J.W. Gibbons. 2005. How do highways influence snake movement? Behavioral responses to roads and vehicles. *Copeia* 2005:772-782.
- Aparicio, J.E. & M. Ocampo. 2010. *Liolaemus* grupo montanus Etheridge, 1995 (Iguania - Liolaemidae). Cuadernos de *Herpetología* 24:133-135.
- Attademo, A.M., P.M. Peltzer, R.C. Lajmanovich, G. Elberg, C. Junges, L.C. Sanchez & A. Bassó. 2011. Wildlife vertebrate mortality in roads from Santa Fe Province, Argentina. *Revista Mexicana De Biodiversidad* 82:915-925.
- Caletrio, J., J.M. Fernández, J. López & F. Roviralta. 1996. Spanish national inventory on road mortality of vertebrates. *Global Biodiversity* 5:15-18.
- Conover, M.R., E. Butikofer & D.J. Decker. 2018. Wildlife damage to crops: perceptions of agricultural and wildlife leaders in 1957, 1987, and 2017. *Wildlife Society Bulletin* 42:551-558.
- Dornas, R.A.P., A. Kindel, A. Bager & S.R. Freitas. 2012. Avaliação da mortalidade de vertebrados em rodovias no Brasil. *Ecologia de Estradas: Tendências e Pesquisas* 139-152.
- Embert, D. 2008. Distribution , diversity and conservation status of Bolivian Reptiles. *Forschungsarbeit zur Erlangung des Doktorgrades (Dr. rer. nat.) der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Rheinischen Friedrichs-Wilhelms-Universität Bonn*. 103 pp.
- Van den Enden, E. 2003. Bites by venomous snakes. *Acta Clinica Belgica* 58:350-355.
- Eversole, C.B., R.L. Powell, D. Lizarro, A. V. Crocker, G.C. Vaca & P. De La Quintana. 2021. Herpetofauna of the Reserva de la Biósfera Estación Biológica del Beni and the Chimane Reserve Indigenous Territory, Bolivia. *Neotropical Biodiversity* 7:146-154.
- Fernández-Badillo, L., I. Zuria, J. Sigala-Rodríguez, G. Sánchez-Rojas & G. Castañeda-Gaytán. 2021. Revisión del conflicto entre los humanos y las serpientes en México: origen, mitigación y perspectivas. *Animal Biodiversity and Conservation* 2:153-174.
- Freitas, S.R., C.O.M. Sousa & C. Bueno. 2013. Effects of landscape characteristics on roadkill of mammals, birds and reptiles in a highway crossing the Atlantic forest in southeastern Brazil. *Proceedings of the 2013 International Conference on Ecology and Transportation (ICOET)* 11 pp.
- Fugler, C., J. Cabot & I. de la Riva. 1995. *Herpetologica Boliviana: Una lista comentada de las serpientes de Bolivia con datos sobre su distribución*. *Ecología en Bolivia* 24:41-87.
- Fugler, C. & I. de la Riva. 1990. *Herpetología boliviana: Lista provisional de las serpientes conocidas en el país*. *Museo Nacional de Historia Natural (Bolivia) Comunicación* 9:22-53.
- Gibbons, J.W., D.E. Scott, T.J. Ryan, K.A. Buhlmann, T.D. Tuberville, B.S. Metts & C.T. Winne. 2000. The Global Decline of Reptiles, Déjà Vu Amphibians: Reptile species are declining on a global scale. Six significant threats to reptile populations are habitat loss and degradation, introduced invasive species, environmental pollution, disease, unsustainable use, and global climate change. *BioScience* 50:653-666.



