



REVISTA LATINOAMERICANA DE HERPETOLOGÍA

ANFIBIOS Y REPTILES: DIVERSIDAD E HISTORIA NATURAL
VOLUMEN 06 NÚMERO 04 OCTUBRE-DICIEMBRE 2023 ISSN: 2594-2158





Es una publicación con el apoyo de





revistas
unam

Portal de revistas académicas
y arbitradas de la UNAM



Scientific Electronic Library Online



ISSN: 2594-2158 Volumen 06, Número 04, Octubre-Diciembre 2023

Foto de portada: *Nymphargus pijao*, "Cascadas de Río Verde" Reserva Natural,

Córdoba, departamento de Quindío, Colombia. Foto: Kevin J. López-Molina,

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

Contacto: revista.latin.herpetologia@gmail.com

Revista Latinoamericana de Herpetología, año 6, no. 4, octubre-diciembre 2023, 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, 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)

Editores Consejeros

Teddy Angarita Sierra (Colombia)

Francisco Brusquetti (Paraguay)

Juan Manuel Guayasamin (Ecuador)

Oscar A. Flores Villela (México)

Rodrigo Macip Ríos (México)

Marcio Martins (Brasil)

Felipe Rabanal (Chile)

Rafael O. de Sá (U.S.A.)

Editores Senior

Dr. Marcio Martins (Artigos em português)

Dr. Sean M. Rovito (English papers)

Dr. Pierre A.R.R.H. Charruau (Articles en français)

English style corrector

Brett Butler (México)

Diseño editorial

Andrea Vargas Fernández (México)

Jorge Luis Ávalos Hernández (México)

Leticia M. Ochoa Ochoa (México)

COMITÉ EDITORIAL 2021-2023

Editores Asociados

Andrés Rymel Acosta Galvis (Colombia)

Katyuscia Araujo-Vieira (Brasil)

Pier Cacciali (Paraguay)

Alessandro Catenazzi (Perú)

Juan Emiro Carvajal Cogollo (Colombia)

Pierre A.R.R.H. Charruau (México)

Adam G. Clause (Estados Unidos)

Thaís Condez (Brasil)

Marissa Fabrezi (Argentina)

Ana Gatica Colima (México)

Adrián García Rodríguez (Costa Rica)

Uri Omar García Vázquez (México)

Jimena Grosso (Chile)

Carlos Alberto Hernández Jiménez (México)

Rafael Alejandro Lara Resendiz (México)

Adrián Leyte Manrique (México)

Mariana L. Lyra (Brasil)

Ricardo Itzcóatl Maldonado Reséndiz (México)

Norberto Martínez Méndez (México)

Nancy R. Mejía Domínguez (México)

Ricardo Montero (Argentina)

Jorge E. Morales Mávil (México)

Carlos Navas (Brasil)

Ernesto Raya García (México)

César A. Ríos Muñoz (México)

Vivian P. Páez (Colombia)

Nicolás Pelegrin (Brasil)

Andrea Paz (Colombia)

María Laura Ponssa (Argentina)

Sean Michael Rovito (México)

José Manuel Serrano (México)

Luis Sigler (Estados Unidos)

Jenny C. Urbina (Colombia)

Anyelet Valencia-Aguilar (Colombia)

Julián Andrés Velasco Vinasco (México)

Nelson Velásquez (Chile)

CONTENIDO

ARTÍCULOS CIENTÍFICOS

ASPECTOS ECOLÓGICOS PARASITARIOS
EN *PLEURODEMA NEBULOSUM* (ANURA:
LEPTODACTYLIDAE) EN LA REGIÓN DEL MONTE,
SAN JUAN, ARGENTINA **14**

Gabriel Natalio Castillo, Cynthia Jesica González- Rivas & Juan
Carlos Acosta

HERPETOFAUNA OF THE “EL MINERAL DE
NUESTRA SEÑORA DE LA CANDELARIA”
RESERVE: A BIOLOGICAL TREASURE IN SINALOA,
MEXICO **56**

José David Jacobo-González, Diego Sidu Chan Chon, Antonio
Razo Pérez, José Alfredo Leal Orduño, Eric Centenero Alcal &
Rafael Alejandro Lara-Resendiz

ASSESSMENT OF A COMMUNITY
MANAGEMENT PROGRAM OF RIVER TURTLES
(PODOCNEMIDIDAE: *PODOCNEMIS*) IN ZÁBALO,
ECUADORIAN AMAZON **81**

Michelle Vela-Torres, Felipe Borman, Mario H. Yáñez-Muñoz,
Randy Borman, Rafael Yunda, Humberto Yiyoguajae, Vicente
Criollo⁴, Valerio Machoa, Leonel Yiyoguajae, Francisco Machoa,
Braulio Criollo, Alfonso Yiyoguajae, Jessica Pacheco-Esquivel⁴ &
Santiago Varela

FACTORES AMBIENTALES QUE FAVORECEN LA
REPRODUCCIÓN DEL AXOLOTE DE XOCHIMILCO
BAJO CUIDADO HUMANO: UNA REVISIÓN
SISTEMÁTICA..... **101**

NOTAS CIENTÍFICAS

DEPREDACIÓN DE IMANTODES CENCHOA
(SQUAMATA: COLUBRIDAE) SOBRE *SCELOPORUS*
VARIABILIS (SQUAMATA: PHRYNOSOMATIDAE) EN

UN BOSQUE TROPICAL PERENNIFOLIO DE LA
SIERRA MAZATECA, OAXACA, MÉXICO..... **1**

Eduardo A. Aguilar-Herrera, Dulce L. Flores-Martínez, Misael
Seba-Chacha, Leopoldo D. Vázquez Reyes, Francisco A. Rivera
Ortiz, Patricia Ramírez Bastida, Salomón Sanabria Urbán &
Víctor H. Jiménez-Arcos

PRIMER REGISTRO DE INFECCIÓN POR
BATRACHOCHYTRIUM DENDROBATIDIS Y POR EL
NEMATODO DEL GÉNERO *CAPILLARIA* Y LA
AUSENCIA DE INFECCIÓN POR *RIBEIROIA*
ONDATRAE EN *AMBYSTOMA ORDINARIUM* **5**

Cinthya Mendoza-Almeralla, David Tafolla-Venegas, Carolina
González-Pardo & Ireri Suazo-Ortuño

REGISTROS DE DEPREDACIÓN DE REPTILES
Y ANFIBIOS POR ARTRÓPODOS EN EL
ÁREA RECREATIVA LAGO GATÚN, COLÓN,
PANAMÁ..... **35**

Manuel Walter-Conrado, Ángel Sosa-Bartuano, Nemesio Melo &
Alfredo Lanuza-Garay

ANOMALIES IN AMPHIBIANS (ANURA:
BUFONIDAE) FROM NORTHEASTERN BRAZIL..... **43**

Bruno Alves de Sousa, Mariluce Gonçalves Fonseca & Ronildo
Alves Benício

ISTHMIAN CENTRAL AMERICAN FROGS WITH
DIFFERENT BIOFLUORESCENCE PATTERNS . **50**

Mirna G. García-Castillo & M. Delia Basanta

FIRST RECORD OF DIET AND CLUTCH OF TREEFROG
HYALINOBATRACHIUM VIRIDISSIMUM (TAYLOR, 1942;
ANURA: CENTROLINIDAE) IN MOUNTAINOUS CENTRAL
VERACRUZ, MÉXICO **75**

Tonantzin Carmona-Zamora & Aurelio Ramírez-Bautista

CANNIBALISM IN A SANTA CRUZ LAVA LIZARD,
MICROLOPHUS INDEFATIGABILIS (TROPIDURIDAE), IN
THE GALÁPAGOS ISLANDS **78**

Verónica Crespo-Pérez

NOTAS CIENTÍFICAS (CONT.)

DEPREDACIÓN DE *INCILIUS CRISTATUS* (ANURA: BUFONIDAE) POR *LEPTODEIRA SEPTENTRIONALIS* (KENNICOTT, 1859) (SQUAMATA: COLUBRIDAE) EN SAN ANDRÉS TZICUILAN, MUNICIPIO DE CUETZALAN DEL PROGRESO, PUEBLA **95**

Javier Matías-Vázquez, Martha Anahí Güizado-Rodríguez & Uri Omar García-Vázquez

MORTALIDAD EN *TRIMORPHODON BISCUTATUS* (COLUBRIDAE) ASOCIADA A LA INGESTA DE UNA *CTENOSAURA PECTINATA* (IGUANIDAE) EN MICHOACÁN DE OCAMPO, MÉXICO **97**

Luis Eduardo Bucio Jiménez & Leonardo Fernández-Badillo

SERPIENTES DE CHIPAUQUIL, MESETA DE SOMUNCURA, PATAGONIA ARGENTINA **114**

Vera, David Gustavo, Rocío Nigro, Igor Berkunsky, Damián Fortunato, Melina Velasco, Sofía Quiroga, Hernán Povedano, Jorge Daniel Williams, Germán Tettamanti, Federico Pablo Kacolaris & Diego Omar Di Pietro

PRIMER CASO DE ECTROMELIA EN *CORYTOPHANES CRISTATUS* (SQUAMATA: CORYTOPHANIDAE) **120**

Jorge Alberto Zúñiga-Baos & Díaz-García Juan Manuel

DEPREDACIÓN DE *CONIOPHANES FISSIDENS* (SQUAMATA: COLUBRIDAE) SOBRE *CRAUGASTOR RHODOPIS* (ANURA: CRAUGASTORIDAE) EN LA REGIÓN MONTAÑOSA CENTRAL DE VERACRUZ. **123**

José Luis Aguilar López & Pedro A. Aguilar-Rodríguez

A BRIEF REVIEW OF LIMB ANOMALIES IN LIZARDS AND PRESENCE OF ECTRODACTILY IN *ASPIDOSCELIS COSTATUS* (SQUAMATA: TEIIDAE)..... **127**

Edgar De La Rosa-Silva, Aldo Gómez-Benítez, Daniel Sánchez-Manjarrez, Edgar Oviedo-Hernández, Gabriel Andrade-Soto, James M. Walker & Oswaldo Hernández-Gallegos

FIRST RECORD OF ALBINISM AND PIEBALDISM IN *ATELOGNATHUS PATAGONICUS* (GALLARDO, 1962) (ANURA: BATRACHYLIDAE), LAGUNA BLANCA NATIONAL PARK, ARGENTINIAN PATAGONIA..... **132**

Melisa Celia Jazmín Rolón, Facundo Leonel De Los Santos, Micaela Harkes, Melina Alicia Velasco, Sofía Jones, Germán

Tettamanti, Rodrigo Calvo, David Gustavo Vera, Diego Di Pietro, Jorge Daniel Williams & Federico Pablo Kacolaris

PARASITISMO EN *RHINELLA SPINULOSA* (WIEGMANN, 1834) (ANURA: BUFONIDAE) POR *APLECTANA HYLAMBATIS* (BAYLIS, 1927) (NEMATODA: COSMOCERCIDAE) EN ARGENTINA **138**

Gabriel Natalio Castillo, Cynthia Jesica González-Rivas & Juan Carlos Acosta

BACK FROM THE BEYOND: DEFENSIVE BEHAVIOR OF THE BOGOTA ANADIA *ANADIA BOGOTENSIS* (SQUAMATA: GYMNOPHTHALMIDAE)..... **144**

Alexandra Montoya-Cruz & Ronald A. Díaz-Flórez

PRIMER REGISTRO DE POLIDACTILIA EN *ISTHMURA BELLII* (PLETHODONTIDAE) **148**

Cristhian Alejandro Peralta-Robles, Mauricio Tepos-Ramírez, Oscar Ricardo García-Rubio, Alison Khadije Salinas-Olguín, Ricardo Cervantes-Jiménez & Fátima Soledad Garduño-Fonseca

ANOMALÍAS MORFOLÓGICAS EN *TRACHEMYS SCRIPTA ELEGANS* EN CAUTIVERIO: REGISTRO DE TRES CASOS **152**

Carlos Santiago Rosales-Martínez, Jesús Emanuel Mendiola Valdez, Armando H. Escobedo-Galván & Fabio G. Cupul-Magaña

FIRST RECORD OF CONTRACTING AND THANATOSIS BEHAVIOUR IN THE GENUS *NYMPHARGUS* (ANURA: CENTROLENIDAE) **157**

Kevin J. López-Molina, Laura X. López-Pérez, Santiago Arango-Ospina & Juan Esteban Cáceres-Rave

AGGRESSIVE BEHAVIOR OF *RHEOHYLA MIOTYMPANUM* (ANURA: HYLIDAE) IN NORTHERN HIDALGO, MEXICO **169**

Lizzeth A. Torres-Hernández, César A. Díaz-Marín, Héctor R. Eliosa-León, Cinthya Mendoza-Almeralla & Aurelio Ramírez-Bautistae

NOTAS DE DISTRIBUCIÓN

NUEVO REGISTRO DE *CTENOPHRYNE ATERRIMA* (MICROHYLIDAE) PARA EL CHOCÓ, COLOMBIA... **25**

Jhon Tailor Rengifo-Mosquera, Lucellis Maria Rivas Albornoz & Mayra Yulenis Rengifo Palacios



NOTAS DE DISTRIBUCIÓN (CONT.)

UPDATED DISTRIBUTION MAP OF *AMPHISBAENA MITCHELLI* PROCTER, 1923 (SQUAMATA: AMPHISBAENIDAE) WITH A NEW RECORD IN MARANHÃO, BRAZIL 30

Carolina L. Paiva, Henrique J. Oliveira & Henrique C. Costa

NUEVO REGISTRO DE *RHADINAEA TAENIATA AEMULA* (SQUAMATA: DIPSADIDAE) PARA PUEBLA, MÉXICO 161

Omar Gibran Rodríguez-Barrera, Melisa Rodríguez-Barrera & Uri Omar García-Vázquez

FIRST CONFIRMED RECORD OF THE ROSY BOA (*LICHANURA TRIVIRGATA*) IN NATIVIDAD ISLAND, PACIFIC OF BAJA CALIFORNIA: A REAPPEARANCE AFTER 75 YEARS? 164

Cecilia Soldatini, Victor Hugo González-Sánchez, Joel Aaron López-Hernández, Gemma Abaunza, Jorge Andrés Morales-Rico, Jorge Cristerna & Yuri Vladimir Albores-Barajas

OBITUARIO

JAMES APARICIO E. (1967-2023): UNA VIDA DEDICADA A LA HERPETOLOGÍA 91

Mauricio Ocampo, Álvaro Aguilar-Kirigin, Bruno Miranda-Calle, Marita Paredes, Paola De la Quintana, Leslie Zegada & Jehan Ninon Ríos-Ríos



ISSN: 2594-2158 Volumen 06, Número 04, Octubre-Diciembre 2023

Foto derecha: Individuo juvenil de *Atelognathus patagonicus* con piebaldismo. Laguna Antifir Parque Nacional Laguna Blanca, Argentina.

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

Contacto: revista.latin.herpetologia@gmail.com

DEPREDACIÓN DE *IMANTODES CENCHOA* (SQUAMATA: COLUBRIDAE) SOBRE *SCELOPORUS VARIABILIS* (SQUAMATA: PHRYNOSOMATIDAE) EN UN BOSQUE TROPICAL PERENNIFOLIO DE LA SIERRA MAZATECA, OAXACA, MÉXICO

PREDATION OF *IMANTODES CENCHOA* (SQUAMATA: COLUBRIDAE) ON *SCELOPORUS VARIABILIS* (SQUAMATA: PHRYNOSOMATIDAE) IN A RAINFOREST OF THE SIERRA MAZATECA, OAXACA, MEXICO

Eduardo A. Aguilar-Herrera¹, Dulce L. Flores-Martínez¹, Misael Seba-Chacha¹, Leopoldo D. Vázquez Reyes², Francisco A. Rivera Ortiz³, Patricia Ramírez Bastida², Salomón Sanabria Urbán⁴ & Víctor H. Jiménez-Arcos^{1*}

¹Laboratorio de Herpetología Vivario, Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México, Av. de los Barrios 1, Los Reyes Ixtacala, Tlalnepantla, México, CP 54090.

²Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México, Av. de los Barrios 1, Los Reyes Ixtacala, Tlalnepantla, México, CP 54090.

³Laboratorio de Ecología Molecular y Evolución, UBIPRO, Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México, Av. de los Barrios 1, Los Reyes Ixtacala, Tlalnepantla, México, CP 54090.

⁴Laboratorio de Ecología, UBIPRO, Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México, Av. de los Barrios 1, Los Reyes Ixtacala, Tlalnepantla, México, CP 54090.

*Correspondence: victorhja@iztacala.unam.mx

Received: 2023-02-15. Accepted: 2023-09-15. Published: 2023-10-09.

Editor: Uri Omar García Vázquez, México.

Abstract.— We report the first predation event of a Rosebelly Lizard (*Sceloporus variabilis*) by a Blunthead Tree Snake (*Imantodes cenchoa*) in a rainforest area of the Sierra Mazateca, Oaxaca, Mexico. This record adds another prey to the diet of *I. cenchoa*, which includes frog eggs of *Agalychnis* genus, tree frogs (Hylidae), frog eggs of *Hyalinobatrachium viridissimum*, frogs of the *Craugastor* genus, eggs, and individuals of lizards of *Anolis* genus, as well as geckos of *Gonadotes* genus. This event contributes to the knowledge of the trophic interactions of both species in an underexplored and highly diverse region of Mexico.

Key words.— Diet, snake -lizard interaction, predator-prey interaction, trophic ecology, Rosebelly Lizard, Blunthead Tree Snake.

Resumen.— Reportamos el primer registro de depredación de una Lagartija Espinosa Vientre Rosado (*Sceloporus variabilis*) por una Culebra Cordelilla Chata (*Imantodes cenchoa*) en una zona de selva alta de la Sierra Mazateca, Oaxaca, México. Este registro incorpora otra presa a la dieta de *I. cenchoa* que comprende huevos de ranas del género *Agalychnis*, huevos de *Hyalinobatrachium viridissimum*, ranas arborícolas (familia Hylidae), ranas del género *Craugastor*, huevos e individuos de lagartijas del género *Anolis*, así como geckos del género *Gonadotes*. Este evento contribuye al conocimiento de las interacciones tróficas de ambas especies en una región poco explorada y altamente diversa de México.

Palabras clave.— Dieta, interacción serpiente-lagartija, interacción depredador-presa, ecología trófica, Lagartija Espinosa Vientre Rosado, Culebra Cordelilla Chata.

La Culebra Cordelilla Chata *Imantodes cenchoa* (Linnaeus, 1785), es una serpiente común en zonas tropicales en altitudes que van de los 0 hasta los 1,620 m.s.n.m., y se distribuye desde Tamaulipas y Colima en las vertientes del Atlántico y Pacífico de México respectivamente, hasta Argentina (Myers, 1982; Uetz et al., 2023). En el caso específico del estado de Oaxaca se distribuye

en las regiones fisiográficas de la Sierra Madre de Oaxaca, Planicie Costera del Golfo, Depresión Istmica de Tehuantepec, Sierra Madre de Chiapas y la Planicie Costera de Tehuantepec (Mata-Silva et al., 2021). Es una especie nocturna y de hábitos arborícolas con una longitud total de 731.53 ± 67.84 (intervalo: 560-900 mm) y 690.60 ± 71.86 (498-829 mm) en hembras y machos

adultos respectivamente (de Sousa et al., 2014). En su dieta se han registrado huevos de ranas arborícolas del género *Agalychnis* (Scott & Starrett, 1974), ranas del género *Craugastor* y ranas arborícolas de la familia Hylidae (Myers, 1982), así como geckos del género *Gonadotes* (de Sousa et al., 2014). Sin embargo, su dieta es más conocida por incluir tanto huevos como individuos de lagartijas del género *Anolis* (Landy et al., 1966; Myers, 1982; Gutierrez & Arredondo, 2005). En México, se ha reportado como parte de su dieta a la rana *Smilisca baudinii* y diferentes especies del género *Anolis* (Vogt, 1997), y recientemente huevos de *Hyalinobatrachium viridissimum* (Díaz-García et al., 2023).

Sceloporus es un género de lagartijas que comprende aproximadamente 110 especies distribuidas en Norte y Centro América, con distribución en prácticamente todo el territorio mexicano, y de actividad diurna con alimentación principalmente insectívora (Herpetología Mexicana, 2023; Uetz et al., 2023). *Sceloporus variabilis* (Wiegmann, 1834) habita desde bosques conservados hasta zonas urbano-rurales, en un intervalo altitudinal que va de los 0 a los 2500 m.s.n.m. (Terán-Juárez et al., 2021). En Oaxaca, *S. variabilis* e *I. cenchoa* coinciden en la mayor parte de su distribución dentro de las regiones fisiográficas a excepción de la Planicie Costera de Tehuantepec (Mata-Silva et al., 2021).

El día 12 de octubre de 2022, a las 23:16 h, a la orilla de una vereda sobre una roca cubierta de musgo (18.17414° N, 96.60703° O; Datum WGS84; 711 m.s.n.m.), en la localidad de Emiliano Zapata, municipio de San José Tenango, en la Sierra Mazateca, Oaxaca, México, observamos un ejemplar de *I. cenchoa* alimentándose de una hembra de *S. variabilis* (Fig. 1 y Fig. 2). Durante el evento observamos que la lagartija no realizaba ningún tipo de movimiento. La identificación de *S. variabilis* se realizó con base en el patrón de color (líneas longitudinales claras y manchas oscuras pareadas en el dorso) que la distingue de otras posibles especies del género *Sceloporus* que pueden ocurrir en la zona que hemos observado durante nuestro trabajo de campo (como *S. salvini*). Respecto a las lagartijas del género *Anolis*, la ausencia de laminillas subdigitales (Fig. 2) y patrón de coloración la distinguen de las especies de *Anolis* registradas hasta ahora en nuestro trabajo de campo (*A. beckeri* y *A. tropidonotus*). Para documentar este evento y obtener la identificación de la lagartija, fotografiamos a los organismos sin interrumpir la actividad y nos retiramos del sitio en un periodo no mayor a tres minutos.

Tanto *Imantodes cenchoa* como *S. variabilis* son dos de las especies de reptiles más abundantes en zonas de selva alta en México. A pesar de esto, previamente no se había reportado

una interacción entre estas especies. Es probable que los requerimientos ecológicos y hábitos entre ambas especies conlleven a encuentros poco frecuentes. Por ejemplo, *I. cenchoa* habita zonas de vegetación forestal en buen estado de conservación, presentando menor abundancia en zonas con menor cobertura arbórea (Urbina-Cardona et al., 2006) lo que está vinculado a su uso de hábitat arbóreo. En contraste, *S. variabilis* es una especie generalista con menor uso de hábitat arbóreo, tiende habitar áreas abiertas con elevada incidencia



Figure 1. *Imantodes cenchoa* feeding on a female of *Sceloporus variabilis*. Photo by Eduardo A. Aguilar-Herrera.

Figura 1. *Imantodes cenchoa* alimentándose de una hembra de *Sceloporus variabilis*. Foto de Eduardo A. Aguilar-Herrera.



Figure 2. Close-up of the predation event, showing the absence of toepads on the fingers of *S. variabilis*. Photo by Misael Seba-Chacha.

Figura 2. Acercamiento del evento de depredación, mostrando la ausencia de lamelas subdigitales en los dedos de *S. variabilis*. Foto de Misael Seba-Chacha.

solar, llegando a ser la especie dominante en periferias o interiores de poblados, y rara en zonas de selva alta con una densa cobertura de dosel (Terán-Juárez et al., 2021). En relación con sus hábitos, *S. variabilis* tiende a refugiarse durante la noche debajo de rocas, cortezas o cavidades; por lo que es posible que su registro durmiendo sobre ramas o vegetación sea más raro que en las lagartijas del género *Anolis*, presas usuales de *I. cenchoa* (Vogt, 1997).

El registro que presentamos aquí amplía la dieta de *Imantodes cenchoa* e incorpora un depredador más sobre *S. variabilis*. Las interacciones de depredación son un elemento clave de los ecosistemas, donde el flujo de materia y energía a través de

esta interacción ecológica es un proceso indispensable para el mantenimiento sano de los ecosistemas. La depredación favorece la regulación de poblaciones de diversas especies, entre ellas la depredación de serpientes sobre lagartijas, siendo estas últimas depredadoras de una gran diversidad de artrópodos que a su vez se alimentan de plantas, lo que puede tener un efecto en otros niveles tróficos y funciones ecosistémicas (e.g. polinización; Luna-Reyes et al., 2013). La complejidad de los bosques tropicales conlleva a que una gran diversidad de interacciones aún permanece sin documentarse, así, el conocimiento de la historia natural, incluyendo interacciones ecológicas, es un elemento esencial para ampliar nuestra comprensión sobre los componentes de la diversidad funcional en estos ecosistemas.