- Gussow, L. 2018. Beware the Snake (Head) in the Grass. *Emergency Medicine News* 18.
- Hammerschlag, N. & A. Gallagher. 2017. Extinction risk and conservation of the earth's national animal symbols. *Bioscience* 67:744-749.
- Harvey, M.B., J.E. Aparicio & L.A. Gonzales. 2003. Revision of the venomous snakes of Bolivia: Part I the coral snakes (Elapidae: *Micrurus*). *Annals of Carnegie Museum* 72:1-52.
- Harvey, M.B., J.E. Aparicio & L.A. Gonzales. 2005. Revision of the venomous snakes of Bolivia. Part II: The pitvipers (Serpentes: Viperidae). *Annals of Carnegie Museum* 74:1-37.
- Ibisch, P.L., S. Beck, B. Gerkmann & A. Carrerero. 2004. Ecoregiones y ecosistemas. Pp. 47-110 in *Biodiversidad: La Riqueza de Bolivia. Estado de Conocimiento y Conservación* (P.L. Ibisch and G. Mérida, eds.). Fundación Amigos de la Naturaleza, Santa Cruz de la Sierra.
- Lynch, J.D. 2012. El contexto de las serpientes de Colombia con análisis de las amenazas en contra de su conservación. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 36:435-449.
- Martínez-Vaca León, O.I. & X. López Medellín. 2019. Serpientes, un legado ancestral en riesgo. *CIENCIA ergo sum* 26:1-10.
- Monge-Nájera, J. 2018. Road kills in tropical ecosystems: a review with recommendations for mitigation and for new research. *Revista de Biología Tropical* 66:722-738.
- Navarro, G. 2011. Clasificación de la vegetación en Bolivia. Centro de Ecología Difusión, Fundación Simón I. Patiño
- Pandey, D.P., G.S. Pandey, K. Devkota & M. Goode. 2016. Public perceptions of snakes and snakebite management: implications for conservation and human health in southern Nepal. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 12:22.
- PDM. 2006. Plan de Manejo Estación Biológica del Beni. Fundación Amigos de la Naturaleza. 1-153 pp.
- Pinowski, J. 2005. Roadkills of vertebrates in Venezuela. *Revista Brasileira de Zoologia* 22:191-196.
- Rincón-Aranguri, M., N. Urbina-Cardona, S.P. Galeano, B.C. Bock & V.P. Páez. 2019. Road kill of snakes on a highway in an Orinoco ecosystem: landscape factors and species traits related to their mortality. *Tropical Conservation Science* 12:1-18.
- Rivas, L.R., P. Mendoza-Miranda & A. Muñoz-Saravia. 2018. Lista preliminar de la herpetofauna del Parque Nacional Torotoro, Potosí, Bolivia. *Cuadernos de Herpetología* 32:41-46.
- Rosen, P.C. & C.H. Lowe. 1994. Highway mortality of snakes in the Sonoran desert of Southern Arizona. *Biological Conservation* 68:143-148.
- Saint-Andrieux, C., C. Calenge & C. Bonenfant. 2020. Comparison of environmental, biological and anthropogenic causes of wildlife-vehicle collisions among three large herbivore species. *Population Ecology* 62:64-79.
- Santos-barrera, G., J. Pacheco, F. Mendoza-quijano, F. Bolaños, G. Chaves, G.C. Daily, P.R. Ehrlich & G. Ceballos. 2008. Diversity, natural history and conservation of amphibians and reptiles from the San Vito Region, southwestern Costa Rica. *Revista Tropical de Biología* 56:755-778.
- Secco, H., P. Ratton, E. Castro, P. da Silva Lucas & A. Bager. 2014. Intentional snake road-kill: A case study using fake snakes on a Brazilian road. *Tropical Conservation Science* 7:561-571.
- Stuart, S.N., J.S. Chanson, N.A. Cox, B.E. Young, A. Rodrigues, D.L. Fischman & R.W. Waller. 2004. Status and Trends of Amphibian Declines and Extinctions Worldwide. *Science* 306:1783-1786.



# REPORTE DEL AMPLEXO EN UNA PAREJA DE *DRYOPHYTES EXIMIUS* (HYLIDAE) DENTRO DE UN BALDE CON AGUA

## REPORT OF AMPLEXUS OF COUPLE OF *DRYOPHYTES EXIMIUS* (HYLIDAE) INSIDE A BUCKET WITH WATER

JANET ELIZABETH OSNAYA-BECERRIL<sup>1\*</sup>, ROBERTO TENORIO-MENDOZA<sup>2</sup> & MATÍAS MARTÍNEZ-CORONEL<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Maestría en biología, División de Ciencias Biológicas y de la Salud, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, Av. San Rafael Atlixco No. 186, Col. Vicentina, Delegación Iztapalapa, C. P. 09340, Ciudad de México.

<sup>2</sup>Departamento de biología, División de Ciencias Biológicas y de la Salud, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa.

\*Correspondence: [janbio8685@gmail.com](mailto:janbio8685@gmail.com)

Received: 2022-04-04. Accepted: 2022-06-20. Published: 2022-06-30.

Editor: Adrián Leyte Manrique, México.

**Abstract.**— The amplexus of a couple of *Dryophytes eximius* that occurred inside a bucket with water is reported in to the graveyard of the municipality of San Jose “El Vidrio”, Estado de Mexico, Mexico.

**Key words.**— Artificial water body, conservation, reproductive site, graveyard. urbanization.

**Resumen.**— Se reporta el amplexo de una pareja de *Dryophytes eximius* que ocurrió dentro de un balde con agua, en el panteón de la localidad de San José “El Vidrio”, Estado de México, México.

**Palabras claves.**— Conservación, cuerpo de agua artificial, sitio de reproducción, panteón, urbanización.

De acuerdo con la IUCN (2021) los anfibios son el grupo de vertebrados más vulnerable en la actualidad, entre las principales amenazas que enfrenta este grupo se encuentran: la pérdida y modificación del hábitat, el calentamiento global y la contaminación entre otras causas como las enfermedades infecciosas emergentes (Bishop et al., 2012). En particular las especies con fase larvaria en su ciclo de vida, se han visto afectadas por el manejo inadecuado del recurso hídrico, así como por los cambios en el patrón de lluvias y calentamiento global. De tal manera que algunos cuerpos de agua utilizados para la reproducción han desaparecido, disminuido o se encuentran contaminados (Lertzman-Lepofsky et al., 2020; Piñon-Flores et al., 2021). A ello, se añade, que algunas poblaciones de anfibios han sido afectadas por la urbanización y construcciones humanas, como carreteras o bardas, que se convierten en obstáculos para llegar a los cuerpos de agua que normalmente utilizaban para la reproducción.

Además, estas construcciones también restringen el desplazamiento de los individuos y modifican sus patrones de actividad como el forrajeo, establecimiento de nuevos sitios de ocurrencia, búsqueda de parejas, y principalmente sitios de apareamiento y ovoposición (Wells, 2007). Lo que representa

un mayor esfuerzo e inversión de energía en el desplazamiento y por ende, una mayor probabilidad a ser depredados (Relyea, 2000). Por lo que, la búsqueda de nuevos sitios para reproducirse puede llevarlos a elegir opciones no convencionales como son microhábitats artificiales (Buxton & Sperry, 2017).

El objetivo de esta nota es dar a conocer el hallazgo de una pareja de *Dryophytes eximius* en amplexo en un recipiente de plástico con agua (Fig. 1), en el panteón de San José “El Vidrio” (19.649704° N, -99.384167° W; NAD 1983; 2644 m s.n.m.) municipio de Nicolás Romero, Estado de México, México. En esta localidad, el panteón se encuentra rodeado por casas-habitación y algunos parches de vegetación de bosque de encino y se cuenta con una presa llamada “El Arenal” la cual es utilizada como sitio para criar peces, abrevadero y para regar cultivos agrícolas.

Se ha registrado el uso de pozas de agua temporales para *D. eximius* para la puesta de huevos, sin embargo, las larvas no sobreviven por efecto de la depredación y la variación de temperatura (Osnaya-Becerril, *obs. pers.*). En este sentido el presente registro documenta que el uso de recipientes artificiales con agua representa una importante opción que aprovechan los individuos en la zona de estudio, tanto para aparearse (por medio

del amplexo), como para la eclosión y posterior metamorfosis de los renacuajos.