Agradecimientos.— Agradecemos a Jonathan Herrera Canseco y Daniel Crecensio Quiroga por su apoyo en el trabajo de campo. A las autoridades locales y municipales de Emiliano Zapata, San José Tenango por permitirnos el trabajo en su territorio y el apoyo durante el trabajo de campo. Agradecemos especialmente a Zuleima Tovar Castillo, Irene Castillo Castañeda, Eleuterio Zenteno Ramírez y Abad Tovar Castillo de San Felipe Tilpam, San Pedro Ixcatlán por todo el apoyo brindado durante el trabajo de campo. Agradecemos a los dos revisores anónimos cuyos comentarios incrementaron la calidad de nuestro manuscrito. El trabajo de campo se realizó parcialmente gracias al financiamiento del proyecto PAPIIT-UNAM No. IA209820 asignado a VHJA y con el permiso de colecta No. FAUT-0374 otorgado a VHJA.

LITERATURA CITADA

- de Sousa, K.R.M., A.L.C. Prudente & G.F. Maschio. 2014. Reproduction and diet of *Imantodes cenchoa* (Dipsadidae: Dipsadinae) from the Brazilian Amazon. *Zoologia* 31:8-19.
- Díaz-García, J.M., V. Vásquez-Cruz, A. Sandoval-Comte, J. Ramos-Luna & A. Kelly-Hernández. 2023. Depredación de huevos de la rana de cristal norteña *Hyalinobatrachium viridissimum* por la culebra-cordelilla chata *Imantodes cenchoa* en un bosque de niebla de Veracruz, México. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 6:149-153.
- Gutierrez, C.P. & S.J. Arredondo. 2005. *Imantodes cenchoa*, Diet. *Herpetological Review* 36:324.
- Herpetología Mexicana. 2023. www.herpetologiamexicana.org. [Consultado en agosto 2023].
- Landy, M.J., D.A. Langebartel, E.O. Moll & H.M. Smith. 1966. A collection of snakes from Volcán Tacaná, Chiapas, Mexico. *Journal of the Ohio Herpetological Society* 5:96-101.
- Luna-Reyes, R., L. Canseco-Márquez & E. Hernández-García. 2013. Los Reptiles. Pp. 319-328. En Cruz Angón, A., E.D. Melgarejo, F. Camacho Rico & K.C. Nájera Cordero (Coord.). La Biodiversidad en Chiapas: Estudio de Estado. Volumen II. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) y Gobierno del Estado de Chiapas, México.
- Mata-Silva, V., E. García-Padilla, A. Rocha, D.L. Desantis, J.D. Johnson, A. Ramírez-Bautista & L.D. Wilson. 2021. A reexamination of the herpetofauna of Oaxaca, Mexico: Composition update, physiographic distribution, and conservation commentary. *Zootaxa* 4996:201-252.
- Myers, C.W. 1982. Blunt-Headed Vine Snakes (*Imantodes*) in Panama, including a new species and other revisionary notes. *American Museum Novitates* 2738:1-50.
- Scott, N.J. & A. Starrett. 1974. An unusual breeding aggregation of frogs, with notes on the ecology of *Agalychnis spurrelli* (Anura: Hylidae). *Bulletin of Southern California Academy of Sciences* 73:86-94.
- Terán-Juárez, S.A., E. Pineda, J.V. Horta-Vega, J.R. Cedeño-Vázquez, A. Correa-Sandoval, & C.S. Venegas-Barrera. 2021. Habitat use and microhabitat selection of two lizard species with different niche requirements in a resource availability gradient. *Studies on Neotropical Fauna and Environment* 56:40-52.
- Uetz, P., P. Freed, R. Aguilar, F. Reyes, & J. Hošek (Eds.). 2023. The Reptile Database. <http://www.reptile-database.org>, [Consultado en diciembre 2022].
- Urbina-Cardona, J.N., M. Olivares-Pérez & V.H. Reynoso. 2006. Herpetofauna diversity and microenvironment correlates across a pasture-edge-interior ecotone in tropical rainforest fragments in the Los Tuxtlas Biosphere Reserve of Veracruz, Mexico. *Biological Conservation* 132:61-75.
- Vogt, R.C. 1997. Comunidades de serpientes. Pp. 503-506. En González, S.R., R. Dirzo & R.C. Vogt (Eds.). *Historia Natural de Los Tuxtlas*. Universidad Nacional Autónoma de México, México.



PRIMER REGISTRO DE INFECCIÓN POR *BATRACHOCHYTRIUM DENDROBATIDIS* Y POR EL NEMATODO DEL GÉNERO *CAPILLARIA* Y LA AUSENCIA DE INFECCIÓN POR *RIBEIROIA ONDATRAE* EN *AMBYSTOMA ORDINARIUM*

FIRST RECORD OF INFECTION BY *BATRACHOCHYTRIUM DENDROBATIDIS* AND BY THE NEMATODE OF THE GENUS *CAPILLARIA* AND THE ABSENCE OF INFECTION BY *RIBEIROIA ONDATRAE* IN *AMBYSTOMA ORDINARIUM*

Cinthyá Mendoza-Almeralla¹, David Tafolla-Venegas², Carolina González-Pardo¹ & Ileri Suazo-Ortuño^{1*}

¹Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Av. San Juanito Itzicuaró s/n, Col. Nueva Esperanza, Morelia, Michoacán, México.

²Laboratorio de Parasitología. Facultad de Biología-Edificio R. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Ciudad Universitaria. Morelia, Michoacán, México.

*Correspondence: ileri.suazo@gmail.com

Received: 2023-01-11. Accepted: 2023-09-22. Published: 2023-10-09.

Editor: Rosario Mata López, México.

Abstract.— Chytridiomycosis caused by *Batrachochytrium dendrobatidis* (*Bd*) and trematodiasis originate from *Ribeiroia ondatrae* are factors causing the decline of amphibians. To assess the coexistence of *Bd* and this trematode in México, we conducted two visits to 20 streams in the Trans-Mexican Volcanic Belt in Michoacán, obtaining skin swabs from 43 individuals of *Ambystoma ordinarium* for molecular detection of *Bd*. Additionally, we collected 100 gastropods of the genus *Lymnaea* to evaluate the presence of *R. ondatrae* in the caudate's habitats. The results of *Bd* detection indicated that 37 salamanders from nine sites showed infection by *Bd* in levels ranging from 21 to 4,318 genomic equivalent zoospores. However, the analysis of tissue samples from the gastropods did not reveal any infection by *R. ondatrae*. This study presents the first record of infection by nematodes of genus *Capillaria* in this salamander.

Keywords.— Achoque of Michoacán, decline, endoparasites, infection.

Resumen.— La quitridiomycosis causada por *Batrachochytrium dendrobatidis* (*Bd*) y la trematodiasis originada por *Ribeiroia ondatrae* son factores del declive de anfibios. Con la intención de verificar si *Bd* y *R. ondatrae* coexisten en México, realizamos dos visitas a 20 arroyos en la porción de la Faja Volcánica Transmexicana del estado de Michoacán, obteniendo frotis de piel de 43 individuos de *Ambystoma ordinarium* para realizar la detección molecular de *Bd*. Adicionalmente, colectamos 100 gasterópodos del género *Lymnaea* para evaluar la presencia de *R. ondatrae* en los hábitats del caudado. Treinta y siete salamandras en nueve sitios presentaron niveles de infección por *Bd* de entre 21 y 4,318 zoosporas equivalentes genómicas; mientras que la revisión de tejidos de los gasterópodos no mostró infección por *R. ondatrae*. También reportamos la presencia de nematodos del género *Capillaria* en un individuo de *A. ordinarium*.

Palabras clave.— Achoque de Michoacán, declive, endoparásitos, infección.

La marcada pérdida de especies y poblaciones de anfibios constituye un tema de preocupación importante para la conservación de la biodiversidad global. Las principales causas del declive y extinción de los anfibios incluyen la pérdida y fragmentación de hábitats, enfermedades infecciosas como la quitridiomycosis y la sinergia entre éstos y otros factores (AmphibiaWeb, 2023; Young et al., 2004; Wake & Vredenburg, 2008). Cifras recientes indican el declive de un tercio del total de las especies de anfibios (AmphibiaWeb, 2021).

La quitridiomycosis es una enfermedad infecciosa y emergente en anfibios provocada por los hongos quitridios *Batrachochytrium dendrobatidis* (*Bd*) y *Batrachochytrium salamandrivorans* (*Bsal*) (Longore et al., 1999; Martel et al., 2013). Hasta el momento se ha detectado a *Bd* en más de 500 especies de anfibios distribuidas en los cinco continentes, excepto la Antártida, y ha provocado el declive de más de 200 poblaciones y la extinción de 90 especies (Fisher et al., 2009; Olson et al., 2013; Sheele et al., 2019); mientras que *Bsal* se ha registrado en más de diez especies de caudados y

en algunas especies de ranas de Asia y Europa, y aun no se han documentado declives provocados por este patógeno en otros continentes (Martel et al., 2013, 2014; Spitzen-Van der Sluijs et al., 2016; Laking et al., 2017; Allain & Duffus, 2019).

En América se ha detectado a *Bd* en más de 46 caudados (Olson et al., 2013; Global *Bd* mapping project, 2019). Las familias de salamandras con mayor número de registros de especies infectadas con *Bd* son Plethodontidae (27) y Ambystomatidae (13) seguidas de Salamandridae (3) Cryptobranchidae (2) y Sirenidae (1) (Olson et al., 2013; Global *Bd* mapping project, 2019). Particularmente, el género *Ambystoma* (Ambystomatidae) comprende 33 especies distribuidas en Norteamérica (Frost, 2019). En México se ha reportado la infección en poblaciones silvestres de *A. altamirani*, *A. lermaense* (antes *A. granulatum*), *A. mexicanum*, *A. rivulare*, *A. velasci*, *A. flavipiperatum* y *A. andersoni* en los estados de México, Michoacán, Jalisco y Puebla (Frias et al., 2008; Basanta et al., 2019). Sin embargo, no se ha evaluado la presencia de *Bd* en siete especies mexicanas, incluyendo a *A. ordinarium* (AmphibiaWeb, 2023; Ramírez-Bautista et al., 2023). Debido a lo anterior, es importante monitorear y cuantificar la infección por *Bd* en las especies de *Ambystoma* en México, ya que la mayoría de estas salamandras presentan algún grado de amenaza (IUCN, 2023), y la quitridiomycosis podría ser un factor adicional para el declive de las poblaciones de estas especies.

En cuanto a los parásitos, se han estudiado desde una perspectiva tanto evolutiva como ecológica en los anfibios (Bower, 2019). Por ejemplo, los estudios filogenéticos y comparativos de patrones de infección en diferentes especies de anfibios ayudan a entender la evolución de los parásitos y su relación con los hospederos (Johnson, 2012). Por otro lado, el estudio de la dinámica de la infección en poblaciones de anfibios puede revelar cómo la interacción huésped-parásito afecta la supervivencia, el crecimiento y la reproducción de las especies de anfibios (Koprivnikar et al., 2012; Poulin, 2014). Además, es posible investigar cómo la interacción entre múltiples especies de parásitos puede afectar las poblaciones de anfibios y la biodiversidad en general (Koprivnikar et al., 2012; Poulin, 2014).

En el caso de México, la relación huésped-parásito se ha documentado en algunos anfibios (Cabrera-Guzmán et al., 2021). En el caso de *Ambystoma* se ha confirmado la infección de varias especies de parásitos trematodos y nematodos en poblaciones silvestres de *A. ordinarium*, *A. lermaense* y *A. dumerillii* (García-Altamirano et al., 1993; Mata-López et al., 2002; Ramírez-Hernández et al., 2019). Particularmente en *A. ordinarium* se han encontrado una especie de protozoario del género *Trichodina*, dos especies de trematodos de los géneros

Gorgoderina y *Ochetosoma* y dos especies de nematodos de los géneros *Cosmocercoides* y *Hedruris* (Ramírez-Hernández et al., 2019). Adicionalmente, Soto-Rojas et al. (2017) reportaron que en 16 arroyos ubicados en el centro norte del estado de Michoacán, México, el 44.62% de los individuos de *A. ordinarium* colectados en el 2014 presentaron las malformaciones de micromelia (miembros cortos), ectrodactilia (ausencia parcial o total de dígitos), braquidactilia (desproporción en el tamaño de dedos), sindactilia (fusión de dígitos), polimelia (múltiples miembros), polidactilia (dígitos súper numerarios) y ectromelia (ausencia parcial o total de miembros), las cuales son malformaciones ocasionadas por el trematodo *R. ondatrae*.

Ambystoma ordinarium presenta una distribución restringida en México, ya que solo se distribuye en el estado de Michoacán y en una localidad del estado de México (Piñon-Flores et al., 2021). Esta especie se considera en peligro a nivel global (IUCN, 2020) y está protegida por el gobierno de México (SEMARNAT, 2010). Por consiguiente, consideramos importante evaluar la posible presencia de *Bd* en esta especie y determinar si la quitridiomycosis y otros parásitos podrían ser un factor para su declive. Por lo tanto, este estudio tuvo los siguientes objetivos: 1) evaluar la presencia de *Bd* y de *R. ondatrae* en *A. ordinarium*, y 2) evaluar la presencia de endoparásitos no registrados anteriormente en esta especie.

Para la realización de estos objetivos seleccionamos 20 arroyos (Tabla 1, Fig. 1) dentro del rango de distribución actual de *A. ordinarium* (Oropeza-Sánchez et al., 2021; Piñon-Flores et al., 2021). Cada arroyo seleccionado se encuentra a una distancia mínima de 3 km con respecto a cualquier otro, por lo que corresponden a 20 poblaciones independientes de acuerdo a la poca vagilidad de la especie reportada por Montes-Calderón et al. (2011). La selección de los 20 sitios se realizó en base a la presencia y abundancia de *A. ordinarium* reportada en Montes-Calderón et al. (2011), Soto Rojas (2017) y por I. Suazo-Ortuño (*com.pers*).

Llevamos a cabo dos visitas a los 20 sitios en el 2019, durante las cuales realizamos un transecto de 800 m. de longitud en la sección media de cada una de las corrientes para efectuar la colecta de *A. ordinarium* con red de mano en el fondo de la corriente, este método de búsqueda se hizo de acuerdo a los trabajos de Oropeza-Sánchez et al. (2021) y Piñon-Flores et al. (2021). Al momento de la captura, tomamos a cada ejemplar con guantes de látex y realizamos un frotis de la piel de acuerdo a Chytrid Swabbing Protocol (2009) con un hisopo estéril (Medical wire 113w). Cada hisopo fue introducido en un vial estéril de 2 ml. Medimos a cada organismo con un vernier electrónico (20

Table 1. Study sites in the distribution of *Ambystoma ordinarium*. The table shows the number, name, type of vegetation and geolocation of the study sites, the number of individuals collected from *A. ordinarium* and the gastropods of the genus *Lymnaea* in each locality, and the prevalence and load infection by *Batrachochytrium dendrobatidis* (Bd) in genomic zoospore equivalents (EZG's). The abbreviation NA means Not Applicable.

Tabla 1. Localidades de estudio y de distribución de *Ambystoma ordinarium*. La tabla presenta: el número, nombre, tipo de vegetación y geolocalización de los sitios de estudio, el número de individuos colectados de *A. ordinarium* y de los gasterópodos del género *Lymnaea* en cada localidad, y la prevalencia y grado de infección por *Batrachochytrium dendrobatidis* (Bd) en equivalentes zoosporas genómicas (EZG's). La abreviatura NA significa no aplica.

Número de sitio (coordenada de colecta)	Nombre de la localidad, municipio de colecta	Tipo de vegetación	Número de individuos colectados de <i>A. ordinarium</i>	Número de individuos infectados por <i>Bd</i> (prevalencia)	Grado de infección en EZG's	Número de gasterópodos colectados
1. (19.36 °N, 101.3824 °W)	10.90 km al Oeste de Villa Madero, Madero	Bosque pino-encino	2	2 (100%)	177.86-666.39	0
2. (19.3455°N, 101.4168 °W)	0.73 km al NO de Yoricoztio, Tacámbaro	Bosque de pino y potrero	0	NA	NA	2
3.(19.2995°N, -01.5179°W)	El pedregoso, Tacámbaro	Potrero	0	NA	NA	11
4. (19.5201°N, 101.1360°W)	2.57 km al SO de Ichaqueo, Morelia	Bosque de pino-encino	0	NA	NA	0
5.(19.7570°N, 100.8427°W)	3.4 km al Sur de Queréndaro,	Potrero	0	NA	NA	0
6. (19.7530°N, 100.7515°W)	7.43 km al SE de Queréndaro, Queréndaro,	Potrero	0	NA	NA	0
7. (19.7622°N, 100.7984°W)	10.86 km al SE de Queréndaro, Queréndaro	Potrero y bosque de pino encino	3	3 (100%)	240.41-4160	0
8. (19.7162°N, 100.9165°W)	0.75 km al Sur de Ziróndaro, Zinapécuaro	Potrero	8	7 (87.5%)	141.38-2512.21	0
9. (19.5128°N, 101.1994°W)	3.4 km al SE de Acuitzio del canje, Acuitzio del canje	Bosque de pino	0	NA	NA	0
10.(19.4373°N, 101.3024°W)	2 km al NE de Loma caliente, Morelia	Bosque de pino-encino	0	NA	NA	0
11. (19.6848°N, 100.8753°W)	14 km al Sur de Queréndaro, Queréndaro	Bosque de pino-encino	1	1 (100%)	459.62	0
12. (19.6745°N, 101.0291°W)	5.7 km al Este de Jariepo, Charo	Bosque de pino-encino	3	3 (100%)	188.55-1730.42	0
13. (19.6669°N, 101.1435°W)	Rio chiquito, Morelia	Matorral subtropical	6	5 (83.3%)	264.36-2465.67	59
14. (19.6172°N, 100.7133°W)	2 km al Norte de Pucuat, Hidalgo	Bosque de pino-encino	0	NA	NA	0
15. (19.5723°N, 100.6661°W)	5.2 km al Oeste de Mata de Pinos, Hidalgo	Bosque de pino-encino	0	NA	NA	0
16. (19.6781°N, 100.6381°W)	9 km al Oeste de C.Hidalgo, Hidalgo	Potrero	0	NA	NA	0
17.(19.5191°N, 100.6166°W)	2 km al Sur de Agostitlan, Hidalgo	Bosque de pino-encino	0	NA	NA	0

Table 1 (cont.). Study sites in the distribution of *Ambystoma ordinarium*. The table shows the number, name, type of vegetation and location of the study sites, the number of individuals collected from *A. ordinarium* and the gastropods of the genus *Lymnaea* in each locality, and the prevalence and load infection by *Batrachochytrium dendrobatidis* (Bd) in genomic zoospore equivalents (EZG's). The abbreviation NA means Not Applicable.

Tabla 1 (cont.). Localidades de estudio y de distribución de *Ambystoma ordinarium*. La tabla presenta: el número, nombre, tipo de vegetación y ubicación de los sitios de estudio, el número de individuos colectados de *A. ordinarium* y de los gasterópodos del género *Lymnaea* en cada localidad, y la prevalencia y grado de infección por *Batrachochytrium dendrobatidis* (Bd) en equivalentes zoosporas genómicas (EZG's). La abreviatura NA significa no aplica.

Número de sitio (coordenada de colecta)	Nombre de la localidad, municipio de colecta	Tipo de vegetación	Número de individuos colectados de <i>A. ordinarium</i>	Número de individuos infectados por <i>Bd</i> (prevalencia)	Grado de infección en EZG's	Número de gasterópodos colectados
18.(19.6106°N, -101.1241°W)	Filtros viejos, Morelia	Bosque de pino-encino	14	11 (78.5%)	21.08-4318.83	28
19.(19.8412°N, -100.7319°W)	8.9 km al Oeste de Bocaneo, Zinapécuaro	Bosque de pino-encino	4	3 (75%)	112.11-1856.98	0
20.(19.5142°N, -100.7896°W)	4.43 km al SO de San Antonio Villalonguín, Hidalgo	Bosque de pino-encino	2	2 (100%)	301.01-2588	0
Total			43	37		100

mm; Vikye). Cada individuo se revisó detalladamente para observar si presentaban malformaciones externas. Finalmente, liberamos a cada salamandra en el sitio de colecta y los frotis de piel se llevaron al laboratorio de Ecología Animal del Instituto de Investigaciones Sobre los Recursos Naturales de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH).

En cada uno de los veinte arroyos realizamos la búsqueda de gasterópodos utilizando un tamiz de suelo en el fondo de la corriente a lo largo de cada transecto. También exploramos la vegetación riparia adjunta a cada corriente para visualizar y coleccionar a los ejemplares. Los moluscos colectados de cada sitio se colocaron en un contenedor transparente con tapa (Uline, 500 ml) con 50 ml de agua corriente de clorada, el cual cerramos y rotulamos con los datos de fecha y sitio de colecta. Los gasterópodos colectados fueron llevados inmediatamente al laboratorio de Parasitología de la (UMSNH) para realizar la detección de *R. ondatrae* en ellos, debido a que no presentan alguna categoría de peligro.

Al final del análisis de detección de *Bd* en las salamandras y de cercarías en los gasterópodos, decidimos coleccionar un máximo de cuatro individuos de *A. ordinarium* en el arroyo con mayor abundancia de la salamandra, con elevada prevalencia de *Bd*, y con presencia de gasterópodos, para determinar si los ejemplares presentaban cercarías de *R. ondatrae* y otros endoparásitos.

Los ejemplares colectados fueron llevados inmediatamente al laboratorio de Parasitología de la (UMSNH).

Este estudio se llevó a cabo en estricta conformidad con las pautas para el uso de anfibios y reptiles vivos en investigaciones de campo compiladas por la Sociedad Estadounidense de Ictiólogos y Herpetólogos (ASIH). El manejo de las muestras se realizó con el permiso de colecta científica número SGPA/DGVS/13339/19 otorgado por la SEMARNAT.

Detección y cuantificación del patógeno *Batrachochytrium dendrobatidis*. Extrajimos el ADN de los frotis de piel mediante el protocolo PrepMan (Applied Biosystems) y realizamos la detección de *Bd* mediante la técnica de PCR en tiempo real descrita por Boyle et al. (2004). Consideramos un resultado positivo cuando se encontraron valores iguales o superiores a 0.1 zoosporas equivalentes genómicas (ZEG's) en cada muestra analizada. Posterior al registro de los datos positivos a la infección multiplicamos cada valor por el factor de dilución para obtener el total de zoosporas equivalentes genómicas (ZEG's) de cada frotis.