Este evento ocurrió el 19 de julio del 2019 a las 13:41 hr (<https://www.youtube.com/shorts/f6NgGlq3lEs>), cuando observamos una pareja de *D. eximius* en amplexo en el interior de un recipiente plástico, de 30 cm de alto y 20 cm de diámetro con agua aproximadamente a 3/4 de su capacidad y contenía restos de tallos de flores. El recipiente estaba colocado sobre una tumba de tierra, la cual carecía de vegetación. La pareja de ranas que estaba en la superficie del agua flotaban con dificultad y trataban de colocar su puesta en las ramas que estaban flotando también (Fig. 1). El amplexo duro aproximadamente 20 minutos más después de que la pareja fue avistada.

En el panteón de San José “El Vidrio” los pobladores acostumbran a colocar recipientes con agua a manera de floreros con diferentes dimensiones y materiales (como plásticos, aluminio, vidrio o barro) sobre las tumbas, los cuales pueden estar sobrepuestos o enterrados completamente. Estos recipientes son limpiados o cambiados cuando se visitan las tumbas, principalmente en noviembre durante la festividad del día de muertos. El resto del año la mayoría de los floreros permanecen sin usar, mientras que las flores se secan o pudren y parte del material permanece en el fondo, y es hasta la época de lluvias, que inician en junio, cuando los recipientes se rellenan nuevamente con esta agua, y entonces se convierten en microhábitat potenciales para la reproducción de *D. eximius* (García et al., 2016).

Ante las diferentes amenazas que enfrentan los anfibios (Bishop et al., 2012; IUCN 2021), es importante generar información que permita conocer sus requerimientos que sirvan como fundamento en caso de desarrollar programas de conservación para este grupo. Debido a las amenazas que representa el manejo inadecuado del recurso hidrológico a escala mundial, en algunos lugares ya se han implementado o sugerido técnicas de manejo del agua y humedad ambiental para favorecer la conservación de los anfibios (Mathwin et al., 2020). Asimismo, en el caso de la desaparición o modificación del hábitat por urbanización o apertura de tierras agrícolas, se ha observado que cada especie responde de manera particular dependiendo de sus requerimientos de hábitat y del grado de alteración, de la disponibilidad de los recursos o condiciones mínimas que estos organismos necesitan para refugiarse, forrajear o reproducirse (Mazgajska & Mazgajski, 2020; Valiente et al., 2010). Por ejemplo, se sabe que en Italia *Lissotriton vulgaris meridionalis* se ha visto favorecida demográficamente por la presencia de bebederos de agua destinados al ganado (Buono



**Figure 1.** Couple of *Dryophytes eximius* in amplexus inside a container with water.

**Figura 1.** Pareja de *Dryophytes eximius* en amplexo dentro de un recipiente con agua.

et al., 2019). Mientras que en otra área agrícola del valle del Okanagan, Canadá, Ashpole et al. (2018) donde las poblaciones de anfibios habían disminuido o desaparecido, construyeron y rehabilitaron 21 pozas en un área agrícola, y encontraron que durante siete años de monitoreo, algunas especies como *Spea intemontana* y *Pseudacris regilla* colonizaron exitosamente 18 y 15 de ellas respectivamente, en cambio *Rana luteiventris* solo se observó en una poza, mientras que *Ambystoma mavortium* no fue detectada en ninguna. Los autores consideran que esta última especie posiblemente no colonizó ninguna poza debido a su alta filopatría a los sitios donde normalmente se reproduce.

*Dryophytes eximius* es una especie endémica de México y con amplia distribución que abarca la Sierra Madre Occidental, parte sur de la Planicie Mexicana, la Sierra Madre Oriental y el Eje Neovolcánico Transversal (Frost, 2021). La especie no está considerada bajo ninguna categoría de riesgo por la IUCN (IUCN, 2021) ni por la NOM-059-2010 (SEMARNAT, 2019). Siendo una especie de talla pequeña y de hábitos arborícolas, suele usar como sitios de reproducción pozas de agua temporales,



en arroyos y a la orilla de lagos (Lemos-Espinal & Dixon, 2013), de manera que el uso de floreros en el panteón de San José “El Vidrio” es algo novedoso. Posiblemente esta es una respuesta a la disminución de sitios adecuados para reproducirse, debido a la continua expansión urbana en esta localidad. Desconocemos su tendencia poblacional en la zona, no obstante, es importante considerar su conservación, tomando en cuenta su función ecológica (Hernández-Salinas et al., 2018).