Análisis de detección de *Ribeiroia ondatrae*. En el laboratorio colocamos cada caracol en un vaso clínico (Medisante, 100 ml) con 50 ml de agua de clorada durante 48 horas. Posterior a esto, expusimos a los moluscos a luz directa durante doce horas para que las cercarías emergieran de los moluscos y pudieran observarse a simple vista. Después separamos las

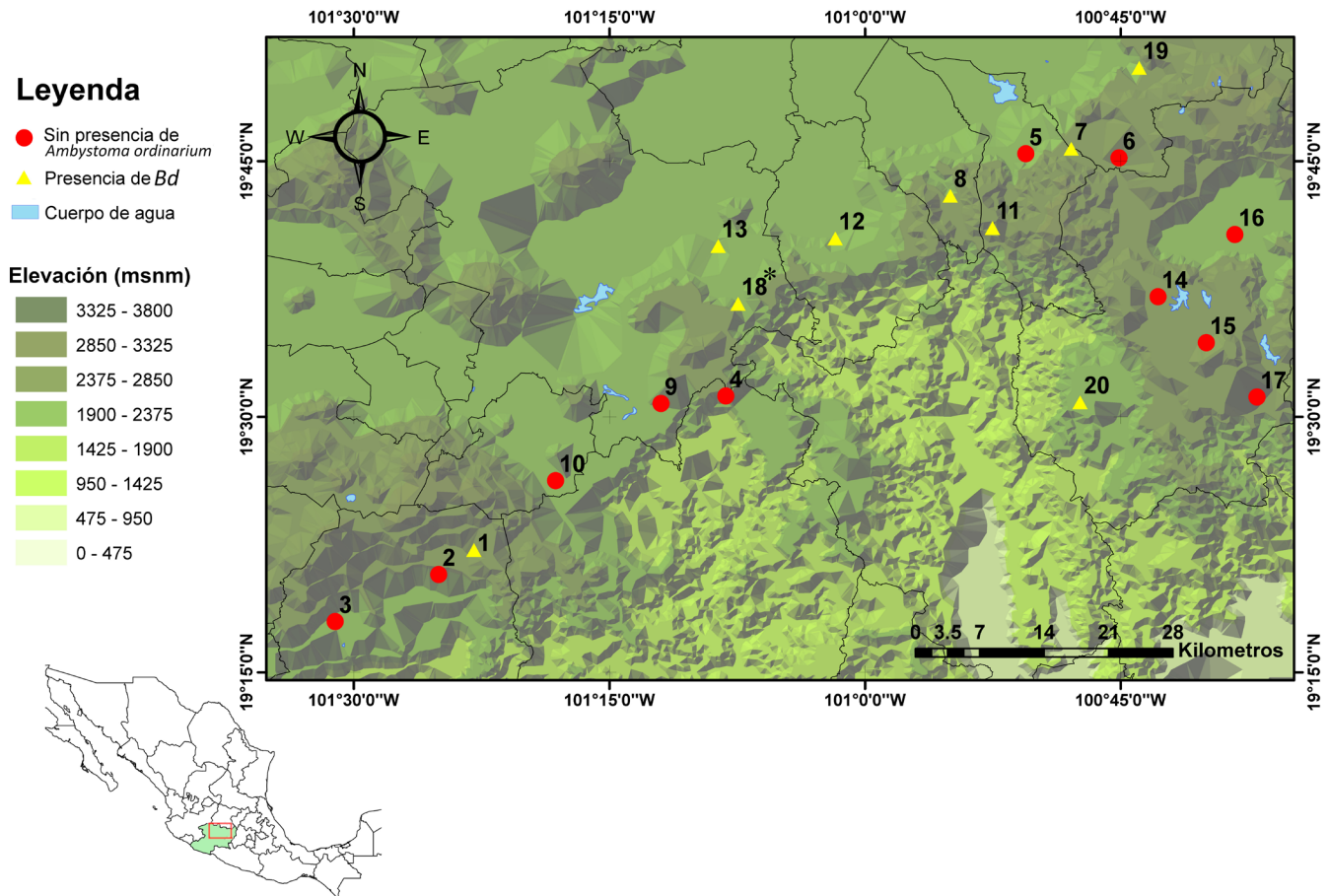


Figure 1. Map of sites with the presence of *Ambystoma ordinarium* and *Batrachochytrium dendrobatidis* in the State of Michoacán. The asterisk indicates the site with specimens infected by *Bd*, *Capillaria* sp., and *Hedruris siredonis*.

Figura 1. Mapa de los sitios de estudio con y sin presencia de *Ambystoma ordinarium* y de *Batrachochytrium dendrobatidis* en el Estado de Michoacán. El asterisco señala el sitio en el que se encontraron ejemplares infectados por *Bd*, *Capillaria* sp. y *Hedruris siredonis*.

cercarías encontradas, las fijamos en solución de Bouin durante 24 horas y las transferimos a etanol al 70 % para teñirlas con Paracarmin de Mayer. Finalmente observamos las preparaciones bajo el microscopio óptico para determinar si presentaron características de *R. ondatrae* de acuerdo a Szuroczki y Richardson (2009).

Detección de endoparásitos en *A. ordinarium*. Aplicamos eutanasia a cuatro adultos de *A. ordinarium* utilizando el protocolo de Falconi et al. (2010), en las 48 horas siguientes a su colecta. Inmediatamente después, revisamos la cavidad interna y órganos para la búsqueda de endoparásitos (Smith, 1990; Lamothe-Argumedo, 1997). Observamos nematodos, los cuales separamos del tejido, fijamos y transparentamos con una transferencia sucesiva de una mezcla caliente de etanol al 70% con glicerina al 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 y 100%. Obtuvimos

fotografías con un microscopio Amscope modelo B120B-5M y determinamos el género al que pertenecían de acuerdo a las características reportadas en los trabajos de: Butterworth y Beverley-Burton (1980), Ramírez-Hernández et al. (2019) y Palumbo et al. (2020).

Durante las dos visitas a cada sitio, colectamos 43 individuos de *Ambystoma ordinarium* en nueve sitios (Tabla 1). Los individuos no presentaron malformaciones y exhibieron una longitud hocico cloaca (LHC) promedio de 71.70 mm (min 43-100 max). De acuerdo a las tallas de cada estadio reportadas en Anderson y Worthington (1971), colectamos 17 larvas inmaduras y 26 adultos. Se detectó a *Bd* en 37 salamandras, las cuales presentaron un grado de infección de entre 21 y 4,318 ZGE's (Tabla 1).

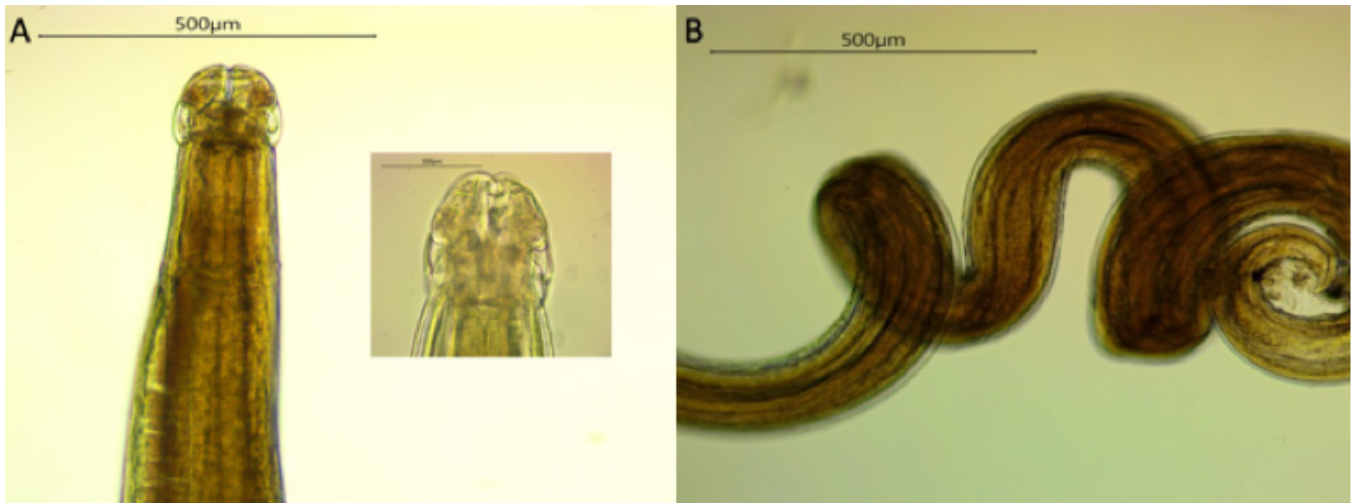


Figure 2. *Hedruris siredonis* found in *Ambystoma ordinarium*. A) Anterior section of the female, B) Posterior section of the male.

Figura 2. *Hedruris siredonis* encontrado en *Ambystoma ordinarium*. A) Sección anterior de la hembra, B) Región posterior del macho.

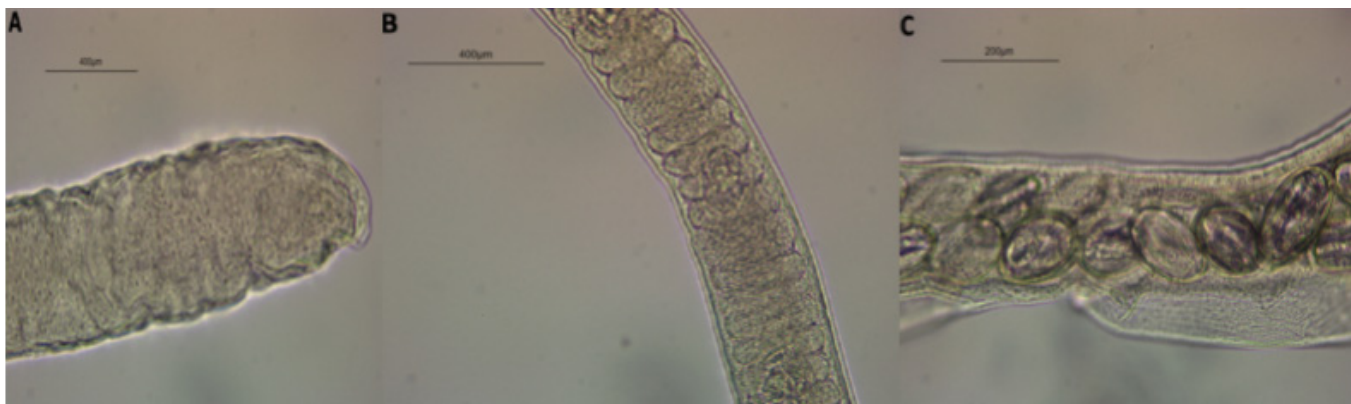


Figure 3. *Capillaria* sp. found in *Ambystoma ordinarium*. A) Posterior section, B) stichosome, C) larval eggs.

Figura 3. *Capillaria* sp. encontrado en *Ambystoma ordinarium*. A) Sección posterior, B) esticosoma, C) huevos larvados.

Obtuvimos 100 moluscos del género *Lymnaea* en cuatro de los 20 sitios (Tabla 1). Las cercarias presentes en los caracoles del género *Lymnaea* sp. no pertenecieron a *R. ondatrae*, debido a la ausencia de las características taxonómicas propias de esta especie en estado larvario, tales como esófago bifurcado y la sujeción de un cuello espinoso, coincidiendo además que los estadios larvarios en el caracol únicamente se han registrado en especies de la familia Planorbidae (Jones, 1987; Lunde & Johnson, 2012).

Los cuatro ejemplares de *A. ordinarium* colectados en la tercera visita al sitio 18, presentaron el nematodo *Hedruris siredonis* en el tracto digestivo (Fig. 2), el cual ya había sido registrado en la especie (Ramírez-Hernández et al., 2019). Las características

más destacables que permitieron determinar la especie fueron terminación cefálica con dos grandes pseudolabios, cada uno con dos papilas digitiformes y dos papilas sésiles y un anfidio, interlabios dorsales y ventrales entre los pseudolabios, cada interlabio forma una estructura cuticular trilobular. Esófago no claramente dividido en las porciones muscular y glandular. Extremidad anterior con anillos esclerotizados. Deiridios anteriores al anillo nervioso. Machos: 10 pares de papilas caudales, bolsa espicular y orificio rectal ubicados en una abertura cloacal sin separación de lóbulos cuticulares. Hembra: cubierta cuticular formando un pliegue en la parte final del cuerpo con numerosas hileras de diminutas espinas (Baker, 1985; Dyer & Brandon, 1973).

Uno de los cuatro ejemplares colectados de *A. ordinarium* también exhibió dos nematodos del género *Capillaria* en el tracto digestivo (Fig. 3). Las características que permitieron determinar el género fueron que los nematodos presentaron cuerpo filiforme, porción posterior del cuerpo ligeramente más gruesa que la porción esofágica. El esófago consta de un esófago musculoso corto seguido de una sola cadena de esticocitos anulares. Esticosoma formado por 39 esticocitos, cada uno dividido por 7-9 anulaciones transversales con una célula núcleo. Hembra monodelfica, vulva posterior a la unión del esófago y el intestino con una estructura en forma de embudo. Huevos ovalados con tapones polares, cáscara lisa (Bell y Beverley-Burton, 1981).

Este trabajo confirma la presencia de *Ambystoma ordinarium* en nueve de los 20 sitios estudiados, en todas las localidades con presencia del caudado se detectó una prevalencia elevada de *Bd*, pero la carga parasitaria fue diferente en cada sitio (entre 21 a 4,318 ZGE's). Los resultados muestran que los individuos de *A. ordinarium* presentan un amplio intervalo en el grado de infección en cada sitio, y esto puede deberse a que en los arroyos donde habitan experimentan diferentes condiciones ambientales y de perturbación, lo que puede incrementar el crecimiento de *Bd* (Ramírez-Hernández et al., 2019; Alvarado-Rybak et al., 2021). Además, los individuos de *A. ordinarium* podrían exhibir diferentes respuestas para combatir esta infección. Por ejemplo, en la familia Ambystomatidae se ha presentado muda de piel en organismos infectados por el hongo y esta respuesta ha provocado que la carga parasitaria disminuya (Davidson et al., 2003). También, se ha demostrado que muchas especies de anfibios pueden secretar péptidos antimicrobiales que tienen la capacidad de eliminar las zoosporas del quitridio de la piel (Nava-González et al., 2021). Adicionalmente, se ha sugerido que la microbiota presente en la piel podría jugar un papel importante en la inhibición del crecimiento de *Bd* (Hol et al., 2015; Longo et al., 2015).

Los gasterópodos y las salamandras examinadas no estuvieron infectados por *R. ondatrae*. Sin embargo, debido a que Soto-Rojas et al. (2017) reportaron varios individuos de *A. ordinarium* con malformaciones externas dentro de los sitios estudiados, no se puede descartar la posible existencia de otros parásitos que provoquen esas malformaciones. Adicionalmente, este trabajo reporta un nuevo registro de infección por *Capillaria* sp. en un individuo de *A. ordinarium* que también fue infectado por *Hedruris siredonis*, en una localidad con presencia de *Bd*, por lo que sugerimos la existencia de co-infecciones por *Bd* y diferentes especies de nematodos en las poblaciones de *A. ordinarium*.

Agradecimientos.— Este trabajo fue realizado gracias al apoyo de CONACyT a través de la beca posdoctoral otorgada a la Dra. Cinthya Mendoza Almeralla (CVU 205284) y al proyecto SEP/CONACYT 2015 (CB-259173). El permiso de recolección científica fue otorgado a la Dra. Cinthya Mendoza Almeralla y presenta el número SGPA/DGVS/13339/19. CM agradece a Israel Moreno Lara por la ayuda en la elaboración de la figura 1.

LITERATURA CITADA

- Allain, S. J. & A.L. Duffus. 2019. Emerging infectious disease threats to European herpetofauna. *The Herpetological Journal* 29:189-206.
- Alvarado-Rybak, M., M. Lepe-Lopez, A. Peñafiel-Ricaurte, A. Valenzuela-Sánchez, C. Valdivia, F.O. Mardones, L.D. Bacigalupe, R. Puschendorf, A.A. Cunningham & C. Azat. 2021. Bioclimatic and anthropogenic variables shape the occurrence of *Batrachochytrium dendrobatidis* over a large latitudinal gradient. *Scientific Reports* 11:17383.
- AmphibiaWeb. 2021. Amphibian conservation. <https://amphibiaweb.org/declines/conservation.html>.
- AmphibiaWeb. 2023. Mexican amphibians. https://amphibiaweb.org/cgi/amphib_query?rel-isocc=like&orderbyaw=Order&where-isocc=Mexico&where-ordr=caudata&show_photos=No
- Anderson, J.D. & R.D. Worthington. 1971. The life history of the Mexican salamander *Ambystoma ordinarium* Taylor. *Herpetologica* 27:165-176.
- Baker, M.R. 1986. Revision of *Hedruris* Nitzsch (Nematoda: Habronematoidea) from aquatic vertebrates of North America. *Canadian Journal Zoology* 64:1567-1572.
- Basanta, M.D., A. Calzada-Arciniega, G. Jiménez Velázquez, S.F. Arias-Balderas, A. Ibarra-Reyes, G. Medina-Rangel, I. Suazo-Ortuño, L.M. Ochoa-Ochoa & G. Parra-Olea. 2019. Detection of *Batrachochytrium dendrobatidis* in threatened endemic mole salamanders (*Ambystoma*) in Mexico. *Herpetological Review* 50:493-495.
- Bell, D.A. & M. Beverley-Burton. 1981. The taxonomy of *Capillaria* spp. (Nematoda: Trichuroidea) in North American freshwater fishes. *Systematic Parasitology* 2:157-169.
- Boyle, D.B., V. Olsen, J. A.T Morgan & A.D. Hyatt. 2004. Rapid quantitative detection of chytridiomycosis (*Batrachochytrium dendrobatidis*) in amphibian samples using real-time Taqman PCR assay. *Diseases of Aquatic Organisms* 60:141-148.

- Bower, D.S., L.A. Brannelly, C.A. McDonald, R.J. Webb, S.E. Greenspan, M. Vickers, M.G. Garner & M. J. Greenlees. 2019. A review of the role of parasites in the ecology of reptiles and amphibians. *Austral Ecology* 44:433-448.
- Butterworth, E.W. & M. Beverley-Burton. 1980. The taxonomy of *Capillaria* spp. (Nematoda: Trichuroidea) in carnivorous mammals from Ontario, Canada. *Systematic Parasitology* 1:211-236.
- Cabrera-Guzmán, E., M. Papeş & L. García-Prieto. 2021. Research on helminths from Mexican amphibians: gaps, trends, and biases. *Journal of Helminthology* 95:e67.
- Chytrid Swabbing Protocol. 2009. Swabbing. https://amphibiaweb.org/chytrid/swab_protocol.html
- Davidson, E.W., M. Parris, J.P. Collins, J.E. Longcore, A.P. Pessier & J. Brunner. 2003. Pathogenicity and transmission of chytridiomycosis in tiger salamanders (*Ambystoma tigrinum*). *Copeia* 2003:601-607.
- Dyer, W.G. & R.A. Brandon. 1973. New host records of *Hedreris siredonis*, *Falcaustra elongata*, and *F. mascula* from Mexican salamanders. *Proceedings of the Helminthological Society of Washington* 40:27-30.
- Falconi, E., M.L. García, R.O. Marín, L.R.M. Padrón, A.M.G. Rivas & S.G. Vargas. 2010. Manual para el manejo de animales con fines de experimentación y enseñanza. http://www.archivos.ujat.mx/dacbiol/docencia/lineamientos/manejo_animales.pdf
- Fisher, M.C, T.W. Garner & S.F. Walker. 2009. Global emergence of *Batrachochytrium dendrobatidis* and amphibian chytridiomycosis in space, time, and host. *Annual Review of Microbiology* 63:291-310.
- Frías-Alvarez, P., V.T. Vredenburg, M. Familiar-López, J.E. Longcore, E. González-Bernal, G. Santos-Barrera & G. Parra-Olea. 2008. Chytridiomycosis survey in wild and captive Mexican amphibians. *EcoHealth* 5:18-26.
- Frost, D.R. 2019. Amphibian Species of the World: an Online Reference. http://research.amnh.org/vz/herpetology/amphibia/index.php/content/search?taxon=Ambystoma&subtree=&subtree_id=&english_name=&author=&year=&country=525.
- García-Altamirano, I., G.P.P. de León & L. García-Prieto. 1993. Contribución al conocimiento de la comunidad de helmintos de dos especies de anfibios endémicos del Lago de Pátzcuaro, Michoacán: *Rana dunni* y *Ambystoma dumerilii*. *Cuadernos Mexicanos de Zoología* 1:73-80
- Global Bd mapping proyect. 2019. http://www.bdmapping.net/surveillance/s_country.asp?country=MX
- Hol, W.H.G., P. Garbeva, C. Hordijk, M.P.J. Hunscheid, P.J.A.K. Gunnewiek, M.V. Agtmaal, E.E. Kuramae & W. de Boer. 2015. Non-random species loss in bacterial communities reduces antifungal volatile production. *Ecology* 96: 2041-2048.
- IUCN. 2020. *Ambystoma ordinarius*. <https://www.iucnredlist.org/species/59066/161153310>
- IUCN. 2023. *Ambystoma*. <https://www.iucnredlist.org/search?query=AMBYSTOMA&searchType=species>.
- Johnson, P.T., J.R. Rohr, J.T. Hoverman & E. Kellermanns. 2012. Biodiversity decreases disease through predictable changes in host community competence. *Nature* 494: 230-233.
- Jones, A. 1985. Handbook of the Trematodes of North America north of Mexico. University Press of Idaho: Moscow, Idaho, USA. Idaho Research Foundation.
- Koprivnikar, J., D.J. Marcogliese, J.R. Rohr, S.A. Orlofske, T.R. Raffel & P.T. Johnson. 2012. Macroparasite infections of amphibians: what can they tell us? *EcoHealth* 9:342-360.
- Laking, A.E., H.N. Ngo, F. Pasmans, A. Martel & T.T. Nguyen. 2017. *Batrachochytrium salamandrivorans* is the predominant chytrid fungus in Vietnamese salamanders. *Scientific Reports* 7:1-5.
- Lamothe-Argumedo, R. 1997. Manual de técnicas para preparar y estudiar los parásitos de animales silvestres. Primera edición. AGT Editores.
- Longcore, J.E., A.P. Pessier & D.K. Nichols. 1999. *Batrachochytrium dendrobatidis* gen. et sp. nov., a chytrid pathogenic to amphibians. *Mycologia* 91:19-227.
- Longo, A.V., A.E. Savage, I. Hewson & K.R. Zamudio. 2015. Seasonal and ontogenetic variation of skin microbial communities and relationships to natural disease dynamics in declining amphibians. *Royal Society Open Science* 2:140377.
- Lunde, K.B. & P.T. J. Johnson. 2012. A practical guide for the study of malformed amphibians and their causes. *Journal of Herpetology* 46:429-441.

- Martel, A., A. Spitzen-van der Sluijs, M. Blooi, W. Bert, R. Ducatelle, M.C. Fisher & F. Pasmans. 2013. *Batrachochytrium salamandrivorans* sp. nov. causes lethal chytridiomycosis in amphibians. Proceedings of the National Academy of Sciences 110:15325-15329.
- Martel, A., M. Blooi, C. Adriaensen, P. Van Rooij, W. Beukema, M.C. Fisher & K. R. Lips. 2014. Recent introduction of a chytrid fungus endangers Western Palearctic salamanders. Science 346: 630-631.
- Mata-López, R., L. García-Prieto & V. León-Règagnon. 2002. Infracomunidades de helmintos parásitos de *Ambystoma lermaensis* (Caudata: Ambystomatidae) en Lerma, México. Revista de Biología Tropical 50:303-307.
- Montes-Calderón, A.M., J. Alvarado-Díaz & I. Suazo-Ortuño. 2011. Abundancia, actividad espacial y crecimiento de *Ambystoma ordinarium* Taylor 1940 (Caudata: Ambystomatidae) en Michoacán, México. Biológicas Revista de la DES Ciencias Biológico Agropecuarias Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo 13:50-53.
- Nava-González, B., I. Suazo-Ortuño, P.B. López, Y. Maldonado-López, L. Lopez-Toledo, L. Raggi, G. Parra-Olea, J. Alvarado-Díaz & B. Gómez-Gil. 2021. Inhibition of *Batrachochytrium dendrobatidis* infection by skin bacterial communities in wild amphibian populations. Microbial Ecology 82:666-676.
- SEMARNAT. 2010. Norma Oficial Mexicana Nom-059-Semarnat-2010. <https://www.dof.gob.mx/normasOficiales/4254/semarnat/semarnat.htm>
- Olson, D.H., D.M. Aanensen, K.L. Ronnenberg, C.I. Powell, S.F. Walker, J. Bielby, T.W.J. Garner, G. Weaver, The Bd Mapping Group & M.C. Fisher. 2013. Mapping the global emergence of *Batrachochytrium dendrobatidis*, the amphibian chytrid fungus. PLoS ONE 8:e56802.
- Oropeza-Sánchez, M. T., I. Suazo-Ortuño, J. Benítez-Malvido & R. Munguía-Steyer. 2021. Occupancy models including local and landscape variables are useful to assess the distribution of a salamander species at risk. Population Ecology 63:165-176.
- Palumbo, E., A. Servián, R. Sánchez & J. Díaz. 2020. A new species of *Hedruris* (Nematoda: Hedruridae) from freshwater turtles, its life cycle and biogeographic distribution of the genus. Journal of Helminthology 94: e93.
- Poulin, R. 2014. Parasite biodiversity revisited: frontiers and constraints. International Journal for Parasitology 44:581-589.
- 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 for Nature Conservation 64:126063.
- Ramírez-Bautista, A., L.A. Torres-Hernández, R. Cruz-Elizalde, C. Berriozabal-Islas, U. Hernández-Salinas, L.D. Wilson, J.D. Johnson, L.W. Porras, C.J. Balderas-Valdivia, A.J.X González-Hernández & V. Mata-Silva. 2023. An updated list of the Mexican herpetofauna: with a summary of historical and contemporary studies. ZooKeys 1166: 287-306.
- Ramírez-Hernández, G., I. Suazo-Ortuño, J. Alvarado-Díaz, L.H. Escalera-Vázquez, Y. Maldonado-López & D. Tafolla-Venegas. 2019. Effects of habitat disturbance on parasite infection and stress of the endangered Mexican stream salamander *Ambystoma ordinarium*. Salamandra 55:160-172.
- Scheele, B. C., F. Pasmans, L. F. Skerratt, L. Berger, A. Martel, W. Beukema & I. De la Riva. 2019. Amphibian fungal panzootic causes catastrophic and ongoing loss of biodiversity. Science 363: 1459-1463.
- Smith, J.D. 1990. In Vitro Cultivation of Parasitic Helminths. CRC Press.
- Soto-Rojas, C., I. Suazo-Ortuño, J.A.M. Laos & J. Alvarado-Díaz. 2017. Habitat quality affects the incidence of morphological abnormalities in the endangered salamander *Ambystoma ordinarium*. PloS ONE 12: e0183573.
- Spitzen-van der Sluijs, A., A. Martel, J. Asselberghs, E.K. Bales, W. Beukema, M. Bletz & K. Kirst. 2016. Expanding distribution of lethal amphibian fungus *Batrachochytrium salamandrivorans* in Europe. Emerging Infectious Diseases 22:1286.
- Szuroczki, D. & J.M.L. Richardson. 2009. The role of trematode parasites in larval anuran communities: an aquatic ecologist's guide to the major players. Oecologia 161:371-385.
- Young, B. E., S. N. Stuart, J. S. Chanson, N.A. Cox & T. M. Boucher. 2004. Joyas que Están Desapareciendo: el Estado de los Anfibios en el Nuevo Mundo. Arlington Virginia: Nature Serve.
- Wake, D. B. & V. T. Vredenburg. 2008. Are we in the midst of the sixth mass extinction? A view from the world of amphibians. Proceedings of the National Academy of Sciences 105: 11466-11473.



ASPECTOS ECOLÓGICOS PARASITARIOS EN *PLEURODEMA NEBULOSUM* (ANURA: LEPTODACTYLIDAE) EN LA REGIÓN DEL MONTE, SAN JUAN, ARGENTINA

PARASITIC ECOLOGICAL ASPECTS IN *PLEURODEMA NEBULOSUM* (ANURA: LEPTODACTYLIDAE) IN THE MONTE REGION, SAN JUAN, ARGENTINA

Gabriel Natalio Castillo^{2,3*}, Cynthia Jesica González- Rivas⁴ & Juan Carlos Acosta^{1,3}

¹Departamento de Biología, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de San Juan. Av. Ignacio de la Roza 590, 5402, San Juan, Argentina.

²CIGEOBIO- CONICET (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas). Av. Ignacio de la Roza 590, San Juan, Argentina.

³Gabinete de investigación DIBIOVA (Diversidad y Biología de Vertebrados del Árido). Universidad Nacional de San Juan. Av. Ignacio de la Roza 590, 5402, San Juan, Argentina.

⁴Centro de Rehabilitación de Fauna Silvestre, Educación Ambiental y Recreación Responsable, San Juan, Argentina. Ruta Provincial N° 60 KM 14 5400 Rivadavia, San Juan, Argentina.

*Correspondence: liolaemusparvus@gmail.com

Received: 2023-05-08. Accepted: 2023-09-25. Published: 2023-10-09.

Editor: Felipe Rabanal, Chile.

Abstract. – *Pleurodema nebulosum* is a species with a wide distribution in Argentina. Parasitism and its relationship with host sex, human disturbance, and body mass were assessed. The nematode *Aplectana nebulosa* (Cosmocercidae) was identified in the large intestine. Mean parasitic abundance was found to be positively associated with size (snout-vent length), male sex and human disturbance. Larger body size led to an increase in the mean abundance of parasites. Males in both environments were more parasitized than females. The mean abundance of parasites was higher in the disturbed environment compared to the control. We discuss our results in an ecological context. Novel information is provided on parasitism in this amphibian species in the Monte Desert, Argentina.

Key words. – *Aplectana nebulosa*, nematode, amphibians, perturbation, San Juan.

Resumen. – *Pleurodema nebulosum* es una especie con amplia distribución en Argentina. Se analizó el parasitismo y su relación con el sexo del hospedador, tipos de ambientes (perturbación humana y control), masa y tamaño corporal. Se identificó al nemátodo *Aplectana nebulosa* (Cosmocercidae) en intestino largo. Encontramos que la abundancia media parasitaria se asoció positivamente con el tamaño (longitud hocico-cloaca), sexo macho del hospedador y perturbación humana en el hábitat. Un mayor tamaño corporal de *P. nebulosum* condujo a un aumento de la abundancia media de parásitos. El sexo macho de *P. nebulosum* de ambos ambientes estaban más parasitados que el sexo hembra. La abundancia media de parásitos de *Aplectana nebulosa* fue mayor en el ambiente perturbado en comparación con el control. Discutimos nuestros resultados en un contexto ecológico. Se provee información novedosa sobre el parasitismo en esta especie de anfibio en el desierto del monte de Argentina.

Palabras claves. – *Aplectana nebulosa*, anfibios, nemátodos, perturbación, San Juan.

INTRODUCCIÓN

Los parásitos son una de las formas de vida más comunes y exitosas del reino animal (Cruz-Reyes, 1993; Pérez-Ponce de León & Prieto, 2001). Debido a esto, todos los vertebrados conocidos tienen asociada alguna forma de vida parasitaria (Price, 1980). Entre ellos, los anfibios constituyen el grupo de vertebrados con mayor número de estudios parasitológicos en los últimos años (Campião et al., 2014). Se han registrado 278 especies de parásitos de los grupos Acantocefala, Nematoda, Cestoda, Monogenea y Trematoda en 185 especies de anfibios en 11 países de América del Sur (Campião et al., 2014). Sólo en Argentina, se han mencionado 58 taxones de nemátodos en aproximadamente 50 especies de anfibios (Castillo, 2022). Con respecto a la provincia de San Juan, en los últimos 10 años ha habido un incremento en helmintos endoparásitos de anfibios (González et al. 2013; Piñeiro et al. 2017; Castillo, 2022). De 15 especies de anfibios mencionadas para San Juan, 7 han sido analizadas, registrándose 6 especies de endoparásitos (Castillo, 2022).

La mayoría de los investigadores se han centrado en estudiar aspectos taxonómicos de los parásitos, sin tener en cuenta el rol que estos cumplen en la historia de vida de los hospedadores. Los pocos estudios realizados evidencian que los parásitos juegan un papel fundamental en la ecología de los hospedadores (Sinclair et al., 2006; Vitt & Caldwell, 2009; Bower et al., 2018). Los parásitos alteran los aspectos reproductivos, crecimiento, movimiento, supervivencia de los hospedadores, e influyen en la organización de las comunidades y los ecosistemas (Gómez & Nichols, 2013).

Un factor interesante a analizar es la perturbación humana en los hábitats. Las acciones humanas han erradicado muchos ecosistemas locales y ejercen amenazas sobre muchos ecosistemas del mundo (Hannah et al., 1994; Sanderson et al., 2002). Además, estas alteraciones humanas han llevado al sexto evento de extinción del planeta (Chapin et al., 2000). Por lo tanto, existe evidencia de que las alteraciones de los hábitats han favorecido a ciertas especies de parásitos, mientras que han llevado a la reducción de otras (Lafferty & Kuris, 1999).

Pleurodema nebulosum Burmeister, 1861 se distribuye en diversas provincias de Argentina (Vaira et al., 2012) en las ecorregiones: Chaco Seco, Monte de Sierras y Bolsones, Monte de Llanuras, Mesetas y Espinal, con amplia distribución altitudinal. El rango de distribución de esta especie se sitúa en ambientes salinos y semidesérticos del centro de Argentina (Ferraro & Casagrande, 2009). La información actual sobre la ecología de esta especie es escasa, sólo se reportan datos sobre dieta (Sanabria et al., 2007), datos térmicos en estadios juveniles (Sanabria et al.,

2013) y registro de un nemátodo parásito (Piñeiro-Gómez et al., 2017). En la última categorización de anfibios de Argentina, *P. nebulosum* fue clasificado no amenazado (Vaira et al., 2012).

Debido al limitado conocimiento ecológico parasitario de los anfibios en Argentina, estudiamos el parasitismo y su relación con el sexo del hospedador, tipo de ambiente (perturbado/control), masa corporal y tamaño (longitud hocico-cloaca) en *P. nebulosum*. Aportamos información novedosa sobre el parasitismo en esta especie de anfibio en la región del monte en Argentina.

Los objetivos del siguiente trabajo son 1) identificar la especie de parásito en *P. nebulosum*, 2) determinar los índices ecológicos parasitarios (prevalencia, intensidad y abundancia media) y 3) analizar las relaciones entre el sexo del hospedador, tipos de ambientes (perturbación humana y control), masa y tamaño corporal con la abundancia media parasitaria. Proponemos como hipótesis que el ambiente perturbado, el sexo del hospedador y el tamaño (LHC) son las principales variables que influyen en la abundancia media parasitaria en *P. nebulosum*. Nuestras predicciones son mayor parasitismo en el sitio perturbado, en individuos de mayor tamaño y en el sexo macho.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El área de estudio se localiza en la región del Monte, centro de la provincia de San Juan, Argentina. La región del Monte tiene una superficie aproximada de 40.499 km², que corresponde al 45% del total de la provincia de San Juan. Abarca extensas áreas áridas con un promedio de precipitaciones menor a 100 mm/año, con escasas precipitaciones estivales, algunos años sin ellas (Cabrera, 1973). Predominan plantas xerófilas adaptadas al clima cálido y seco (Morello, 1958). En el matorral del monte dominan las Zigoofiláceas, Malpigiáceas y Fabáceas (Márquez et al., 2016).

Metodología de muestreos

Se realizaron catorce muestreos en primavera y verano durante tres años consecutivos: 2017, 2018 y 2019, en dos localidades con diferente nivel de perturbación antrópica (sitios perturbados y control), ubicadas en la región fitogeográfica del Monte, provincia de San Juan, Argentina. Se realizaron siete muestreos en cada sitio de estudio: Reserva Provincial Parque Sarmiento (sitio de control) (31°55' S; 68°70' O), Departamento Zonda; y localidad Matagusanos (sitio perturbado) (31° 14' 45" S; 68° 38' 18" O), departamento de Ullum (Fig. 1A, B). Setenta y ocho ejemplares de *P. nebulosum* (Fig. 1C, D) fueron recolectados manualmente

mediante encuentro visual guiado por su canto, entre las 7 pm y las 3 am durante el verano. El muestreo se intensificó en los momentos posteriores a la lluvia, cuando los individuos estaban más activos.

Elección de áreas perturbadas y control

Para la elección de las áreas con diferentes grados de perturbación seguimos los criterios propuestos por Hannah et al. (1994) y Sanderson et al. (2002). Hannah et al. (1994) definen el disturbio humano en categorías que clasifica los ecosistemas como “no perturbados” o “perturbados”. Sanderson et al. (2002) y Hannah et al. (1994) definen la influencia humana o huella humana (“human footprint”), mediante proxies geográficos.

Estos consideran que se pueden diferenciar un sector perturbado de uno más conservado por la proximidad a puntos de accesos, como podrían ser carreteras, como así también por transformación de la tierra.

El ambiente perturbado del sitio Matagusanos se caracteriza por la presencia de asentamientos humanos, caminos y otros puntos de acceso como huellas, senderos, actividades de animales domésticos y de corral (por ejemplo, cabras, perros, caballos, burros). En este caso, el área perturbada está muy cerca de una carretera y ha perdido el 70% de su vegetación debido a la presión antrópica. El sitio de control (reserva provincial) se encuentra a 33.6 km del sitio perturbado, y se caracteriza por

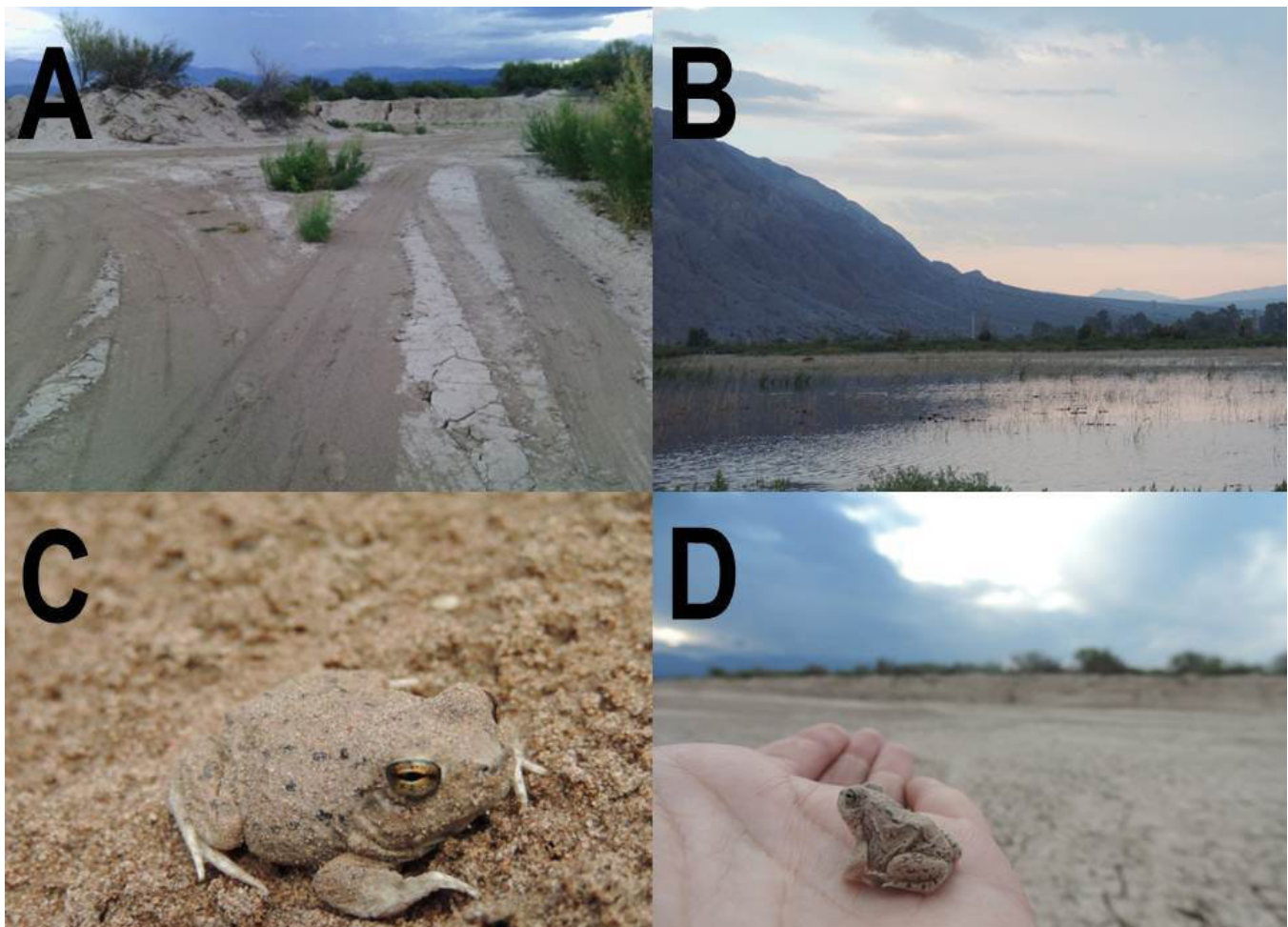


Figure 1. Two different environments. **(A)** Matagusanos (disturbed site due to anthropic activities). **(B)** Presidente Sarmiento Park (protected environment, with less disturbances). **(C and D)** Adult specimen of *P. nebulosum*.

Figura 1. Dos ambientes diferentes. **(A):** Matagusanos (sitio perturbado por actividades antrópicas). **(B):** Parque Presidente Sarmiento (ambiente protegido, con menos perturbación). **(C y D)** Ejemplar adulto de *P. nebulosum*.

una vegetación densa con un 80% de cobertura vegetal, ausencia de huellas o animales domésticos.

Análisis de datos

Exploramos el efecto de la biología del hospedador (sexos, masa y tamaño corporal) y factores ambientales como la perturbación humana sobre el parasitismo por nemátodos. Los ejemplares fueron sacrificados con inyección intraperitoneal de solución de eutanasia Euthanyle® (pentobarbital sódico), y fijados en solución de Bouin por 24 horas. Se etiquetaron y mantuvieron en alcohol etílico al 70%. Todos los especímenes se encuentran en la Colección Herpetológica del Departamento de Biología, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de San Juan (*Pleurodema nebulosum*: UNSJ 4053- 4096).

Cada ejemplar se pesó con una balanza digital y se registró su longitud hocico-cloaca con un calibre de precisión de 0,01 mm. Se extrajo el tubo digestivo y se inspeccionó con un microscopio binocular estereoscópico. Los nemátodos encontrados se mantuvieron en etanol al 70%. Para su observación e identificación se utilizó la técnica de diafanización en lactofenol. Para la identificación de parásitos se utilizó un microscopio óptico Arcano y bibliografía específica (Anderson et al., 2009; Piñeiro-Gómez et al., 2017). Se realizaron análisis morfológicos y métricos. Las medidas corresponden a micrómetros (μm) a menos que se indique lo contrario. Se presentan promedio, $\pm$ desviación estándar y valores mínimo y máximo entre paréntesis. Los nemátodos estudiados se encuentran en la colección parasitológica del Departamento de Biología de la Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de San Juan (*Aplectana nebulosa*: UNSJPar 265).

Se calcularon los siguientes indicadores parasitarios: prevalencia, abundancia e intensidad media, según lo propuesto por Bush et al. (1997). Para estudiar las relaciones entre las variables: masa corporal (gr.), tamaño (LHC, cm), sexos (machos/hembras) y ambientes (perturbado y control) con la abundancia de parásitos, se realizó un modelo lineal generalizado en el software R, versión 0.9. Los datos se ajustaron a una distribución binomial negativa. Para analizar las variaciones en los indicadores parasitarios entre sexos (machos y hembras) y ambientes (perturbado y control), se realizaron pruebas de Chi-cuadrado y análisis no paramétricos de Kruskal-Wallis, siguiendo a Reiczigel et al. (2019). Para analizar si existe una tendencia entre el tamaño del hospedador (LHC) y la intensidad parasitaria se realizó una regresión lineal simple. En todos los casos se calcularon estadísticos descriptivos como mediana, desviación estándar e intervalos de confianza.

RESULTADOS

Setenta y ocho ejemplares adultos de *P. nebulosum* fueron capturados y recolectados en dos ambientes con diferente nivel de perturbación (ambiente perturbado, localidad Matagusanos, $n=40$, machos $n=28$ y hembras $n=12$) (ambiente control, Parque Presidente Sarmiento, $n=38$, machos $n=26$ y hembras $n=12$). Un total de 181 nemátodos adultos fueron registrados e identificados como *Aplectana nebulosa* Piñeiro-Gómez, González & Sanabria, 2017 (ambiente perturbado, $n=125$; ambiente control, $n=56$) (Fig. 2).

Clase Secernentea Linstow, 1905

Orden Ascaridida Skrjabin, 1915

Familia Cosmocercidae Railliet, 1916

Aplectana nebulosa

Características: Nemátodos pequeños y delgados. Presentan dimorfismo sexual siendo hembras de mayor tamaño que machos. Boca con tres labios. Cutícula estriada. Presenta gubernaculum y 4 papilas adanales. Siete pares de papilas preanales. Ala lateral en ambos sexos. Presencia de pequeñas papilas somáticas. Poro excretor anterior del bulbo esofágico.

Machos (basado en 5 ejemplares adultos): Longitud total 2.58 ± 0.59 mm (2- 3); ancho máximo 121 ± 27.9 (94- 155); longitud de faringe 34 ± 5.7 (28- 40); ancho de faringe 29.8 ± 6.8 (23- 38); longitud del esófago 283.8 ± 64.8 (220- 364); ancho del esófago 30.2 ± 5.9 (25- 38); longitud del bulbo 46.6 ± 9.4 (37- 57); ancho del bulbo 45.6 ± 9.07 (36- 55); distancia del anillo nervioso al extremos anterior 190 ± 46 (150- 251); distancia del poro excretor al extremo anterior 254 ± 58 (200- 330) y longitud de la espícula 77 ± 17.6 (60- 99).

Hembras (basado en 5 ejemplares grávidas): Longitud total 5.5 ± 0.5 mm (4.9- 6); ancho máximo 236 ± 20.6 (213- 260); longitud de faringe 66 ± 3.39 (62- 70); ancho de faringe 59 ± 4.04 (55- 65); longitud del esófago 466 ± 38.8 (420- 500); ancho del esófago 55 ± 4.6 (50- 60); longitud del bulbo 76 ± 4.1 (72- 80); ancho del bulbo 73 ± 4.5 (68- 78); distancia del anillo nervioso al extremo anterior 244 ± 41.6 (200- 283); distancia del poro excretor al extremo anterior 340 ± 50 (280- 400); Vulva 3.5 ± 0.4 mm (3- 4); ancho huevo 65.2 ± 1.9 (63- 68); y largo huevo 91.6 ± 1.5 (90- 93).

No se encontraron asociaciones significativas entre la abundancia parasitaria de *A. nebulosa* con la masa corporal de

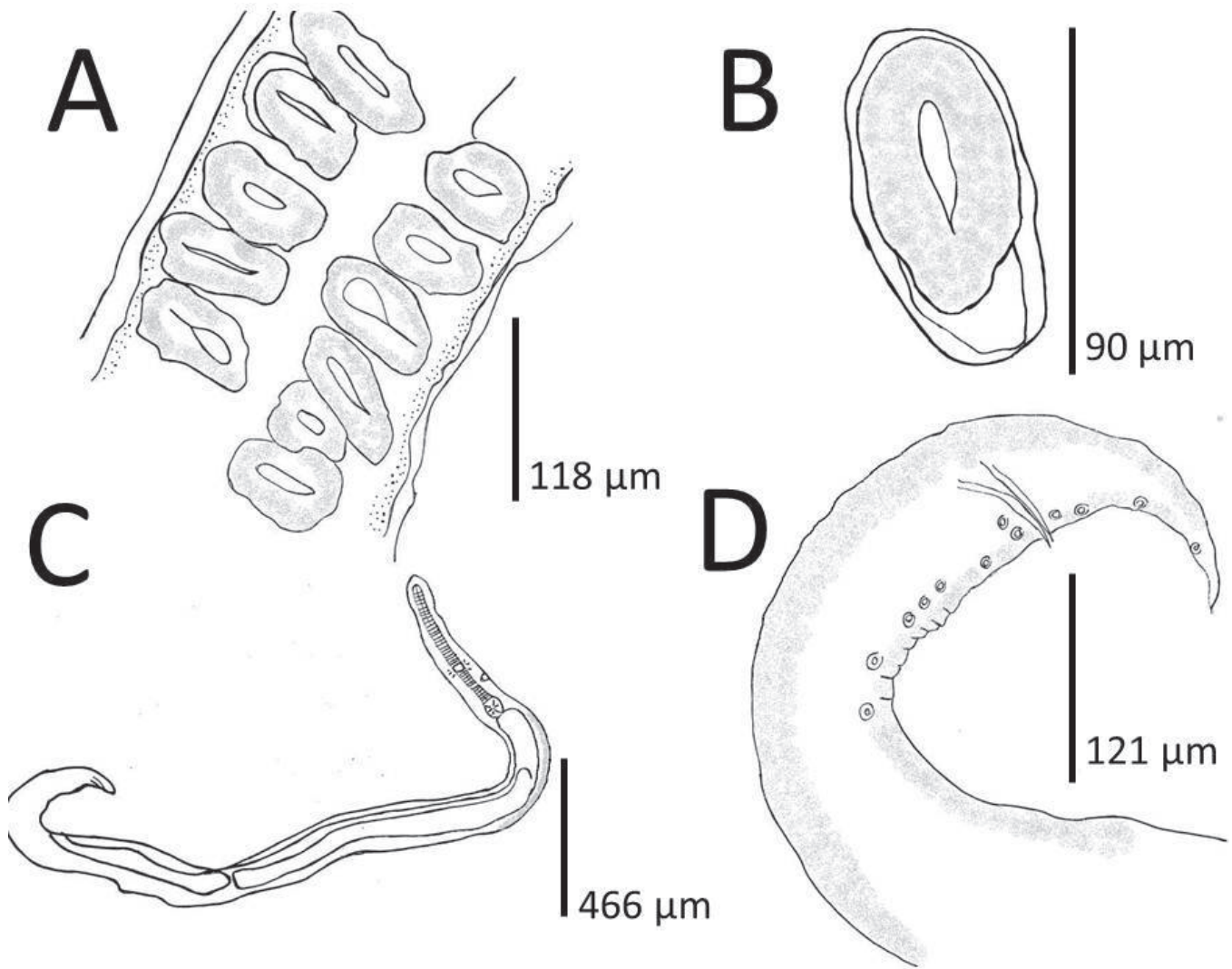


Figure 2. *Aplectana nebulosa*. **(A and B):** female, medium view and egg. **(C and D)** Male, entire view body and posterior region.