El hallazgo reportado, es una referencia para la implementación de un programa de protección local para la especie, así como de estrategias de manejo de los cuerpos de agua del lugar y un monitoreo permanente de la población con énfasis en los microhábitats artificiales como son los floreros dentro del panteón. Así mismo, se sugiere involucrar a la comunidad y autoridades de San José “El Vidrio”, dándoles a conocer la importancia de conservar a esta ranita y otras más especies de la zona.

## LITERATURA CITADA

- Ashpole, S.L., C.A. Bishop & S.D. Murphy. 2018. Reconnecting amphibian habitat through small pond construction and enhancement, south Okanagan river valley, British Columbia, Canada. *Diversity* 10:108-124.
- Bishop, P.J., A. Angulo, J.P. Lewis, R.D. Moore, G.B. Rabb & J. García-Moreno. 2012. The Amphibian Extinction Crisis what will it take to put the action into the Amphibian Conservation Action Plan? S.A.P.I.E.N.S. <http://journals.openedition.org/sapiens/1406> [Consultado en mayo de 2022].
- Buono, V., A. Maria-Bissatinni & L. Vignoli. 2019. Can a cow save a newt? The role of cattle drinking troughs in amphibians conservation. *Aquatic conservation marine and freshwater ecosystems* 29(6):964-975.
- Buxton, V.L. & J.H. Sperry. 2017. Reproductive decisions in anurans: A review of how predation and competition affects the deposition of eggs and tadpoles. *BioScience* 67:26-38.
- Frost, D. R. 2021. Amphibian Species of the World: an Online Reference. Version 6.1. <https://amphibiansoftheworld.amnh.org/index.php>. American Museum of Natural History, New York, USA. [Consultada en junio de 2022].
- García, M., A. Vera, C.J. Benetti & L. Blanco. 2016. Identificación y clasificación de los microhábitats de agua dulce. *Acta Zoológica Mexicana* 32:12-31.
- Hernández-Salinas, U., A. Ramírez-Bautista, B.P. Stephenson, R. Cruz-Elizalde, C. Berriozabal-Islas & C.J. Balderas-Valdivia. 2018. Amphibian life history in a temperate environment of the Mexican Plateau: dimorphism, phenology and trophic ecology of a hylid frog, *Hyla eximia* (= *Dryophytes eximius*) *PeerJournal* 6:e5897.
- IUCN SSC Amphibian Specialist Group. 2021. Mountain Treefrog: *Dryophytes eximius*. The IUCN Red List of Threatened Species 2021:e.T55478A5395268. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T55478A5395268.en>. [Consultado en junio de 2022].
- Lemos-Espinal, J.A. & J. R. Dixon. 2013. Amphibians and reptiles of San Luis Potosí. Eagle Mountain Publishing, L. C.
- Lertzman-Lepofsky, G.F., A.M. Kissel, B. Sinervo & W.J. Palen. 2020. Water loss and temperature interact to compound amphibian vulnerability to climate change. *Global Change Biology* 26:4868-4879.
- Mathwin, R., S. Wassns, J. Young, Q. Ye & C.J.A. Bradshaw. 2020. Manipulating water for amphibian conservation. 2020. *Conservation Biology* 35:24-34.
- Mazgajska, J. & T.D. Mazgajski. 2020. Two amphibian species in the urban environment: changes in the occurrence, spawning phenology and adult condition of common and green toads. *The European Zoological Journal* 87:170-179.
- Piñon-Flores, M.A., I. Suazo-Ortuño, J.P. Ramírez-Herrejón, R. Moncayo-Estrada & E. del-Val. 2021. Habitat, water quality or geomorphological degradation in the streams: Which is most important for conserving an endemic amphibian of Central Mexico? *Journal of for Nature Conservation* 64:1617-1381
- Relyea, R.A., 2000. Trait mediated indirect effects in larval anurans: reserving competition with the threat of predation. *Ecology* 81:2278-2289.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2019. MODIFICACIÓN del Anexo Normativo III, Lista de especies en riesgo de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo, publicada el 30 de diciembre de 2010. Diario Oficial de la Federación,



- Valiente, E., A. Tovar, H. González, D. Eslava-Sandoval & L. Zambrano. 2010. Creating refuges for the axolotl (*Ambystoma mexicanum*). *Ecological Restoration* 8:257-259.
- Wells, K.D. 2007. *The ecology and behavior of amphibians*. University of Chicago Press, Chicago, USA.