Figura 2. *Aplectana nebulosa*. **(A y B)** Ejemplar hembra, vista media y huevo. **(C y D)** Macho, vista cuerpo completo y región posterior.

P. nebulosum (GLM Binomial, $Z = 0.07$, $p = 0.9$). Sin embargo, la abundancia parasitaria se asoció positiva y significativamente al tamaño (LHC) (Binomial GLM, $Z = 3.7$, $p = 0.0002$), sexo macho (Binomial GLM, $Z = 2.94$, $p = 0.003$) (tanto en el sitio control como en el perturbado los machos estaban más parasitados que las hembras) y ambiente perturbado (Binomial GLM, $Z = 2.3$, $p = 0.02$), con mayores niveles de prevalencia y abundancia de parásitos en el ambiente perturbado en comparación con el control. Una mayor longitud hocico-cloaca produjo un aumento en la intensidad del parásito en *P. nebulosum* (Regresión lineal; $r^2 = 0.0562$; $r = 0.2370$; $p = 0.0392$) ($y = -14.2578 + 4.4337x$).

En las tablas 1 y 2 se observa la prevalencia, intensidad y abundancia media de parásitos en las localidades Parque Presidente Sarmiento (control) y Matagusanos (perturbado).

En las tablas 4 y 5 se observa la prevalencia, intensidad y abundancia media de parásitos entre sexos de los hospedadores en los dos ambientes estudiados. Los machos tuvieron mayores prevalencias, intensidades y abundancia media de parásitos que las hembras.

Table 1. Prevalence (P) and Chi-square analysis for *A. nebulosa* (Cosmocercidae).**Tabla 1.** Análisis de prevalencia (P) y Chi-cuadrado para *A. nebulosa* (Cosmocercidae).

Sitios	Ambientes	P	χ^2	gl	Valor- P	Estadios	Ubicación
Parque Presidente Sarmiento	Control	15.70%	10.6	1	0.001	Adultos	Intestino
Matagusanos	Perturbado	40%				Adultos	Intestino

Table 2. Mean intensity (I.M), Mean abundance (A.M) and Kruskal-Wallis analysis of variance for *A. nebulosa* (Cosmocercidae).**Tabla 2.** Intensidad media (I.M), Abundancia media (A.M) y análisis de varianza de Kruskal-Wallis para *A. nebulosa* (Cosmocercidae).

Sitios	Ambientes	I.M	KW-H	Valor- P	A.M	KW-H	Valor-P	Estadios	Ubicación
Parque Presidente Sarmiento	Control	9.33	(1;22) 0.4559	0.4995	1.4	(1;78) 48639	0.0274	Adultos	Intestino
Matagusanos	Perturbado	7.8			3.1			Adultos	Intestino

DISCUSIÓN

La comunidad de helmintos se encuentra influenciada tanto por características del hospedador, como por factores filogenéticos históricos (Brito et al., 2014), además de la dieta (Ribas et al., 1995; O'Grady & Dearing, 2006; Pereira et al., 2013; Brito et al., 2014), estrategia de forrajeo (búsqueda activa y pasiva) (Aho, 1990; Brito et al., 2014), uso de microhábitat (Brito et al., 2014), reproducción (Brito et al., 2014; Galdino et al., 2014), sexos (Ribas et al., 1995; Vrcibradic et al., 1999; Brito et al., 2014; Galdino et al., 2014), edad (Pereira et al., 2012), tamaño corporal (Van Sluys et al., 1994; Ribas et al., 1995; Vrcibradic et al., 1999; Anjos et al., 2005; Anjos et al., 2012; Macedo et al., 2017) y características ambientales, como la humedad o tipo de hábitat (Castillo et al., 2018).

Con el objetivo de explorar los principales factores que influyen en el parasitismo en una especie de anfibio en la provincia de San Juan, Argentina, estudiamos la interacción ecológica parásito-hospedador-ambiente entre el nemátodo *A. nebulosa* y el anfibio *P. nebulosum* en dos sitios con diferentes grados de perturbación. Propusimos la hipótesis que el tipo de ambiente (perturbado/control), tamaño y el sexo del hospedador influyen en la abundancia media parasitaria de *P. nebulosum*. Es oportuno mencionar que, a la fecha, la descripción del

A. nebulosa en el hospedador *P. nebulosum* en la localidad de Matagusanos, provincia de San Juan, Argentina, corresponde a la única información disponible sobre este parásito.

Nuestros resultados indicaron que el ambiente perturbado, tamaño y el sexo macho del hospedador son las variables significativas que influyen en la abundancia media parasitaria en *P. nebulosum* en un sector desértico del Monte Argentino.

Con respecto al medio ambiente alterado, las modificaciones del hábitat están aumentando rápidamente a escala global (Hannah et al., 1994; Chapin et al., 2000; Sanderson et al., 2002; Hillman et al., 2017), pero sus efectos sobre la salud de la vida silvestre no han sido bien documentados y con frecuencia son desconocidos (Hillman et al., 2017). Los ambientes modificados generan impactos en la ecología de la vida silvestre, incluso en especies que parecen adaptarse bien a dichas modificaciones (Tylianakis et al., 2007; Bulte et al., 2009; Rubio & Simonetti, 2009; Coates et al., 2017). Esch et al. (1975) consideran que el estrés puede ser inducido por cualquier factor (ya sea biótico o abiótico) que pueda causar un desequilibrio homeostático en un hospedador determinado. En nuestro caso de estudio, probablemente el ambiente perturbado del sitio Matagusanos podría haber generado estrés en la población de *P. nebulosum*, por lo tanto, aumentar las prevalencias y abundancias medias

parasitarias. El área perturbada de la localidad de Matagusanos se caracteriza por la presencia de un efecto antrópico que afecta a las poblaciones de anfibios que habitan este sitio. Esto podría causar altos niveles de estrés, aumentando los niveles de prevalencias y abundancias medias parasitarias en comparación con un sitio más protegido, como el Parque Presidente Sarmiento. Como uso antrópico, la urbanización puede ser perjudicial para la vida silvestre, además de generar cambios en los niveles de parásitos. Ejemplo de esto, tenemos como referencia al trabajo de Loot et al. (2008) que encontraron respuesta plástica en las estrategias reproductivas de un parásito al comparar ambientes con diferentes niveles de intervención humana. Esto indicaría que la intervención humana en los ecosistemas naturales podría provocar cambios en los índices ecológicos parasitarios de helmintos. Sin embargo, también existe la posibilidad que la actividad antrópica producida en el sitio Matagusanos, generando remoción del suelo y creando socavones que retienen agua de lluvia, sea el sitio ideal donde ocurran las infecciones por nemátodos en el anfibio *P. nebulosum*. El nemátodo *Aplectana* presenta un ciclo de vida directo. En el intestino del hospedador se localizan nemátodos machos y hembras. Los nemátodos hembras producen huevos, con cáscaras delgadas, dando lugar a larvas libres en el útero. Tanto huevos/ larvas son expulsadas y

depositadas al exterior, en el agua, con las heces del hospedador, donde continúan su desarrollo hasta L2 y L3. Una vez alcanzada la fase infectante, las L3 penetran en el hospedador definitivo. Estas larvas penetrarían por vía oral (Castillo et al. 2021). Debido a esto, la remoción del suelo y la creación de estos lugares temporales de agua favorecería las altas prevalencias y abundancias medias parasitarias de *P. nebulosum* en el sitio Matagusanos. Diferentes investigadores han demostrado en gran medida los muchos tipos de perturbaciones en los entornos naturales, y su efecto en la vida silvestre es evidente (Lazic et al., 2017; Hillman et al., 2017; Andrade et al., 2019; Leyte-Manrique et al., 2019; Mestre et al., 2019).

En cuanto al tamaño, nuestro modelo estadístico mostró que es una variable influyente en el parasitismo de *P. nebulosum*. Por lo tanto, los hospedadores de mayor tamaño tienen más posibilidades de proporcionar refugio y recursos, como así también, los hospedadores de mayor tamaño tienen un mayor período de exposición a las infecciones parasitarias (Aho, 1990; Pereira et al., 2013; Amorim & Ávila, 2019).

En cuanto al sexo (machos y hembras presentaron el mismo tamaño), los machos exhibieron mayor parasitismo que hembras

Table 3. Prevalence (P) and Chi-square analysis for *A. nebulosa* (Cosmocercidae) in males and females of *P. nebulosum*.

Tabla 3. Análisis de prevalencia (P) y Chi-cuadrado para *A. nebulosa* (Cosmocercidae) en machos y hembras de *P. nebulosum*.

Ambientes	Sexos	P	χ^2	gl	Valor-P
Control	♂ ♀	23% 0	-	-	-
Perturbado	♂ ♀	42% 33%	1.08	1	0.29

Table 4. Mean intensity (M.I), Mean abundance (M.A) and Kruskal-Wallis analysis of variance for *A. nebulosa* (Cosmocercidae) in males and females of *P. nebulosum*.

Tabla 4. Intensidad media (I.M), Abundancia media (A.M) y análisis de varianza de Kruskal-Wallis para *A. nebulosa* (Cosmocercidae) en machos y hembras de *P. nebulosum*.

Ambientes	Sexos	I.M	KW-H	Valor-P	A.M	KW-H	Valor-P
Parque Presidente Sarmiento	♂ ♀	9.3 0	-	-	2.1 0	-	-
Matagusanos	♂ ♀	10.33 2	(1;16) 29924	0.0837	4.42 0.6	(1;40) 10027	0.3

en los dos ambientes analizados. Chero et al. (2016) reportaron resultados similares en *Rhinella limensis* Werner, 1901, en el cual los indicadores de infección fueron más altos en machos que hembras. Por el contrario, Amorim & Ávila (2019) no encontraron una influencia del sexo del hospedador en la infección parasitaria de *Norops brasiliensis* Vanzolini & Williams, 1970.

Las variaciones sexuales del parásito son siempre irregulares y creemos que pueden depender de factores como el tiempo de vida, la ontogenia, uso de microhábitat, madurez sexual o influencia de la testosterona. (Salvador et al., 1996; Olsson et al., 2000; Cox et al., 2007; Garrido & Pérez-Mellado, 2013). No descartamos que las diferencias entre los índices ecológicos parasitarios entre sexos en ambos sitios, a favor del sexo macho, pudieran haber estado influenciado por el número de muestras obtenidas, que en nuestro caso de estudio analizamos más ejemplares machos que hembras.

Desde la perspectiva de la conservación, la importancia del estudio del parasitismo radica en que ciertos helmintos causan daños severos a la herpetofauna (Johnson et al., 2002; Johnson & Lunde, 2005). Los diferentes estudios e investigaciones sobre parásitos, herpetofauna y conservación, indican que este importante campo ha sido escasamente abordado a nivel mundial (Bower et al., 2018; Johnson et al., 2002; Johnson & Lunde, 2005; Carlson et al., 2020).

Blaustein & Johnson (2003) mencionan el parasitismo como una de las principales causas de anomalías en los anfibios. Por ejemplo, se ha demostrado que *Ribeiroia ondatrae* Looss, 1907 está asociada con la aparición de malformaciones en anfibios (Jonson et al., 2002). Además, los quistes internos causados por parásitos alteran la posición de los grupos de células que participan en el crecimiento y liberan sustancias químicas que provocan un crecimiento anormal (Bosch, 2003). Por otro lado, actualmente hay pocos datos que asocien anomalías con disminuciones en el tamaño de la población de anfibios (Blaustein & Johnson, 2003).

Finalmente, este estudio sugiere que la perturbación antrópica tendría una influencia negativa en *P. nebulosum* y podría representar una amenaza futura para su conservación. Aunque el parasitismo en anfibios apenas se ha abordado, la evidencia actual muestra el daño que causa a las poblaciones hospedadoras. Los posibles efectos negativos del parasitismo incluyen anemia y rendimiento reducido, seguidos de supervivencia reducida, disminución de competitividad, bajo estatus social, reducción en la capacidad para seleccionar parejas y en hembras, fecundidad reducida (Vitt & Caldwell, 2009).

Coincidimos con otros autores, en que las principales causas del aumento de las prevalencias y abundancias parasitarias son un efecto de la inmunodeficiencia en las poblaciones animales, generada por diferentes fuentes de estrés, tales como la modificación del hábitat a través de la pérdida de vegetación (usada por anfibios como micro hábitat), asentamientos humanos, senderos y otros puntos de acceso y actividades de animales domésticos.

Agradecimientos.– Agradecemos al Subsecretario de Medio Ambiente por los permisos otorgados (N° 1300-3097-16), Ezequiel Salomón y guardaparques (Dante Recabarren, Cristián Piedrahita, Javier Amatta, Jorge Cayuela, Mariano Hidalgo, Jesús Quiroga y José Castro) por su ayuda en los muestreos de campo. Agradecemos a la Lic. Alejandro Gómez por su asistencia en el campo. Los autores declaran no tener conflictos de intereses. Esta investigación fue financiada por CONICET (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas).

LITERATURA CITADA

- Aho, J.M. 1990. Helminth communities of amphibians and reptiles: comparative approaches to understanding patterns and processes. Pp. 157-195. En G.W. Esch, A.O. Bush & J.M. Aho (Eds.), *Parasite Communities: Patterns and Processes*. NY: Chapman and Hall.
- Amorim, D.M. & R.W. Ávila. 2019. Infection patterns of helminths in *Norops brasiliensis* (Squamata, Dactyloidae) from a humid forest, Northeastern Brazil and their relation with body mass, sex, host size, and season. *Helminthologia* 56:168-174.
- Anderson, R.C., A.G. Chabaud & S. Willmott. 2009. *Keys to the Nematode Parasites of Vertebrates*. USA: CAB International, Cambridge.
- Andrade, A.C., L.D. Franzini & D.O. Mesquita. 2019. Assessing the effect of urbanization on tropical forest dwelling teiid lizards. *Ecological Indicators* 99:225-229.
- Anjos, L.A., R.W. Ávila, S.C. Ribeiro, W.O. Almeida & R.J. da Silva. 2012. Gastrointestinal nematodes of the lizard *Tropidurus hispidus* (Squamata: Tropiduridae) from a semi-arid region of north-eastern Brazil. *Journal of Helminthology* 87:443-449.
- Anjos, L.A., C.F.D. Rocha, D. Vrcibradic & J.J. Vicente. 2005. Helminths of the exotic lizard *Hemidactylus mabouia* from a rock outcrop area in southeastern Brazil. *Journal of helminthology* 79:307-313.
- Blaustein, A.R. & P.T. Johnson. 2003. The complexity of deformed amphibians. *Frontiers in Ecology and the Environment* 1:87-94.

- Bosch, J. 2003. Nuevas amenazas para los anfibios: enfermedades emergentes. *Munibe* 16:56-73.
- Bower, D.S., L.A. Brannelly, C.A. McDonald, R.J. Webb, S.E. Greenspan, M. Vickers & M.J. Greenlees. 2019. A review of the role of parasites in the ecology of reptiles and amphibians. *Austral Ecology* 44:433-448.
- Brito, S.V., G. Corso, A.M. Almeida, F.S. Ferreira, W.O. Almeida, L.A. Anjos & A. Vasconcellos. 2014. Phylogeny and microhabitats utilized by lizards determine the composition of their endoparasites in the semiarid Caatinga of Northeast Brazil. *Parasitology Research* 113:3963-3972.
- Bulté, G., A.C. Plummer, A. Thibaudeau & G. Blouin-Demers. 2009. Infection of yarrow's spiny lizards (*Sceloporus jarrovi*) by chiggers and malaria in the Chiricahua mountains, Arizona. *The Southwestern Naturalist* 54:204-207.
- Bush, A.O., K.D. Lafferty, J.M. Lotz & A.W. Shostak. 1997. Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et al. revisited. *Journal of Parasitology* 83:575-583.
- Cabrera, A.L. & A. Willink. 1973. Biogeografía de América Latina. Monografía 13. Serie de Biología. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Washington DC. EEUU.
- Campião, K.M., D.H. Morais, O.T. Dias, A. Aguiar, G. Toledo, L.E.R. Tavares & R.J. da Silva. 2014. Checklist of helminth parasites of amphibians from South America. *Zootaxa* 3843:1-93.
- Castillo, G.N., J.C. Acosta, G. Ramallo & J. Pizarro. 2018. Pattern of infection by *Parapharyngodon riojensis* Ramallo, Bursey, Goldberg 2002 (Nematoda: Pharyngodonidae) in the lizard *Phymaturus extrilidus* from Puna region, Argentina. *Annals of Parasitology* 64:83-88.
- Castillo, G.N., C.J. González-Rivas & J.C. Acosta. 2021. El rol del sexo en la estructura de la población de nematodos en una especie de anfibio del Monte de Argentina. *Iheringia, Serie Zoología* 111:1-9.
- Castillo, G.N. 2022. Comunidad parasitaria y análisis de asimetría fluctuante; dos herramientas para evaluar estrés ambiental en la fauna herpetológica de ambientes con distintos grado de perturbación en el centro- oeste de Argentina. Tesis Doctoral en Ciencias Biológicas, Departamento de Biología, Universidad Nacional de San Juan. Argentina.
- Cox, R.M. & H.B. John-Alder. 2007. Increased mite parasitism as a cost of testosterone in male striped plateau lizards *Sceloporus virgatus*. *Functional Ecology* 21:327-334.
- Chapin, I., F.S. Zavaleta, V.T. Eviner, R.L. Naylor, P.M. Vitousek, H.L. Reynolds, D.U. Hooper, S. Lavorel, O.E. Sala, S.E. Hobbie, M.C. Mack & S. Díaz. 2000. Consequences of changing biodiversity. *Nature* 405:234-242.
- Chero, J., C. Cruces, J. Iannaccone, G. Sáez, L. Alvarino, J. Luque & V. Morales. 2016. Comunidad de helmintos parásitos del sapo espinoso *Rhinella spinulosa* (Wiegmann, 1834) (Anura: Bufonidae) de Perú. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú* 27:114-129.
- Carlson, C.J., S. Hopkins, K.C. Bell, J. Doña, S.S. Godfrey, M.L. Kwak & M. Torchin. 2020. A global parasite conservation plan. *Biological Conservation* 250:108596.
- Coates, A., L.K. Barnett, C. Hoskin & B.L. Phillips. 2017. Living on the edge: parasite prevalence changes dramatically across a range edge in an invasive gecko. *The American Naturalist* 189:178-183.
- Cruz-Reyes, A. 1993. Parasitismo y Biodiversidad en el Reino Animal. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural* 44:59-66.
- Eberhardt, A.T., A. Costa, M.R. Marini, A. Racca, C.J. Baldi, M.R. Robles, P.G. Moreno & P.M. Beldomenico. 2013. Parasitism and physiological trade-offs in stressed capybaras. *Plos ONE* 8:1-12.
- Esch, G.W., J.W. Gibbons & J.E. Bourque. 1975. An analysis of the relationship between stress and parasitism. *The American Midland Naturalist* 339-353.
- Ferraro, D.P. & M.D. Casagrande. 2009. Geographic distribution of the genus *Pleurodema* in Argentina (Anura: Leiuperidae). *Zootaxa* 2024:33-55.
- Garrido, M. & V. Pérez-Mellado. 2013. Patterns of parasitism in insular lizards: effects of body size, condition and resource availability. *Zoology* 116:106-112.
- Galdino, C.A., R.W. Ávila, C.H. Bezerra, D.C. Passos, G.C. Melo & D. Zanchi-Silva. 2014. Helminths infection patterns in a lizard (*Tropidurus hispidus*) population from a semiarid Neotropical area: associations between female reproductive allocation and parasite loads. *Journal of Parasitology* 100:864-867.



- Gómez, A. & E. Nichols. 2013. Neglected wild life: parasitic biodiversity as a conservation target. *International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife* 2:222-227.
- González, C.E., L.B. Quiroga, D. Moreno & E.A. Sanabria. 2013. Primer registro de *Aplectana hylambatis* (Nematoda, Cosmocercidae) para anfibios de la provincia de San Juan. *Cuadernos de Herpetología* 27:155-159.
- Hannah, L., D. Lohse, C. Hutchinson, J.L. Carr & A. Lankerani. 1994. A preliminary inventory of human disturbance of world ecosystems. *Ambio* 23:246-250.
- Hillman, A.E., A.J. Lymbery, A.D. Elliot & R.A. Thompson. 2017. Urban environments alter parasite fauna, weight and reproductive activity in the quenda (*Isodon obesulus*). *Science of the Total Environment* 607:1466-1478.
- Johnson, P.T., K.B. Lunde, E.M. Thurman, E.G. Ritchie, S.N. Wray, D.R. Sutherland & A.R. Blaustein. 2002. Parasite (*Ribeiroia ondatrae*) infection linked to amphibian malformations in the western United States. *Ecological Monographs* 72:151-168.
- Johnson, P.T.J. & K.B. Lunde. 2005. Parasite infection and limb malformations: a growing problem in amphibian conservation. Pp. 124-138. En Lannoo, M.J. (Ed.), *Amphibian Declines: The Conservation Status of United States Species*, California, University of California Press.
- Lafferty, K.D. & A.M. Kuris. 1999. How environmental stress affects the impacts of parasites. *Limnology and Oceanography* 44:925-931.
- Lazić, M.M., M.A. Carretero, U. Živković & J. Crnobrnja-Isailović. 2017. City life has fitness costs: reduced body condition and increased parasite load in urban common wall lizards, *Podarcis muralis*. *Salamandra* 53:10-17.
- Leyte-Manrique, A., A.B.C. Abel, T.D. Alejandro, C. Berriozabal-Isas & C.A. Maciel-Mata. 2019. A comparison of amphibian and reptile diversity between disturbed and undisturbed environments of Salvatierra, Guanajuato, Mexico. *Tropical Conservation Science* 12:1-12.
- Loot, G., S. Blanchet, M. Aldana & S.A. Navarrete. 2008. Evidence of plasticity in the reproduction of a trematode parasite: the effect of host removal. *Journal of Parasitology* 94:23-27.
- Márquez, J., E.M. Carretero & A. Dalmaso. 2016. Provincias fitogeográficas de la provincia de San Juan. Pp. 187-197. En Carretero, E.M. & A. García, (Edts), *San Juan Ambiental*. Editorial Universidad Nacional de San Juan.
- Macedo, L.C., S.L. Gardner, F.T.V. Melo, E.G. Giese & J.N. Santos. 2017. Nematodes parasites of teiid lizards from the Brazilian amazon rainforest. *Journal of Parasitology* 103:176-182.
- Mestre, A.P., P.S. Amavet, A.I. Vanzetti, M.S. Moleón, M.V.P. Marcó, G.L. Poletta & P.A. Siroski. 2019. Effects of cypermethrin (pyrethroid), glyphosate and chlorpyrifos (organophosphorus) on the endocrine and immune system of *Salvator merianae* (Argentine tegu). *Ecotoxicology and Environmental Safety* 169:61-67.
- Morello, J. 1958. La provincia fitogeográfica del Monte. *Opera Lilloana* 2:1-155.
- O'Grady, S.P. & M.D. Dearing. 2006. Isotopic insight into host-endosymbiont relationships in *Liolaemidae* lizards. *Oecologia* 150:355-361.
- Oppliger, A., J. Clobert, J. Lecomte, P. Lorenzon, K. Boudjemadi & H.B. John-Alder. 1998. Environmental stress increases the prevalence and intensity of blood parasite infection in the common lizard *Lacerta vivipara*. *Ecology Letters* 1:129-138.
- Olsson, M., E. Wapstra, T. Madsen & B. Silverin. 2000. Testosterone ticks and travels: a test of the immunocompetence-handicap hypothesis in free-ranging male sand lizards. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences* 267:2339-2343.
- Pereira, F.B., S.C. Gomides, B.M. Sousa, S. de Souza-Lima & J.L. Luque. 2013. The relationship between nematode infections and ontogeny and diet of the lizard *Tropidurus torquatus* (Wied, 1820) (Squamata: Tropiduridae) from the Atlantic Rainforest in south-eastern Brazil. *Journal of Helminthology* 87:364-370.
- Pereira, F.B., B.M. Sousa & S. de Souza-Lima. 2012. Helminth community structure of *Tropidurus torquatus* (Squamata: Tropiduridae) in a rocky outcrop area of Minas Gerais state, southeastern Brazil. *Journal of Parasitology* 98:6-10.
- Pérez-Ponce de León, G. & L. García-Prieto. 2001. Los parásitos en el contexto de la biodiversidad y la conservación. *Biodiversitas* 34:11-15.
- Piñeiro-Gómez, M.D., C.E. González & E.A. Sanabria. 2017. A new species of *Aplectana* (Nematoda: Cosmocercidae) parasite of *Pleurodema nebulosum* (Anura: Leptodactylidae) from the Monte



- desert, Argentina, with a key to Neotropical species of the genus *Aplectana*. *Zootaxa* 4247:121-130.
- Price, P.W. 1980. *Evolutionary Biology of Parasite*. University press. Princeton, New Jersey.
- Reiczigel, J, M. Marozzi, I. Fábíán & L. Rózsa. 2019. Biostatistics for parasitologists—a primer to quantitative parasitology. *Trends in Parasitology* 35:277-281.
- Ribas, S.C., C.F.D. Rocha, P.F. Teixeira-Filho & J.J. Vicente. 1995. Helminths (Nematoda) of the lizard *Cnemidophorus ocellifer* (Sauria: Teiidae): assessing the effect of rainfall, body size and sex in the nematode infection rates. *Ciencia e Cultura* 47:88-91.
- Rubio, A.V. & J.A. Simonetti. 2009. Ectoparasitism by *Eutrombicula alfreddugesi* larvae (Acari: Trombiculidae) on *Liolaemus tenuis* lizard in a Chilean fragmented temperate forest. *Journal of Parasitology* 95:244-245.
- Salvador, A., J.P. Veiga, J. Martin, P. López, M. Abelenda & M. Puertac. 1996. The cost of producing a sexual signal: testosterone increases the susceptibility of male lizards to ectoparasitic infestation. *Behavioral Ecology* 7:145-150.
- Sanabria, E., L. Quiroga & J.C. Acosta. 2007. Hábitos alimentarios de infantiles de *Pleurodema nebulosum* (Anura: Leptodactylidae), en Matagusanos, San Juan, Argentina. *Revista Peruana de Biología* 14:295-296.
- Sanderson, E.W., M. Jaiteh, M.A. Levy, K.H. Redford, A.V. Wannebo & G. Woolmer. 2002. The human footprint and the last of the wild: the human footprint is a global map of human influence on the land surface, which suggests that human beings are stewards of nature, whether we like it or not. *BioScience* 52:891-904.
- Sinclair, A.R., J.M. Fryxell & G. Caughley. 2006. *Wildlife Ecology, Conservation, and Management*. Blackwell Publishing.
- Tylianakis, J.M., T. Tscharnkte & O.T. Lewis. 2007. Habitat modification alters the structure of tropical host–parasitoid food webs. *Nature* 445:202-205.
- Vaira, M., M. Akmentins, M. Attademo, D. Baldo, D.A. Barrasso, S. Barrionuevo, B. Basso, S. Cairo, R.N. Cajade, J.A. Cespedez, V. Corbalán, P. Chilote, M. Duré, C. Falcione, D. Ferraro, F.R. Gutierrez, M.R. 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.
- Van Sluys, M., C.F.D. Rocha & S.C. Ribas. 1994. Nematodes infecting the lizard *Tropidurus itambere* in southeastern Brazil. *Amphibia-reptilia* 15:405-408.
- Vitt, L.J. & P. Caldwell. 2009. *Herpetology: an Introductory Biology of Amphibians and Reptiles*. Academic Press.
- Vrcibradic, D., C.F.D. Rocha, S.C. Ribas & J.J. Vicente. 1999. Nematodes infecting the skink *Mabuya frenata* in Valinhos, São Paulo state, southeastern Brazil. *Amphibia-Reptilia* 20:333-339.



NUEVO REGISTRO DE *CTENOPHRYNE ATERRIMA* (MICROHYLIDAE) PARA EL CHOCÓ, COLOMBIA

NEW RECORD OF *CTENOPHRYNE ATERRIMA* (MICROHYLIDAE) FOR CHOCÓ, COLOMBIA.

Jhon Tailor Rengifo-Mosquera¹, Lucellis Maria Rivas Albornoz^{1*} & Mayra Yulenis Rengifo Palacios¹

¹Grupo de Investigación en Herpetología, Universidad Tecnológica del Chocó, Diego Luis Cordoba.

*Correspondence: Rivaslucelly10@gmail.com

Received: 2023-04-27. Accepted: 2023-09-11. Published: 2023-10-11.

Editor: Andrea Paz, Colombia.

Durante los últimos años, la riqueza de los anfibios se ha visto afectada por el desarrollo de actividades antropogénicas, llevando así, a que muchas especies se encuentren en alguna categoría de amenaza, y a que su tasa de extinción supere la de otros vertebrados (Collins & Storer, 2003; Young et al., 2004). Según Stuart et al. (2004) entre 1970 y el 2004, se han extinguido aproximadamente 120 especies de anfibios, lo cual genera una gran preocupación, debido a la importancia que tiene este grupo en los ecosistemas como indicadores de la calidad del hábitat, controladores de insectos, incrementadores de la dinámica de sedimentos en los cuerpos de agua (sensu bioturbación) y generadores de un vínculo de materia y energía entre ambientes acuáticos y terrestres (Whiles et al., 2006)

La familia Microhylidae (Gunther, 1858), es una de las cinco familias de anuros más conocidas por la particularidad morfológica y ecológica que presentan sus especies, es de amplia distribución, principalmente en las zonas tropicales (pocas en zonas templadas) y notablemente más diversa en Madagascar y Australasia (van der Meijden et al., 2007; AmphibiaWeb, 2023) en este sentido, los microhílidos representan el 18% del número total de especies descritas (Frost, 2023) mientras que para Colombia se han registrado solo 17 especies de las 738 existentes (Cabrera & Rojas, 2023). Dentro de esta familia se encuentra el género *Ctenophryne* (Mocquard, 1904) el cual se distribuye en Costa Rica, Colombia, Ecuador, Panamá, Perú y Surinam, así como en la región de la Guayana y la Amazonía (Frost, 2021). Este género actualmente comprende seis especies: *Ctenophryne aequatorialis* (Peracca, 1904), *C. aterrima* (Günther, 1901), *C. barbatula* (Lehr & Trueb, 2007), *C. carpish* (Lehr, Rodríguez & Córdova, 2002), *C. geayi* (Mocquard, 1904) y *C. minor* (Zweifel & Myers, 1989; de Sá et al., 2012; Frost, 2021).

La rana *Ctenophryne aterrima* (Günther, 1901), es un microhílido que se caracteriza por presentar tamaños corporales (Longitud

Rostro-Cloaca, LRC) entre los 46-67 mm en las hembras y entre 43-61 mm en los machos (Coloma et al., 2018). De acuerdo con Savage (2002), la especie tiene la cabeza pequeña, estrecha y triangular, con un hocico redondeado en vista lateral, su piel es gruesa y coriácea su mayoría sin tubérculos, aunque estas modificaciones tegumentarias pueden estar presentes en el torso y los brazos. Las narinas son laterales, ubicadas cerca de la punta del rostro; los ojos son pequeños y las pupilas son

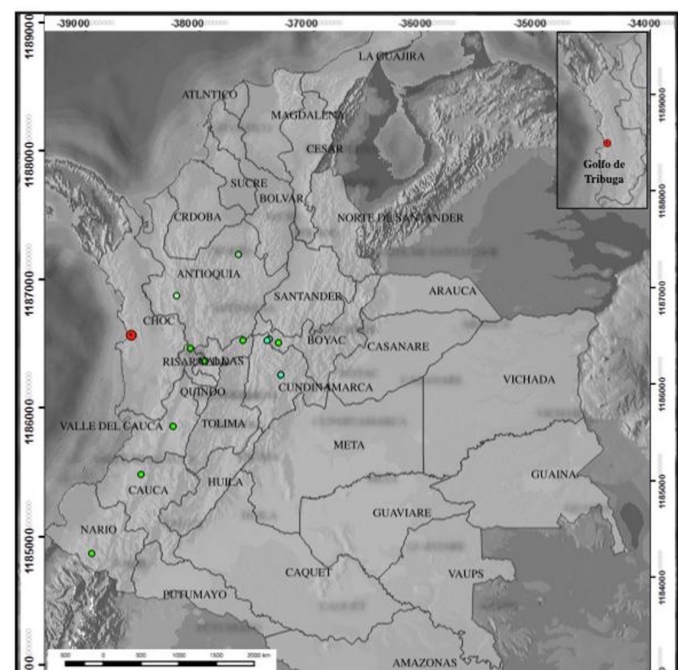


Figure 1. Map of Colombia with points representing records of the species *Ctenophryne aterrima*. The red dot corresponds to the distribution extension and first record of this species for the department of Chocó (312 m a.s.l.).

Figura 1. Mapa Colombia con los puntos de registro de la especie *Ctenophryne aterrima*. El punto rojo corresponde a la ampliación de distribución y primer registro de esta especie para el departamento del Chocó (312 m s.n.m.).



Figure 2. Individuals of *Ctenophryne aterrima* (COLZOOCH-H 3378 - COLZOOCH-H 3379) found in the municipality of Nuquí. Photo: Jhon Tailor Rengifo-Mosquera.

Figura 2. Individuos de *Ctenophryne aterrima* (COLZOOCH-H 3378 - COLZOOCH-H 3379) encontrados en el municipio de Nuquí. Foto: Jhon Tailor Rengifo-Mosquera.

redondas y sin anillo timpánico; las palmeaduras de los dedos de la mano presentan tubérculos poco prominentes. Los tubérculos palmares están presentes, hay una ausencia de membranas en los dedos de las manos y las puntas de los dedos de los pies son alargados; Por otro lado, el tubérculo metatarsal interno es plano, mientras que el tubérculo externo es ausente; los tubérculos subarticulares son aplanados y sencillos. *Ctenophryne aterrima* es una especie nocturna, terrestre y fosorial, que se principalmente de termitas y hormigas (Savage, 2002).

Esta especie presenta una distribución en el piso térmico cálido desde Costa Rica, Panamá hasta el noroeste de Ecuador.

En Colombia su distribución conocida esta para las zonas bajas con bosques húmedos tropicales y subandinos de la vertiente Occidental en la Cordillera Oriental, vertiente oriental de la Cordillera Central y la porción norte y la vertiente occidental de la Cordillera Occidental en los departamentos de Antioquia (Cochran & Goin, 1970 ; Mueses & Moreno, 2012), Caldas (Ruiz et al., 1996), Cauca (Pisso-Flórez et al., 2018) Cundinamarca (Ruiz et al., 1996), Nariño (Laverde, 2005; Mueses & Moreno, 2012) y Valle del Cauca, entre los 300-1630 msnm (Acosta-Galvis, 2021).

La presente investigación es el resultado de la ejecución de la expedición biológica serranía del Baudó “Desde la montaña,



Figure 3. Preserved individuals of *Ctenophryne aterrima* from the municipality of Nuquí. Photo: Jhon Tailor Rengifo-Mosquera.

Figura 3. Individuos de *Ctenophryne aterrima* conservados del municipio de Nuquí. Foto: Jhon Tailor Rengifo-Mosquera.

hasta el Mar” llevada a cabo en los meses de junio y julio de 2021 en la zona de influencia del río Tribugá (5°45'53.6" N y 77°11'33.1" O; 312 m s.n.m), y perteneciente al municipio de Nuquí en el departamento del Chocó (Fig. 1). La captura de los individuos se ejecutó empleando el método de relevamiento por encuentros visuales (Pearman et al., 1995) el cual consiste en la búsqueda de individuos en los diferentes microhábitats que ofrece el ecosistema, sin tener en cuenta ningún modelo sistemático (Patla & Peterson, 2003).

El sacrificio de los individuos se realizó *in situ*, por inmersión en una solución de cristales de clorobutanol en etanol (ETOH) al 95% y diluida como anestésico al 10%, posterior a esto, la fijación se realizó en cámaras húmedas con formalina al 10% para luego ser transportados a la colección Herpetológica de la Universidad Tecnológica del Chocó, Diego Luis Córdoba (COLZOOCH-H). Las medidas de Rostro-Cloaca (LRC) se llevaron a cabo por medio de un calibrador Pie de Rey Digital Discover (+ 0,02 mm), mientras que la identificación se realizó con un estereoscopio marca (Zeiss), siguiendo los trabajos de: Savage (2002); Donnelly et al. (1990); Frank & Ramus (1995); Hedges et al. (2008); De Sá et al. (2012); Brown et al. (2011) y Pyron & Wiens (2011); además de utilizar las guías de campo de Páez et al. (2002) y Rengifo & Lundberg (1999).

En esta nota presentamos el primer registro para el departamento del Chocó de dos individuos de la especie *C. aterrima*, el cual se extiende 128 km desde su registro en el departamento del Valle del Cauca. El primer individuo corresponde a un macho LRC 54.3 mm (COLZOOCH-H 3378), capturado en el suelo bajo la hojarasca allí mismo fue registrada la presencia termitas, por lo que se presume que este macho se encontraba alimentándose (Fig. 2). El segundo individuo corresponde a una hembra de LRC 53 mm (COLZOOCH-H 3379), encontrada en el suelo de una pendiente ubicada al interior de un bosque secundario (Fig. 3).

En términos de conservación, esta especie se encuentra en la categoría de Preocupación Menor (LC) de acuerdo con la IUCN de (2020), resultado de su amplia distribución, tolerancia a ecosistemas transformados, y debido a que, aparentemente, sus poblaciones están saludables.

Según Santos & Telleria (2006), muchas especies de anfibios presentan una distribución discontinua ocasionada por la diversificación de las condiciones ambientales en el hábitat donde se encuentran, por tanto, el conocimiento de su distribución es primordial para determinar sus preferencias ambientales e identificar su historia natural. Por otro lado, en

Ecuador las poblaciones de *C. aterrima*, pese a estar registradas en zonas de conservación, están en una categoría de amenaza vulnerable (VU) (Coloma et al., 2018). Esto puede deberse al desarrollo de las actividades antrópicas, y al desconocimiento de la existencia de sus poblaciones, ya que algunas habitan en zonas de poco acceso.

Encontrar nuevos registros puede aumentar el conocimiento de una especie y contribuir de manera objetiva con criterios científicos durante el proceso de evaluación de amenaza de la misma (Paglia & Fonseca, 2009), por lo tanto, este reporte es importante para la comprensión del rango de distribución y la historia natural de *C. aterrima* aspectos fundamentales para el conocimiento de una especie a la hora de tomar decisiones concretas que garanticen su conservación.

Agradecimientos.— Los autores agradecemos a la Comunidad de Tribugá (Nuquí), a los consejos Comunitarios Mayores de los Riscasles (Nuquí) y ACABA (Baudó), por hacer parte del proyecto, a las Instituciones aliadas (Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico (IIAP), Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt (Instituto Humboldt), Universidad Tecnológica del Chocó Diego Luis Córdoba, al Ministerio de Ciencias, Tecnología e Innovación (MinCiencias) en su fondo Francisco José de Caldas por la financiación de las Expediciones Biológicas y Fortalecimiento a las Colecciones. Los ejemplares aquí reportados fueron capturados con el permiso de Colecta científica otorgado por la entidad de CODECHOCÓ a la Universidad Tecnológica del Chocó, bajo la resolución 1601 del 2015 y previa autorización para Colección Herpetológica con el código COL0086617.

LITERATURA CITADA

- Acosta Galvis, A.R. 2021. Lista de los anfibios de Colombia: Referencia en línea V.11.2021. <http://www.batrachia.com>. Boyacá, Colombia. [Accessed on April 2023].
- AmphibiaWeb. 2003: Información sobre biología y conservación de anfibios. Berkeley, California: Amphibia Web. Disponible: <https://amphibiaweb.org/>. [Consultado en abril 2023]
- Cochran, D.M. & C.J. Goin. 1970. Frogs of Colombia. Bulletin of the United States National Museum 288:1-655.
- Coloma, L.A., C. Frenkel, C. Félix-Novoa & G. Pazmiño-Armijos. 2018. *Ctenophryne aterrima* En Ron, S.R., A. Merino-Viteri & D.A. Ortiz (Eds). Anfibios del Ecuador. Versión 2019. Museo de Zoología, Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

- <https://bioweb.bio/faunaweb/amphibiaweb/FichaEspecie/Ctenophryne%20aterima>, [Consultado en agosto de 2021].
- Collins, J. & A. Storfer. 2003. Global amphibian declines: sorting the hypotheses. *Diversity and Distributions* 9:89-98.
- Cuentas, M., A. Borja., J.D. Lynch & J.M. Renjifo. 2002. Anuros del Departamento del Atlántico y Norte de Bolívar. Universidad de Atlántico. CRA Pp. 117.
- De Sá, R.O., J.W. Streicher, R. Sekonyela., M.C. Forlani., S.P. Loader., E. Greenbaum., S. Richards & C.F.B. Haddad. 2012. Molecular phylogeny of microhylid frogs (Anura: Microhylidae) with emphasis on relationships among New World genera. *BMC Evolutionary Biology* 12:1-21.
- Donnelly, M.A., R.O. de Sa & C. Guyer. 1990. Description of the tadpoles of *Gastrophryne pictiventris* and *Nelsonophryne aterima* (Anura: Microhylidae), with a review of morphological variation in free-swimming microhylid larvae. *American Museum Novitates* 2976:1-19.
- Frank, N. & E. Ramus. 1995. Complete guide to scientific and common names of reptiles and amphibians of the world. *Copeia* 1996:763-1142.
- Frost, D.R. 2023. Amphibian Species of the World: an Online Reference. Version 6.1 (02/02/2023). Electronic Database accessible at <https://amphibiansoftheworld.amnh.org/index.php>. American Museum of Natural History, New York, USA.
- 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.
- IUCN SSC Amphibian Specialist Group. 2020. *Ctenophryne aterima*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020: e.T57900A3063111. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-1.RLTS.T57900A3063111.en>. [Descargado el 01 August 2021].
- Laverde, O. 2005. Aproximación al conocimiento de la Herpetofauna de la Reserva El Pangan, Nariño. Trabajo de Grado, Biología. Facultad de Ciencias. Universidad del Tolima. Ibagué, Colombia. Pp. 145.
- Mueses-Cisneros, J.J. & V.M. Quintero. 2012. Fauna Anfibia de la Reserva Natural Biotopo Selva Húmeda, Barbacoas, Nariño, Colombia. *Herpetotropicos* 7:39-54.
- Páez, V.P., B.C. Bock., J.J. Estrada., A.M. Ortega., J.M. Daza & P.D. Gutiérrez-C. 2000. Guía de Campo de Algunas Especies de Anfibios y Reptiles de Antioquia. Universidad de Antioquia, Departamento de Biología, Medellín. Pp 336.
- Paglia, A.P. & G.A.B. Fonseca. 2009. Evaluación de los cambios en el estado de conservación de los vertebrados brasileños amenazados. *Conservation de Biodiversity* 13:3563-3577.
- Patla, D.A. & C.R. Peterson. 2003. Amphibian and reptile monitoring inventory and monitoring, Greater Yellowstone Network: Grand Teton and Yellowstone National Parks. Progress report 2002. Report to NPS. Herpetology Laboratory, Idaho State University, Pocatello, ID.
- Pearman, P.B., A.M. Velasco & A. López. 1995. Tropical amphibian monitoring: a comparison of methods for detecting inter-site variation in species' composition. *Herpetológica* 51:325-337.
- Pisso-Flórez, G.A., M.L. Velasco., A.M. Maya., J. Vanegas & G. González-Durán. 2018. Lista preliminar de los anfibios del Parque Nacional Natural Munchique y áreas de influencia, departamento del Cauca-Colombia. *Novedades Colombianas* 13:49-76.
- Pyron, R.A. & J.J. Wiens. 2011. A large-scale phylogeny of Amphibia including over 2800 species, and a revised classification of extant frogs, salamanders, and caecilians. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 61:543-583.
- Renjifo, J.M & M. Lundberg. 1999. Guía de Campo Anfibios y Reptiles de Urrá. SKANSKA Pp. 96.
- Rojas-Morales, J.A & F.A. Cabrera Vargas. 2023. Ampliación del área de distribución de la Rana Minadora, *Hamptophryne boliviana* (Parker, 1927) (Amphibia: Anura: Microhylidae), en el noroccidente Amazónico, Colombia. *Revista Latinoamericana De Herpetología* 6:39-45.
- Ruiz-Carranza, P.M., M.C. Ardila-Robayo & J.D. Lynch. 1996. Lista actualizada de la fauna de Amphibia de Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 20:365-415.
- Savage, J.M. 2002. The Amphibians and Reptiles of Costa Rica. A Herpetofauna Between Two Continents, Between Two Seas. Chicago, EE. UU. The University of Chicago Press. Pp. 934
- Santos, T & J. Telleria. 2006. Pérdida y fragmentación del hábitat: efecto sobre la conservación de las especies. *Ecosistemas* 15:3-12.

- Stuart, S.N., J.S. Chanson., N.A. Cox., B.E. Young., A.S.L. Rodriguez., D.L. Fischman & R.W. Waller. 2004. Status and trends of amphibian declines and extinctions worldwide. *Science* 306:1783-1786.
- Van Der Meijden, A., M. Vences, S.R. Hoegg, R. Boistel, A. Channing & A. Meyer. 2007. Nuclear gene phylogeny of narrow-mouthed toads (Family: Microhylidae) and a discussion of competing hypotheses concerning their biogeographical origins. *Molecular Phylogenetics And Evolution* 44:1017-1030.
- Whiles, M.R., K.R. Lips, C.M. Pringle, S.S. Kilham, R.J. Bixby, R. Brenes, S. Connelly, J.C. Colon-Gaud, M. Hunte-Brown, A.D. Huryn, C. Montgomery & S. Peterson. 2006. The effects of amphibian population declines on the structure and function of Neotropical stream ecosystems. *Frontiers in Ecology and the Environment* 4:27-34.
- Young, B.E., S.N. Stuart., J.S. Chanson., N.A. Cox & T.M. Boucher. 2004. *Disappearing Jewels: the Status of New World Amphibians*. Nature Serve, Arlington. Virginia, USA Pp. 60.



UPDATED DISTRIBUTION MAP OF *AMPHISBAENA MITCHELLI* PROCTER, 1923 (SQUAMATA: AMPHISBAENIDAE) WITH A NEW RECORD IN MARANHÃO, BRAZIL

MAPA DE DISTRIBUCIÓN ACTUALIZADO DE *AMPHISBAENA MITCHELLI* PROCTER, 1923 (SQUAMATA: AMPHISBAENIDAE) CON UN NUEVO REGISTRO EN MARANHÃO, BRASIL

Carolina L. Paiva^{1*†}, Henrique J. Oliveira^{1†} & Henrique C. Costa¹

¹Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação da Natureza, Universidade Federal de Juiz de Fora. 36036-900, Juiz de Fora, Minas Gerais, Brazil.

[†]Contributed equally to this work

*Correspondence: carolina22paiva@gmail.com

Received: 2023-07-06. Accepted: 2023-10-09. Published: 2023-11-03.

Editor: Katyuscia Araujo-Vieira, Brasil.