# NUEVOS REGISTROS DE *BOTHROPS ASPER* (SERPENTES:VIPERIDAE) EN ABANGARES, GUANACASTE

## NEW RECORDS OF *BOTHROPS ASPER* (SERPENTES:VIPERIDAE) IN ABANGARES, GUANACASTE

PABLO MARÍN-PACHECO<sup>1\*</sup>, JUAN DE DIOS ASTORGA ACUÑA<sup>1,2</sup> MIGUEL ÁNGEL MATARRITA HERRERA<sup>2,3</sup> DIEGO COTO-GONZÁLES<sup>1</sup> & EMANUEL RODRÍGUEZ ROJAS<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ingeniería en Ciencias Forestales y Vida Silvestre, Apdo. Postal 7-4013, Atenas, Costa Rica

<sup>2</sup>Sistema Nacional de Áreas de Conservación, SINAC, Apdo. Postal 50701 Guanacaste, Costa Rica

<sup>3</sup>Escuela Ciencias Biológicas, Universidad Nacional de Costa Rica, Apdo. Postal 86-3000, Heredia, Costa Rica

\*Correspondence: pablomarín95@hotmail.com

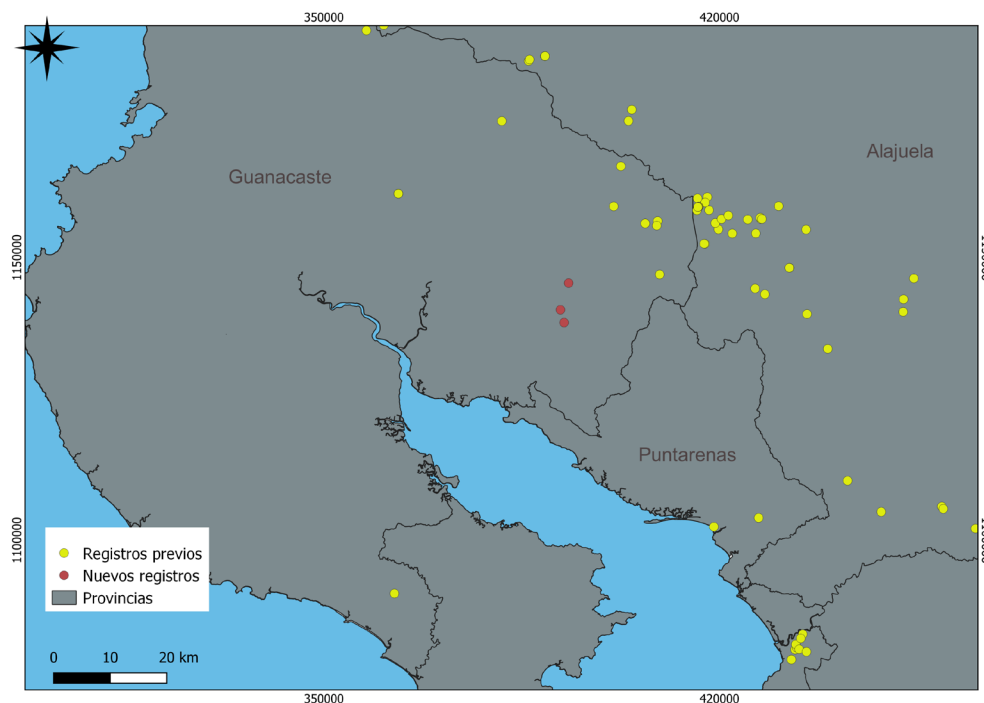
Received: 2021-08-19. Accepted: 2022-06-13. Published: 2022-06-30.