Updates on the geographic range of a species are essential to fill knowledge gaps on biodiversity, reducing the Wallacean shortfall (Hortal et al., 2015). This is particularly important for worm lizards (Amphisbaenia), legless reptiles whose subterranean lifestyle makes sampling difficult, resulting in scarce information on the geographic range of many species and their conservation status (Böhm et al., 2016; Colli et al., 2016). Brazil has 81 of the 202 amphisbaenian species currently recognized (Uetz et al., 2023; Guedes et al., 2023), accounting for over 40% of the worldwide diversity of this group. However, most Brazilian municipalities lack records of worm lizards, creating large gaps in the known geographic range of species due to insufficient and biased sampling (Colli et al., 2016).

Amphisbaena mitchelli Procter, 1923 is a small-sized worm lizard species (up to 162 mm snout-vent length) endemic to northern Brazil (Colli et al., 2016). It is diagnosed by having a round head, 193–220 body annuli, 26–29 caudal annuli with autotomy at the 6th or 7th annulus, two precloacal pores sequentially arranged, dorsal and lateral sulci, 12–14 dorsal and 14–16 ventral segments at a midbody annulus, three supra- and three infralabials (Gans, 1963; Almeida et al., 2016). The species was described from Ilha de Marajó, state of Pará, based on one specimen deposited in the Natural History Museum, London (NHMUK 1946.8.2.31 [former BMNH]) (Procter, 1923; Gans, 1963). After its description, few publications brought to light new distribution records for *A. mitchelli* (e.g., Gans, 1963, 1964; Cunha et al., 1985; Hoogmoed & Avila-Pires, 1991; Mott et al., 2011; Ribeiro et al., 2014; Teixeira Jr. et al., 2014), all in eastern Amazonia.

In this note, we report *A. mitchelli* in the municipality of Imperatriz, state of Maranhão, Brazil (5.5194° S, 47.4611° W; datum WGS84, ca. 132 m a.s.l.), based on one male specimen

collected between June and July 2011 (collector and date unknown) and deposited in the Herpetology Collection of Museu de História Natural do Capão da Imbuia, Curitiba, Paraná, Brazil (MHNCI 14186; Fig. 1). The new record is 300 km northeast in a straight line to the nearest record in Floresta Nacional de Carajás, municipality of Parauapebas, state of Pará, Brazil. It fills a gap of 530 km between Carajás and Alto Alegre do Pindaré, Maranhão (Colli et al., 2016). The distribution range of *A. mitchelli* in its last IUCN assessment (Silveira et al., 2021) is outdated. The current known range extends further west, to Vitória do Xingu (MZUSP 67712–67719; Vanzolini, 1991), Alenquer (MPEG 11779; Hoogmoed & Avila-Pires, 1991), and Belterra (LPHA 4942; Ribeiro et al., 2014), in the state of Pará. The new record from Imperatriz is at the southeastern border of the species range predicted by the IUCN (Fig. 2).

The species occurs where the dominant soil is ferralsol (most records), acrisol, and plinthosol (Fig. 2). Ferralsol and acrisol are widespread in Brazil and they are the main soil types in the Amazon basin, being highly leached and nutrient-poor (Gardi et al., 2015). Plinthosols are common in eastern Amazonia and are iron-rich deep weathered soils (Gardi et al., 2015). *Amphisbaena mitchelli* occurs mainly in coarse soils, mostly with a sandy loam texture, but also in fine-grained clay soils (FAO et al., 2012). Although the small size and round head suggest that it is not specialized for digging in clayic soils (Gans, 1968; Navas et al., 2004), a recent study indicates there is no relationship between soil texture and cranial shape in amphisbaenians (Kazi & Hipsley, 2018). It could be that in fine-textured soils the individuals burrow at shallow depths or live in large rotten logs or close to tree roots (Costa, 2020). We highlight that these assumptions on the types and textures of soil where *A. mitchelli* is found are based on large-scale mappings (FAO et al., 2012; Gardi et al., 2015) and inconsistencies may occur at a finer scale.



Figura 1. Espécimen MHNCI 14186 de Imperatriz, Maranhão, Brasil, identificado como *Amphisbaena mitchelli* por tener una cabeza redonda, 217 anillos corporales, 26 anillos caudales con autotomía en el séptimo anillo, dos poros precloacales dispuestos secuencialmente, sulcos dorsales y laterales, 12 segmentos dorsales y 14 segmentos ventrales en un anillo del cuerpo medio, y tres supralabiales y tres infralabiales.

Figure 1. Specimen MHNCI 14186 from Imperatriz, Maranhão, Brazil, identified as *Amphisbaena mitchelli* by having a round head, 217 body annuli, 26 caudal annuli with autotomy at the 7th annulus, two precloacal pores sequentially arranged, dorsal and lateral sulci, 12 dorsal and 14 ventral segments at a midbody annulus, and three supra- and three infralabials.

Amphisbaena mitchelli has been recorded inside forests, and even in urban areas (Gans, 1964; Cunha et al., 1985; Ribeiro et al., 2014). Records are mainly at the Tocantins/Pindaré Moist Forests ecoregion (Tropical and Subtropical Moist Broadleaf Forests biome) (*sensu* Dinerstein et al., 2017), one of the most studied areas for reptiles in eastern Amazonia (Prudente et al., 2018). The species western range seems limited by the Tapajós and Trombetas rivers, while its eastern range may be limited by the

drier and more seasonal climate of the Maranhão Babaçu forests ecoregion (Tropical and Subtropical Dry Broadleaf Forests biome) and the Cerrado ecoregion (Tropical and Subtropical Grasslands, Savannas, and Shrublands biome). If this assumption is correct, the new record from Imperatriz would be at the limit of the species range, an ecotonal zone between the Cerrado ecoregion and the Matro Grosso Tropical Dry Forests ecoregion (TSMBF biome) (Dinerstein et al., 2017).

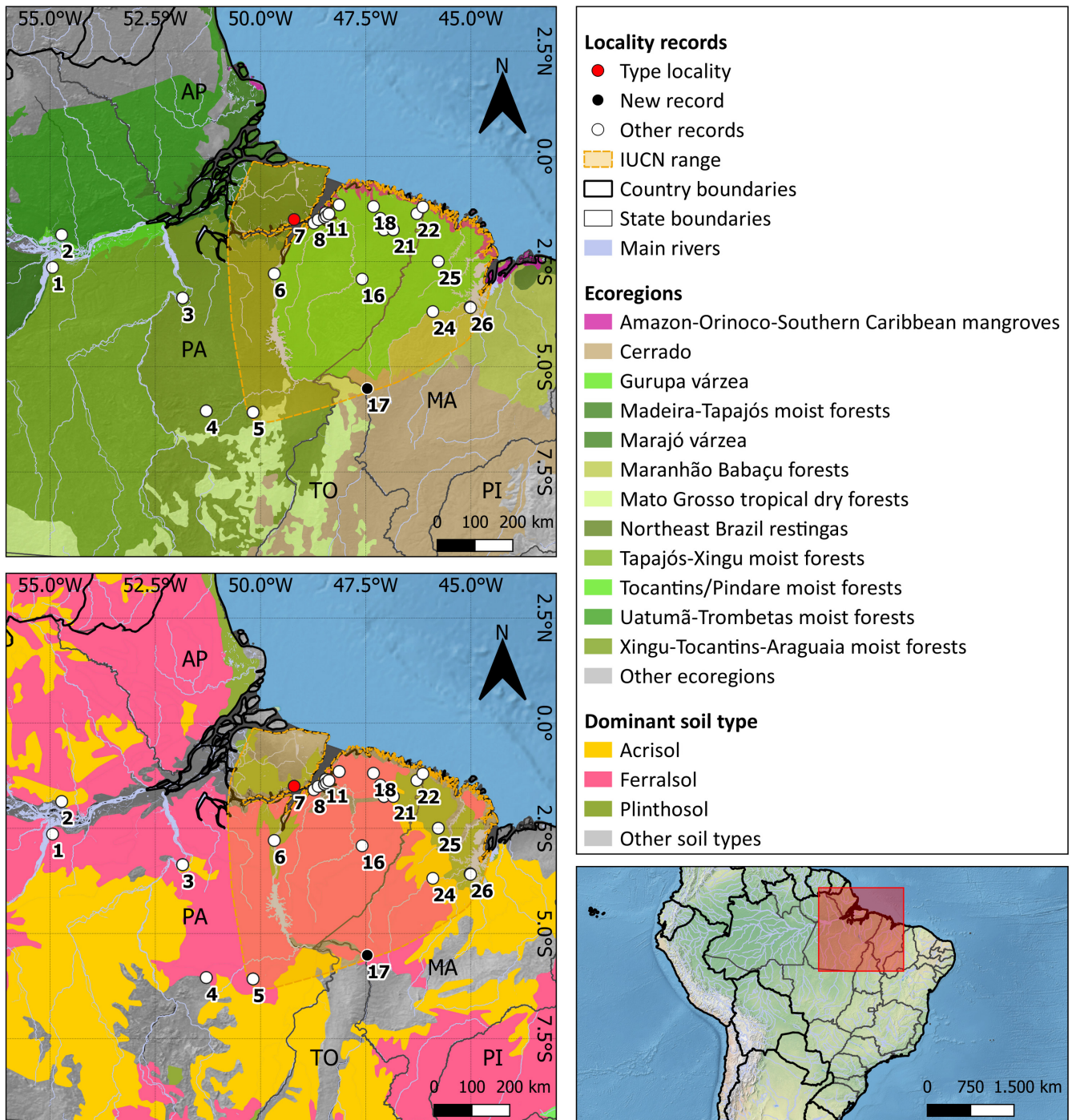


Figura 2. Mapa de distribución actualizado para *Amphisbaena mitchelli*. Localidad tipo en rojo, nuevo registro en negro y otros registros en blanco. Las localidades 9, 10, 12-15, 19, 20, y 23 no están numeradas debido a la corta distancia entre puntos adyacentes. Para obtener más detalles sobre los registros en la literatura, consulte la Tabla S1 disponible en <https://doi.org/10.5281/zenodo.8422924> (donde los códigos de las colecciones de historia natural siguen a Sabaj (2020)). AP: Amapá; MA: Maranhão; PA: Pará; PI: Piauí; TO: Tocantins.

Figure 2. Updated distribution map for *Amphisbaena mitchelli*. Type locality in red, new record in black and other records in white. Localities 9, 10, 12-15, 19, 20, and 23 are not numbered because of the short distance between points. For details on records in literature, see Table S1 available at <https://doi.org/10.5281/zenodo.8422924> (in which codes for natural history collections follow Sabaj (2020)). AP: Amapá; MA: Maranhão; PA: Pará; PI: Piauí; TO: Tocantins.

CITED LITERATURE

- Almeida, J.P., F.D. Vechio, M.J. Teixeira, M.T. Rodrigues & T. Mott. 2016. Morphological similarities between *Amphisbaena mitchelli* Procter, 1923 and *A. miringoera* Vanzolini, 1971 (Squamata: Amphisbaenidae): phylogenetic relatedness or morphological convergence? *Zootaxa* 4168:573-576.
- Böhm, M., R. Williams, H.R. Bramhall, K.M. McMillan, A.D. Davidson, A. Garcia, L.M. Bland, J. Bielby & B. Collen. 2016. Correlates of extinction risk in squamate reptiles: the relative importance of biology, geography, threat and range size. *Global Ecology and Biogeography* 25:391-405.
- Colli, G.R., J. Fenker, L.G. Tedeschi, A.F. Barreto-Lima, T. Mott & S.L. Ribeiro. 2016. In the depths of obscurity: knowledge gaps and extinction risk of Brazilian worm lizards (Squamata, Amphisbaenidae). *Biological Conservation* 204:51-62.
- Costa, H.C. 2020. New record and updated distribution map of the rare *Amphisbaena spurrelli* (Amphisbaenia: Amphisbaenidae). *Phyllomedusa* 19:259-266.
- Cunha, O.R.D., F.P.D. Nascimento & T.C.S. D.Ávila-Pires. 1985. Os Répteis da área de Carajás, Pará, Brasil (Testudines e Squamata). *Publicações Avulsas do Museu Paraense Emílio Goeldi* 40:9-92.
- Dinerstein, E., D. Olson, A. Joshi, C. Vynne, N.D. Burgess, E. Wikramanayake, N. Hahn, S. Palminteri, P. Hedao, R. Noss, M. Hansen, H. Locke, E.C. Ellis, B. Jones, C.V. Barber, R. Hayes, C. Kormos, V. Martin, E. Crist, W. Sechrest, L. Price, J.E.M. Baillie, D. Weeden, K. Suckling, C. Davis, N. Sizer, R. Moore, D. Thau, T. Birch, P. Pota-pov, S. Turubanova, A. Tyukavina, N. Souza, L. Pintea, J.C. Brito, O.A. Llewellyn, A.G. Miller, A. Patzelt, S.A. Ghazanfar, J. Timberlake, H. Klöser, Y. Shennan-Farpón, R. Kindt, J.P.B. Lillesø, P. van Breu-gel, L. Graudal, M. Voge, K.F. Al-Shammar & M. Saleem. 2017. An Ecoregion-Based Approach to Protecting Half the Terrestrial Realm. *BioScience* 7:534-545.
- FAO, IIASA, ISRIC, ISSCAS, JRC. 2012. Harmonized World Soil Database, version 1.2.< <http://webarchive.iiasa.ac.at/Research/LUC/External-World-soil-database/HTML/index.html?sb=1>, [Accessed on 2020.11.04]
- Gans, C. 1963. Notes on Amphisbaenids (Amphisbaenia, Reptilia). 7. Redescription and Redefinition of *Amphisbaena mitchelli* Procter and *Amphisbaena slevini* Schmidt from the Middle and Lower Amazon, Brazil. *American Museum Novitates* 2127:1-22.
- Gans, C. 1964. *Amphisbaena mitchelli* Procter Recorded from Belém, Pará, Brazil. *Herpetologica* 20:192-194.
- Gans, C. 1968. Relative success of divergent pathways in Amphisbaenian specialization. *The American Naturalist* 102:345-362.
- Gardi, C., M. Angelini, S. Barceló, J. Comerma, C. Gaistardo, A.E. Rojas, A. Jones, P. Krasilnikov, M.L. Mendonça-Santos, L. Montanarella, O.M. Ugarte, P. Schad, M.I.V. Rodríguez, R. Vargas & M.R. Silva. 2015. Atlas de Solos de América Latina e do Caribe, Comissão Europeia. Serviço de Publicações da União Europeia, Luxembourg.
- Guedes, T.B., O. M. Entiauspe-Neto & H.C. Costa. 2023. Lista de Répteis do Brasil: atualização de 2022. *Herpetologia Brasileira* 12:56-161.
- Hoogmoed, M.S. & T.C.S. Ávila-Pires. 1991. New species of small *Amphisbaena* (Reptilia: Amphisbaenia: Amphisbaenidae) from western Amazonian Brazil. *Paraense Emilio Goeldi Serie Zoologia* 7:77-94.
- Hortal, J., F. Bello, J.A.F. Diniz-F, T.M. Lewinsohn, J.M. Lobo & R.J. Ladle. 2015. Seven Shortfalls that Beset Large-Scale Knowledge of Biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 46:523-549.
- Kazi, S. & C.A. Hipsley. 2018.. Conserved evolution of skull shape in Caribbean head-first burrowing worm lizards (Squamata: Amphisbaenia). *Biological Journal of the Linnean Society* 125:14-29.
- Mott, T., C.S. Carvalho-Neto & K.S. Carvalho-Filho. 2011. *Amphisbaena miringoera* Vanzolini, 1971 (Squamata: Amphisbaenidae): new state record. *Check List* 7:594-595.
- Navas, C.A., M.M. Antoniazzi, J.E. Carvalho, J.G. Chaui-Berlink, R.S. James, C. Jared, T. Khlsdorf, M.D. Pai-Silva, M.D & R.S. Wilson. 2004. Morphological and physiological specialization for digging in amphisbaenians, an ancient lineage of fossorial vertebrates. *Journal of Experimental Biology* 207:2433-2441.
- Procter, J.B. 1923. On new and rare reptiles from South America. *Proceedings of the Zoological Society of London* 93:1061-1067.
- Prudente, A.L.C., J.F.M. Sarmento, T.C.S. Ávila-Pires, G. Maschio & M.J. Sturaro. 2018. How much do we know about the diversity of Squamata (Reptilia) in the most degraded region of Amazonia? *South American Journal of Herpetology* 13:117-130.

- Ribeiro, S, A. Santos-Jr, L. Chagas & H. Chalkidis. 2014. Range extension and geographic distribution of *Amphisbaena mitchelli* Procter, 1923 in the state of Pará, Brazil. Check List 10:1229-1230.
- Sabaj M.H. 2020. Codes for Natural History Collections in Ichthyology and Herpetology. Copeia 108:593-669.
- Silveira, A.L., C. da Rocha, C.C. Nogueira, F. Werneck, G.J.B. Moura, G. Winck, M.A. Ribeiro Júnior, M. Kiefer, M.A. de Freitas, M.S. Hoogmoed, M.S.T. Tinôco, R. Valadão, R.C. Vieira, R.P. Maciel, R.G. Faria, R. Recorder, R. D'Ávila, S.T. da Silva, S. de Barcelos Ribeiro & T.C.S. Avila-Pires. 2021. Mitchell's Worm Lizard. *Amphisbaena mitchelli*. The IUCN Red List of Threatened Species 2021. <https://www.iucnredlist.org/species/75161240/75161257>, [Accessed on 2023.01.01]
- Teixeira Jr, M., F. Dal Vechio, A. Mollo-Neto & M.T. Rodrigues. 2014. A New Two-Pored *Amphisbaena* Linnaeus, 1758, from Western Amazonia, Brazil (*Amphisbaenia*: Reptilia). South American Journal of Herpetology 9: 62-74.
- Uetz, P., Freed, P., Aguilar, R., Hošek, J. 2023. The Reptile Database. <http://www.reptile-database.org/>, [Accessed on 2023.08.21]
- Vanzolini, P.E. 1991. Two new small species of *Amphisbaena* from the fossil dune field of the middle Rio São Francisco, State of Bahia, Brasil (Reptilia, Amphisbaenia). Papéis Avulsos de Zoologia 37:259-276.



REGISTROS DE DEPREDACIÓN DE REPTILES Y ANFIBIOS POR ARTRÓPODOS EN EL ÁREA RECREATIVA LAGO GATÚN, COLÓN, PANAMÁ

RECORDS OF PREDATION OF REPTILES AND AMPHIBIANS BY ARTHROPODS IN THE GATUN LAKE RECREATIONAL AREA, COLÓN, PANAMÁ

Manuel Walter-Conrado^{*1,3}, Ángel Sosa-Bartuano^{4,5}, Nemesio Melo^{1,3} & Alfredo Lanuza-Garay^{2,3,6}

¹Asociación Biológica de Panamá ABIOPA, Colón, Panamá.

²Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Colón, Escuela de Biología, Departamento de Zoología, Panamá.

³Grupo de Investigación Carlos Linneo BIOXPA, Universidad de Panamá, Panamá.

⁴Red Mesoamericana y del Caribe para la Conservación de Anfibios y Reptiles.

⁵Museo de Vertebrados de la Universidad de Panamá, Universidad de Panamá, Panamá.

⁶Museo de Invertebrados Graham Bell Fairchild, Universidad de Panamá, Panamá.

*Correspondence: manuelwalter2022@gmail.com.

Received: 2023-01-23. Accepted: 2023-09-20. Published: 2023-11-03.

Editor: Jenny Urbina, Colombia.

Abstract.— Three unpublished cases of arthropods that act as predators of reptiles and amphibians are recorded in the Lake Gatun Recreation Area, province of Colon, Republic of Panamá, through photographic records and field notes: *Cupiennius coccineus* preying on *Gonatodes albogularis* and *Cophipora brevirostris* preying on both *Anolis aplethophallus* and feeding on eggs of *Agalychnis callidryas*. These rare records contribute to general knowledge about Panamanian herpetofauna's natural history and biological interactions.

Keywords.— Predator, herpetofauna, natural history, interaction, prey.

Resumen.— Se registran tres casos inéditos de artrópodos que actúan como depredadores de reptiles y anfibios en el Área Recreativa Lago Gatún, provincia de Colón, República de Panamá mediante registros fotográficos y notas de campo: *Cupiennius coccineus* depredando a *Gonatodes albogularis* y *Cophipora brevirostris* depredando tanto a *Anolis aplethophallus* como alimentándose de puestas de huevos de *Agalychnis callidryas*. Estos registros poco comunes aportan al conocimiento general sobre la historia natural e interacciones biológicas de la herpetofauna panameña.

Palabras clave.— Depredador, herpetofauna, historia natural, interacción, presa.

En ambientes terrestres, el estudio de las interacciones depredador-presa se ha centrado tradicionalmente en vertebrados que consumen invertebrados (Jędrzejewska & Jędrzejewski, 2013; Reyes-Olivares et al., 2020). Sin embargo, esta interacción antagónica muchas veces se invierte, ya que muchos artrópodos, como arañas, escorpiones (Arachnida), ciempiés (Chilopoda), insectos (Hexapoda) y crustáceos (Crustacea), se alimentan de vertebrados de tamaño pequeño o mediano (Valdez, 2020). A pesar de la acumulación de información sobre artrópodos que consumen vertebrados, la incidencia de interacciones depredador-presa de este tipo sigue siendo relativamente inexplorada y, por lo tanto, subestimada (Nordberg et al., 2018).

La información sobre las interacciones depredador-presa entre invertebrados y vertebrados como lagartijas y anuros es

bastante dispersa, y aunque se han hecho algunos intentos por sistematizar esta información (Toledo, 2005; Valdez, 2020), la escasez de información organizada para las lagartijas es particularmente llamativa al considerar regiones con una alta diversidad de especies de lagartijas y artrópodos, como el Neotrópico (Pianka & Vitt, 2003; Santos et al., 2017), y aunque los casos de consumo de lagartijas por arañas han sido reportados para esta región esta no ha sido sistematizada, lo que dificulta una evaluación integral de la importancia de estas interacciones.

Por otro lado, los anuros (sapos y ranas) son presas potenciales de muchos depredadores (Diesel et al., 2014; Rocha et al., 2014), es conocido que algunos artrópodos como los ciempiés, crustáceos, insectos y arácnidos se alimentan de ellos utilizando diferentes métodos de captura y consumo (Reyes-Olivares et al., 2020).



Figure 1. Predation of *Anolis apletophallus* by *Cophipora brevirostris*.

Figura 1. Depredación de *Anolis apletophallus* por *Cophipora brevirostris*.



Figure 2. Predation of *Cupiennius coccineus* on *Gonatodes albogularis*.

Figura 2. Depredación de *Cupiennius coccineus* sobre *Gonatodes albogularis*.

Table 1. List of predatory arthropods of lizards of the Gekkonidae family based on Sosa-Bartuano & Ramos Reyes (2015), Borroto-Páez & Reyes-Pérez (2020) and Reyes-Olivares et al. (2020).

Tabla 1. Listado de artrópodos depredadores de lagartijas de la familia Gekkonidae basada en Sosa-Bartuano & Ramos Reyes (2015), Borroto-Páez & Reyes-Pérez (2020) y Reyes-Olivares et al. (2020).

Presa/especie	Etapas de desarrollo	Predador/familia	Predador/especie	Ataque documentado	País	Fuente
<i>Hemidactylus mabouia</i>	n/a	Araneidae	<i>Nephilengys cruentata</i>	No	Brasil	Diniz (2011)
<i>Hemidactylus mabouia</i>	n/a	Ctenidae	No identificada	No	Brasil	Lanschi & Ferreira (2012)
<i>Hemidactylus mabouia</i>	Juvenil	Lycosidae	No identificada	No	Brasil	Koski et al. (2013)
<i>Hemidactylus mabouia</i>	Adulto	Theraphosidae	<i>Avicularia variegata</i>	No	Brasil	Almeida et al. (2019)
<i>Hemidactylus frenatus</i>	n/a	Ctenidae	<i>Phoneutria boliviensi</i>	No	Colombia	Valenzuela-Rojas et al. (2020)
<i>Hemidactylus mabouia</i>	n/a	Formicidae	<i>Eciton burchellii</i>	Si	Brasil	Sazima (2015)
<i>Hemidactylus mabouia</i>	n/a	Buthidae	<i>Tityus metuendus</i>	Si	Brasil	De Albuquerque (2012)
<i>Hemidactylus frenatus</i>	Juvenil	Buthidae	<i>Centruroides elegans</i>	Si	México	Domínguez de la Riva & Carbajal Márquez (2016)
<i>Hemidactylus mabouia</i>	n/a	Solifugae	No identificada	No	África	Loveridge (1947)
<i>Lepidodactylus lugubris</i>	Adulto	Trechaleidae	<i>Cupiennius coccineus</i>	Si	Panamá	Sosa-Bartuano & Ramos-Reyes (2015)
<i>Gonatodes albogularis</i>	Adulto	Trechaleidae	<i>Cupiennius coccineus</i>	Si	Panamá	Este estudio

Toledo (2005), por ejemplo, encontró 68 reportes de anuros como presas de invertebrados, de los cuales aproximadamente el 48 % fueron arañas, especialmente de las familias Pisauridae y Ctenidae, mientras que Moura & Azevedo (2011) registran un caso de depredación de especímenes adultos de *Dendropsophus melanargyreus* Cope, 1877 por la araña pescadora gigante *Ancylometes rufus* (Walckenaer, 1837) (Araneae, Ctenidae).