Editor: Marco Antonio Lopez Luna, México.

La terciopelo se distribuye del norte de México hasta el norte de Ecuador y Colombia (Khöler, 2008; Leenders, 2019). Es una especie relativamente común en su ámbito de distribución, a tal punto que se adapta a ecosistemas perturbados (Sassa et al., 2009; Solorzano, 2004). En Costa Rica es una serpiente abundante de la región del Caribe, Zona Norte y Pacífico Central y Sur (Sasa et al., 2019; Solorzano, 2004). En las zonas bajas del Pacífico Norte, la terciopelo es poco frecuente y se conocen escasos registros en la literatura (Solorzano com. per. 2021). Es común observar esta especie en bosques primarios, bosques secundarios, cultivos e inclusive en urbanizaciones rurales desde el nivel del mar hasta los 1500 m s.n.m. (Chaves et., 2006; Sasa et al., 2019).

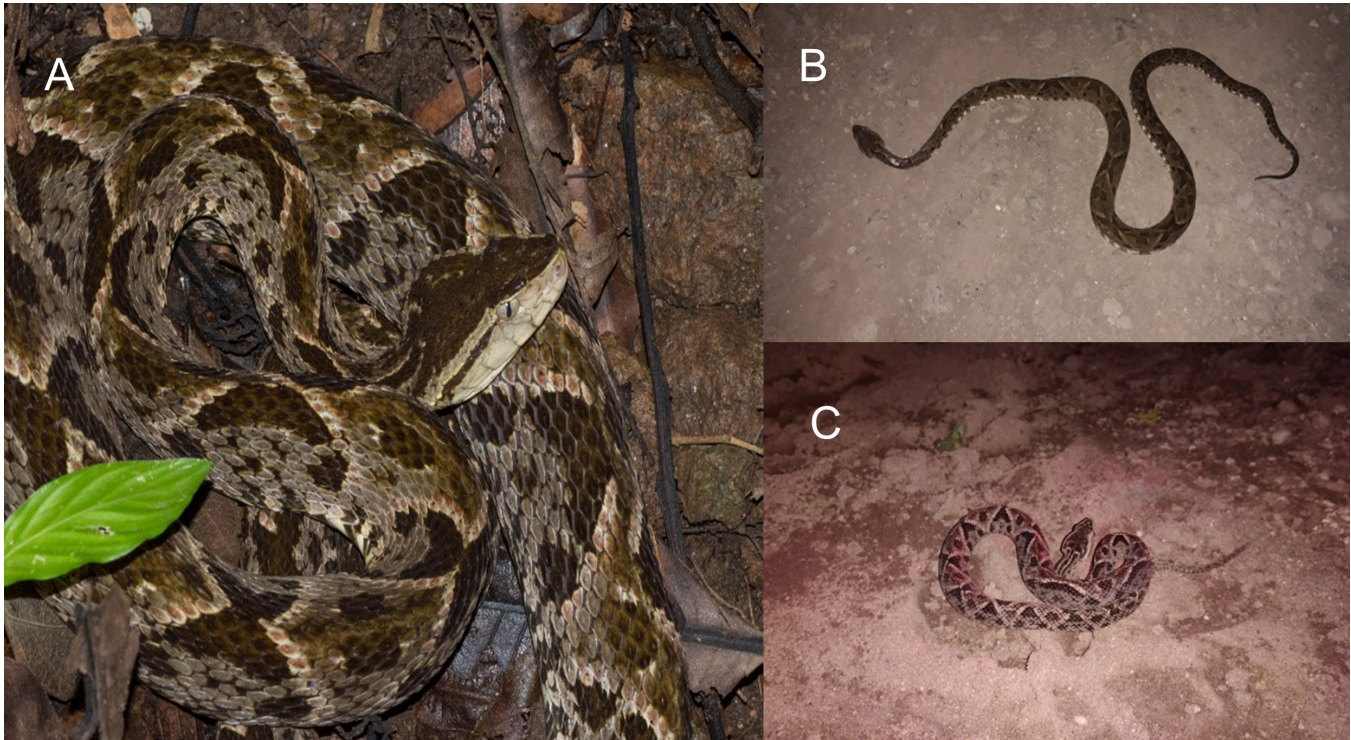
Este manuscrito es referente a nuevos registros de *Bothrops asper* en el cantón de Abangares, Guanacaste (Fig. 1). Previo a estos registros, no se contaban con reportes en la literatura de la terciopelo en el cantón de Abangares (Leenders 2019; Solorzano com. per. 2021).

**Registro 1:** El 7 de julio del 2021 se observó un individuo de *Bothrops asper* a las 15:10 h, en la Reserva Sierra Zapote en las Juntas de Abangares, Guanacaste (10.315239° N, 84.987516° W, WGS84, 291 m s.n.m.). El individuo se localizó en un bosque secundario, cercano al río Zapote (Fig. 2). Este registro amplía



**Figure 1.** New records of *Bothrops asper* in Abangares, Guanacaste. Information obtained from the Global Biodiversity Information Facility, 2021 & Ortiz, 2014.

**Figura 1.** Nuevos registros de *Bothrops asper* en Abangares, Guanacaste. Información obtenida de Global Biodiversity Information Facility, 2021 & Ortiz, 2014.



**Figure 2.** A) *Bothrops asper* in Reserva Sierra Zapote, photo: Pablo Marín. B) *Bothrops asper* dead on a road next to finca Cerritos, photo: Juan De Dios Astorga. C) *Bothrops asper* in Abangares, photo: Miguel Matarrita. / **Figura 2.** A) *Bothrops asper* en Reserva Sierra Zapote, Foto: Pablo Marín. B) *Bothrops asper* muerta en un camino al lado de la finca Cerritos, foto: Juan De Dios Astorga. C) *Bothrops asper* en Abangares, foto: Miguel Matarrita.

18,633 km de su registro más cercano en Tronadora, Tilarán, Guanacaste.

**Registro 2:** El 10 de diciembre de 2019 a las 18:24 h, se observó un individuo muerto de *Bothrops asper* en un camino secundario contiguo a la Finca Experimental Cerritos, en las Juntas de Abangares, Guanacaste (10.294833°N 84.981555°W, WGS84, 170 m s.n.m.). Por las lesiones del ejemplar, es posible que fue víctima de un atropello por algún vehículo (Fig. 2). Este registro amplía 16.140 km de su registro más cercano en Tronadora, Tilarán, Guanacaste.

**Registro 3:** El 09 de diciembre de 2020 a las 17:50 horas, durante un recorrido sobre la ribera del río Lajas, ubicado en Cabecera de Lajas, Las Juntas, Abangares, Guanacaste (10.357411° N 84.974087° W, WGS84, 390 m s.n.m.), se observó un individuo salir de un área de pastos, en dirección a un bosque de galería. La serpiente al percibir nuestra presencia mostró una posición defensiva por varios minutos (Fig. 2). Este registro amplía 18,930 km de su registro más cercano en Tronadora, Tilarán, Guanacaste.

## LITERATURA CITADA

- Chaves, F., J. Alvarado., R. Aymerich & A. Solórzano. 2006. Aspectos Básicos Sobre las Serpientes de Costa Rica. Universidad de Costa Rica. San Pedro, San José, Costa Rica.
- Köhler, G. 2008. Reptiles of Centroamérica. Herpeton Verlag Elke Kohler. Offenbach, Alemania
- Leenders, T. 2019. Reptiles of Costa Rica: A field Guide. Zona Tropical. Ithaca, Neew York, United States
- Sasa, M., F. Bonilla & F. Chaves. 2019. Serpientes venenosas de Costa Rica: Biología básica. Universidad de Costa Rica. San Pedro, San José, Costa Rica.
- Sasa, M., D.K. Wasko & W. Lamar, W. 2009. Natural history of the terciopelo *Bothrops asper* (Serpentes: Viperidae) in Costa Rica. *Toxicon* 54: 904-922.
- Solórzano, A. 2004. Serpientes de Costa Rica: distribución, taxonomía e historia natural. Instituto Nacional de Biodiversidad. Santo Domingo, Heredia, Costa Rica.