Panamá, considerado uno de los países con mayor diversidad de especies en el Neotrópico (McNeely et al., 1990), presenta una diversidad herpetofaunística registrada de 226 anfibios y 279 reptiles, de los cuales representan el 2.5 % de la herpetofauna a nivel mundial (2.6% anfibios y 2.4% reptiles) (Amphibia Web, 2022; Uetz, 2022). Sin embargo, las interacciones biológicas y ecológicas de estos grupos han sido poco estudiadas tal como se ha expuesto previamente. Por tal motivo, en este trabajo se reportan tres

eventos antagónicos relacionados con reptiles y anfibios del Área Recreativa Lago Gatún, provincia de Colón, República de Panamá.

Los recorridos se hicieron en el Área Recreativa Lago Gatún (ARLG), entre las coordenadas 09° 20' 57.2" y 79° 51' 24.98" extremo norte y entre los 09° 19' 0.11" y 79° 51' 26.78" extremo sur, abarcando los senderos El Cariblanco y sendero El Lago, los cuales se encuentran en la parte más oriental del parque. El sitio presenta una vegetación característica de bosque tropical húmedo de tierras bajas de acuerdo con la nomenclatura de Köppen, con temperatura media anual de 27°C y precipitación anual 3000 a 4000 mm (ETESA, 2019).

Para documentar los eventos antagónicos descritos en este artículo, se realizaron 10 giras de campo entre julio del 2021 y abril del 2022. Se recorrió el área de estudio una vez cada mes, con 4 a 5 personas en horario diurno (7:00- 11:00 h) y nocturno



Figure 3. Predation of *Agalychnis callidryas* eggs by *Cophipora brevirostris*.

Figura 3. Depredación de huevos de *Agalychnis callidryas* por *Cophipora brevirostris*.

(19:00-23:00 h), efectuando búsquedas directas en cursos de agua, rocas, hojarasca y vegetación. Se completó un esfuerzo de muestreo total de 400 horas persona. Esta investigación forma parte del proyecto “Diversidad y estado de conservación de la herpetofauna asociada a la temporada seca y lluviosa en el Área Recreativa Lago Gatún, Colón, Panamá”, con registro CUF-2021-EG-CNET-003, otorgado por la Vicerrectoría de Investigación y Posgrado de la Universidad Panamá y permiso de colecta ARB-055-2021 del Ministerio de Ambiente de Panamá (MiAMBIENTE).

Las especies interactuantes en el caso de anfibios y reptiles, se identificaron utilizando literatura para especies de Centroamérica (Köhler, 2008; Köhler, 2011; Leenders, 2016). En cambio, para artrópodos se utilizó las claves taxonómicas de Nickle (1992) y Nentwig (1993) así como la revisión de especímenes, en el caso de la araña, en la colección del Laboratorio de Artrópodos Venenosos Diomedes Quintero, Universidad de

Panamá, para la determinación de la especie. Las descripciones de los eventos de depredación se realizaron basados en el lugar de avistamiento y el comportamiento de los individuos durante la observación. Por último, cada uno de los eventos antagónicos se documentaron fotográficamente con una cámara CANON Rebel T7 equipada con un lente EF-S 18-55mm IS II.

En ese sentido, se registró un individuo de *Cupiennius coccineus* F. O. Pickard-Cambridge, 1901 (Araneae: Trechaneidae) depredando un individuo de *Gonatodes albogularis* (Duméril & Bibron, 1836) a las 20:30 horas del 25 de febrero de 2022 (Fig. 1), en el sendero El Cariblanco, ambos individuos se encontraron en el haz de una hoja, a una altura aproximada de 1 metro sobre el suelo. La araña sostenía a la lagartija con sus quelíceros y pedipalpos; igualmente se observa la parte posterior del cuerpo de la lagartija semidigerida. Las especies del género *Cupiennius*, se conocen por presentar una dieta generalista, basada principalmente en

Table 2. List of predatory arthropods of *Anolis* spp. based on Reyes-Olivares et al. (2020).

Tabla 2. Listado de artrópodos depredadores de *Anolis* spp. basada en Reyes-Olivares et al. (2020).

Presa/especie	Etapas de desarrollo	Predador/familia	Predador/especie	Ataque documentado	País	Fuente
<i>Anolis chrysoplepis</i>	Juvenil	Ctenidae	<i>Ctenus</i> sp.	No	Guyana Francesa	de Massary & Ineich (1997)
<i>Anolis fuscoauratus</i>	Juvenil	Ctenidae	<i>Ctenus</i> sp.	No	Colombia	Medina-Rangel (2013)
<i>Anolis gundlachi</i>	n/a	Ctenidae	<i>Ctenus attleyi</i>	No	Puerto Rico	Clark & Gillingham (1990)
<i>Anolis humilis</i>	n/a	Ctenidae	No identificada	n/a	Costa Rica	Guyer (1988)
<i>Anolis humilis</i>	Juvenil	Ctenidae	<i>Kiekie curvipes</i>	Si	Costa Rica	Folt & Lapinski (2017)
<i>Anolis humilis</i>	Juvenil	Trechaleidae	<i>Cupiennius</i> sp.	No	Costa Rica	Folt & Lapinski (2017)
<i>Anolis limifrons</i>	n/a	Trechaleidae	<i>Cupiennius</i> sp.	No	Panamá	Bock & Quintero (1987)
<i>Anolis limifrons</i>	n/a	Salticidae	No identificada	No	Costa Rica	Losos (2011)
<i>Anolis porcatius</i>	Juvenil	Araneidae	<i>Argiope trifasciata</i>	No	Cuba	Armas & Alayón (1987)
<i>Anolis rodriguezi</i>	Macho adulto	Sparassidae	No identificada	No	México	García-Balderas et al. (2016)
<i>Anolis sagrei</i>	Juvenil	Araneidae	<i>Argiope trifasciata</i>	No	Cuba	De Armas & Alayón (1987)
<i>Anolis sagrei</i>	Macho juvenil	Trechaleidae	<i>Cupiennius cf. cubae</i>	No	Cuba	Fonseca & Rodríguez-Cabrera (2014)
<i>Anolis apletophallus</i>	Adulto	Tettigoniidae	<i>Copiphora brevirostris</i>	Si	Panamá	Este estudio

artrópodos (Nentwig, 1986). Sin embargo, algunos autores como Folt & Lapinski (2017) reportan entre las presas de *C. coccineus* algunas especies de ranas del género *Craugastor* Cope, 1862 y *Agalychnis* Cope, 1862, mientras que otros como Sosa-Bartuano & Ramos-Reyes (2015), Borroto-Páez & Reyes-Pérez (2020) y Reyes-Olivares et al. (2020) registran varios eventos antagónicos entre arañas y Gekkonidos (Tabla 1), sin mencionar alguno relacionado con este género. Este es el primer reporte de *C. coccineus* depredando individuos de *G. albogularis*.

Esa misma noche, a las 21:00 horas, se registró un segundo caso antagónico, un individuo de *Cophipora brevirostris* Stal, 1873 (Orthoptera: Tettigoniidae) depredando un individuo de *Anolis apletophallus* Köhler & Sunyer, 2008, en el sendero El Cariblanco (Fig. 2). El saltamontes sujetaba la lagartija utilizando sus patas anteriores y medias, mientras trituraba el cuerpo de su presa con sus piezas bucales. La presa mostraba signos de consumo parcial al momento del registro del evento. Aunque los tetigónidos en su mayoría son fitófagos, los saltamontes neotropicales pueden alimentarse tanto de plantas como también de presas pequeñas, estando esta tendencia fuertemente relacionada al tamaño y a la especie del saltamontes—por ejemplo, *Copiphora*—(ter Hofstede et al., 2020). Este registro representa el primero de *C. brevirostris* depredando un reptil (Tabla 2).

Por su parte, a las 22:00 horas del 23 de noviembre del 2021, se registró un tercer caso antagónico; un individuo de *C. brevirostris* depredando ovipositoras de *Agalychnis callidryas* (Cope, 1862). El evento ocurrió en el haz de una hoja, a dos metros sobre un cuerpo de agua temporal en el sendero El lago (Fig. 3). Anteriormente se ha documentado a *C. brevirostris* como depredador común de centrolenidos y sus huevos (Delia et al., 2017). En el caso de posturas de *A. callidryas*, al igual que otras especies dentro del género se ha reportado entre sus depredadores algunas especies de serpientes arborícolas, avispas, monos y larvas de moscas (Vargas et al., 2000; Ortega-Andrade, 2008; Ortega-Andrade et al., 2011; Amphibia Web, 2022). Este es el primer registro de *C. brevirostris* como depredador de huevos de *A. callidryas*.

Agradecimientos.— A la Universidad de Panamá por los fondos de investigación para desarrollar el proyecto CUF-2021-EG-CNET-003. Al Ministerio de Ambiente de Panamá por otorgar el permiso de colecta. A John Peralta, Velkis Castañeda, Verónica Smith y Kapriel Kai (Universidad de Panamá, CRU Colón) por su colaboración en las giras. A los guardaparques del ARLG por su amabilidad y disposición en apoyarnos durante las giras de investigación.

LITERATURA CITADA

- Almeida, M. Q., R. Sobral, A.M. da Silva-Neto & D.M.M. Mendes. 2019. *Hemidactylus mabouia* (Tropical House Gecko). Predation. *Herpetological Review* 50:577.
- Amphibia Web, 2022. University of California, Berkeley, CA, USA. <https://amphibiaweb.org/> [Consultado en 25 octubre 2022].
- Bock, B.C. & M. Quintero. 1987. *Anolis limifrons*. Predation. *Herpetological Review* 18:34.
- Clark, D.L. & J.C. Gillingham. 1990. Sleep-site fidelity in two Puerto Rican lizards. *Animal Behaviour* 39:1138-1148.
- Borroto-Páez, R., & D. Reyes Pérez. 2020. Predation by a Cuban treefrog (*Osteopilus septentrionalis*) and a domestic Cat (*Felis catus*) on tropical house geckos (*Hemidactylus mabouia*) in Central Cuba, with a review of predators and vertebrate prey of tropical house geckos. *Reptiles & Amphibians* 27:120-128.
- De Albuquerque, S. 2012. Natural History Notes. *Hemidactylus mabouia* (Wood Slave). Predation. *Herpetological Review* 43:646-647.
- de Armas, L.F. & G.G. Alayón. 1987. Observaciones sobre la ecología trófica de una población de *Argiope trifasciata* (Araneae: Araneidae) en el Sur de La Habana. *Poeyana* 344:1-18.
- De Massary, J.C. & I. Ineich. 1997. Un cas de prédation sur le lézard *Anolis nitens chrysolepis* Duméril et Bibron, 1837 (Squamata, Polychrotidae) par une araignée du genre *Ctenus* (Ctenidae) en Guyane Française. *Revue Française d'aquariologie (Nancy)* 24:93-94.
- Delia, J., L. Bravo-Valencia & K.M. Warkentin. 2017. Patterns of parental care in Neotropical glassfrogs: fieldwork alters hypotheses of sex-role evolution. *Journal of Evolutionary Biology* 30:898-914.
- Diesel, A., C.M. da Rosa & L. Malta. 2014. Predation of *Dendropsophus minutus* (Anura: Hylidae) by *Aglaotenus oblongus* (Araneae: Lycosidae). *Herpetology Notes* 7:605-606.
- Diniz, S. 2011. Predation and feeding on the tropical house gecko *Hemidactylus mabouia* (Squamata: Gekkonidae) by the giant orb-weaver spider *Nephilengys cruentata* (Araneae: Nephilidae). *Herpetology Notes* 4:357-358.
- Domínguez-Dela Riva, M.A. & R.A. Carbajal-Márquez. 2016. *Hemidactylus frenatus*. Predation. *Mesoamerican Herpetology* 3:724-725.

- Departamento de hidrometeorológica, Empresa de Transmisión eléctrica S. A. (ETESA). 2019. Mapa hidrogeológico de Panamá. <https://www.hidromet.com.pa/es/red-estaciones>. [Consultado en octubre de 2022].
- Folt, B. & W. Lapinski. 2017. New observations of frog and lizard predation by wandering and orb-weaver spiders in Costa Rica. *Phyllomedusa: Journal of Herpetology* 16:269-277.
- Fonseca, E. & T.M. Rodríguez-Cabrera. 2014. Predation on a Cuban Brown Anole, *Anolis sagrei* (Dactyloidae), by a spider, *Cupiennius cubae* (Ctenidae), in the Cienfuegos botanical garden, South-central Cuba. *Reptiles & Amphibians* 21:98-99.
- García-Balderas, C.M., J.R. Cedeño-Vázquez & R. Mineros-Ramírez. 2016. *Norops rodriguezii*. Predation. *Mesoamerican Herpetology* 3:147-148.
- Guyer, C. 1988. Food supplementation in a tropical mainland anole, *Norops humilis*: demographic effects. *Ecology* 69:350-361.
- Jędrzejewska, B. & W. Jędrzejewski. 2013. Predation in Vertebrate Communities: the Białowieża Primeval Forest as a Case Study. Springer Berlin, Heidelberg, Germany.
- Köhler, G. 2008. Reptiles of Central America. Herpeton, Verlag. Offenbach, Germany.
- Köhler, G. 2011. Amphibians of Central America. Herpeton, Verlag. Offenbach, Germany.
- Koski, D.A., A.P.V. Koski, L. Merçon & Y.F. Messas. 2013. *Hemidactylus mabouia* (Tropical House Gecko). Predation. *Herpetological Review* 44:509.
- Lanschi, F.A. & R.B. Ferreira. 2012. *Hemidactylus mabouia* (Tropical House Gecko). Predation. *Herpetological Review* 43:133-134.
- Leenders, T. 2016. Amphibians of Costa Rica: a Field Guide. Cornell University Press, California, USA.
- Losos, J.B. 2011. Lizards in an Evolutionary Tree: Ecology and Adaptive Radiation of Anoles. University of California Press, California, USA.
- Loveridge, A. 1947. Revision of the African lizards of the family Gekkonidae. *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology* 98:1-469.
- McNeely, J.A., K.R. Miller, W.V. Reid, R.A. Mittermeier & T. B. Werner. 1990. Conservación de la Diversidad Biológica del Mundo. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y los Recursos Naturales.
- Medina-Rangel, G. F. 2013. *Norops fuscoauratus* (Slender Anole). Predation. *Herpetological Review* 44:511-512.
- Moura, M.R. & L.P. Azevedo. 2011. Observation of predation of the giant fishing spider *Ancylometes rufus* (Walckenaer, 1837) (Araneae, Ctenidae) on *Dendropsophus melanargyreus* Cope, 1877 (Anura, Hylidae). *Biota Neotropical* 11:349-351.
- Nentwig, W. 1986. Arañas que no construyen telarañas: ¿especialistas en presas o generalistas? *Ecología* 69:571-576.
- Nentwig, W. 1993. Spiders of Panama: biogeography, investigation, Phenology, Check List, Key and Bibliography of a Tropical Spider Fauna. Sandhill Crane Press, Gainesville, Florida, USA.
- Nickle, D.A. 1992. Katyids of Panama (Orthoptera: Tettigoniidae). Pp. 142-184. En Quintero, D. & A. Aiello. (Eds). *Insects of Panama and Mesoamerica*. Oxford University Press, New York, USA.
- Nordberg, E.J., L. Edwards & L. Schwarzkopf. 2018. Terrestrial invertebrates: an underestimated predator guild for small vertebrate groups. *Food Webs* 15:e00080.
- Ortega-Andrade, H.M. 2008. *Agalychnis spurrelli* Boulenger (Anura: Hylidae): variación, distribución y sinonimia. *Papeis Avulsos de Zoología* 48:103-117.
- Ortega-Andrade, H.M., C. Tobar & M.M. Arellano. 2011. Tamaño poblacional, uso del hábitat y relaciones intraespecíficas de *Agalychnis spurrelli* (Anura: Hylidae) en un bosque húmedo tropical remanente del noroccidente de Ecuador. *Papeis Avulsos de Zoología* 51:1-19.
- Pianka, E.R. & L.J. Vitt. 2003. Lizards: Windows to the Evolution of Diversity. University of California Press, California, USA.
- Reyes-Olivares, C., A. Guajardo-Santibáñez, B. Segura, N. Zañartu, M. Penna & A. Labra. 2020. Lizard predation by spiders: A review from the Neotropical and Andean regions. *Ecology and Evolution* 10:10953-10964.
- Rocha, R., T. Almeida & A. López-Baucells. 2014. Field observation of an adult Lesser treefrog *Dendropsophus minutus* (Anura: Hylidae) being consumed by a neotropical *Lethocerus* sp. (Hemiptera: Belostomatidae) nymph. *Alytes* 31:37-39.

- Santos, A. J., A.D. Brescovit, M. de Oliveira-Tomasi, P. Russo & U. Oliveira. 2017. Curves, maps and hotspots: The diversity and distribution of araneomorph spiders in the Neotropics. Pp. 1-28. En C. Viera & M.O. Gonzaga (Eds.). Behaviour and Ecology of Spiders: Contributions From the Neotropical Region. Springer Berlin, Heidelberg, Germany.
- Sazima I. 2015. House Geckos (*Hemidactylus mabouia*) and an unidentified snake killed and devoured by army ants (*Eciton burchellii*). Herpetology Notes 8:527-529.
- Sosa-Bartuano, A. & K. Ramos-Reyes. 2015. Distribution notes and comments on the predation of the Mourning Gecko, *Lepidodactylus lugubris* (Duméril & Bibron, 1836), in Panama. Mesoamerican Herpetology. Miscellaneous Notes 2:375-376.
- ter Hofstede, H.M., L.B. Symes, S.J. Martinson, T. Robillard, P. Faure, S. Madhusudhana & R.A. Page. 2020. Calling songs of Neotropical katydids (Orthoptera: Tettigoniidae) from Panama. Journal of Orthoptera Research 29:137-201.
- Toledo, L.F. 2005. Predation of juvenile and adult anurans by invertebrates: current knowledge and perspectives. Herpetological Review 36:395-400.
- Uetz, P. (ed). 2022. The Reptile Database, <http://www.reptile-database.org>. [Consultado en octubre 2022].
- Valenzuela-Rojas, J.C., J.C. González-Gómez, G. Guevara, L.M. Franco, G. Reinoso-Flórez & L.F. Garcia. 2020. Notes on the feeding habits of a wandering spider, *Phoneutria boliviensis* (Arachnida: Ctenidae). The Journal of Arachnology 48:43-48.
- Valdez, J.W. 2020. Arthropods as vertebrate predator: a review of global patterns. Global Ecology and Biogeography 29:1691-1703.
- Vargas-S., F., L.M. Bolaños-B. & H. Berrio-E. 2000. Notas sobre la ecología reproductiva de *Agalychnis spurrelli* (Hylidae: Phyllomedusinae) en una población de Anchicayá, Pacífico colombiano. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas 24:85-99.



ANOMALIES IN AMPHIBIANS (ANURA: BUFONIDAE) FROM NORTHEASTERN BRAZIL

ANOMALÍAS EN ANFIBIOS (ANURA: BUFONIDAE) DEL NORESTE DE BRASIL

Bruno Alves de Sousa¹, Mariluce Gonçalves Fonseca¹ & Ronildo Alves Benício¹, *

¹Laboratório de Herpetologia e Parasitologia de Animais Silvestres, Universidade Federal do Piauí, Picos, Piauí, 64607-670, Brazil.

*Correspondence: benicio.herpeto@gmail.com

Received: 2023-08-25. Accepted: 2023-10-17. Published: 2023-11-03.

Editor: Adriana Manzano, Argentina.

Resumen.– Se han informado anomalías en poblaciones naturales de anfibios de más de 400 especies de todo el mundo. Estas anomalías son difíciles de registrar, principalmente porque sus hallazgos suelen ser fortuitos, y aún escasos para la mayoría de especies y regiones. Aquí presentamos tres nuevos registros de anomalías morfológicas en bufónidos del noreste de Brasil. Este es el primer estudio que reporta anomalías oculares (anofthalmia y catarata) en *Rhinella diptycha* y el primer reporte de una anomalía en *Rhinella mirandaribeiroi* en Brasil.

Palabras clave.– Anormalidades morfológicas, bufónidos, *Rhinella diptycha*, *Rhinella mirandaribeiroi*, estado de Piauí, Brasil.

Abstract.– Anomalies in natural amphibian populations have been reported for over 400 species from around the world. These anomalies are difficult to register and their observations are still scarce for most species and regions, due mainly to their fortuitous nature. Here, we present three new records of morphological anomalies in bufonids from northeastern Brazil. This is the first study to report ocular anomalies (anophthalmia and cataract) in *Rhinella diptycha* and the first report of an anomaly in *Rhinella mirandaribeiroi* in Brazil.

Keywords.– Morphological abnormalities, bufonids, *Rhinella diptycha*, *Rhinella mirandaribeiroi*, state of Piauí, Brazil.

Amphibians are considered the most endangered class of vertebrates in the world, with 41% of its species threatened with extinction (Luedtke et al., 2023). Because they have highly vascularized skin and a life cycle that, in general, requires a transition between aquatic and terrestrial environments, amphibians are highly vulnerable to diseases, parasites, predators and environmental pollution. These factors can significantly increase the risk of anomalies in amphibians (Johnson et al., 2002; Kiesecker et al., 2004; Taylor et al., 2005; Johnson et al., 2006; Henle et al., 2017a; Haas et al., 2018; Herek et al., 2020; Rebouças et al., 2021). Thus, high rates of anomalies could pose a serious problem for amphibian populations around the world, accelerating the decline of already threatened and vulnerable species (Johnson et al., 2001).

Rhinella diptycha (Cope, 1862) is a large species (~ 171 mm, Stevaux, 2002), widely distributed in Brazil (Frost, 2023). It has a generalist and opportunistic diet, feeding on a wide variety of items, including fruits and congener species, because it also

practices anurophagy and cannibalism (da Silva et al., 2010; Fonseca et al., 2018; Severgnini et al., 2020; Benício, 2021; Costa & Brito, 2022). In northeastern Brazil, it is one of the amphibian species with the highest number of associated parasites (Benício et al., 2022), including blood parasites (Úngari et al., 2022).

Rhinella mirandaribeiroi (Gallardo, 1965) is a medium-sized species (~ 60 mm, Narvaes & Rodrigues, 2009), widely distributed in the Cerrado biome, but also occurring in Cerrado enclaves in the Amazon, ecotonal areas and in the Caatinga *sensu stricto* (de Pina et al., 2015; Benício et al., 2015). Found in open areas, *R. mirandaribeiroi* exhibits an explosive reproduction in permanent or temporary pools (Narvaes & Rodrigues, 2009). It has been reported to be infected with blood parasites (Úngari et al., 2022).

In this study, we present three records of morphological anomalies in *Rhinella diptycha* and *Rhinella mirandaribeiroi* from northeastern Brazil. We followed the classification of morphological abnormalities according to Henle et al. (2017b).

These species are common in the region and were identified based on morphological characters described in specialized literature (i.e., Stevaux, 2002; Narvaes & Rodrigues, 2009). There are no other similar species to *R. diptycha* in the region. *Rhinella granulosa* (Spix, 1824) is similar to *R. mirandaribeiroi*, however, the latter has a white line along the entire back (Fig. 1). After the observations, all individuals were released in their original habitats. For comparison purposes, we have included

photos of specimens without anomalies in all the tables. The first record was observed on November 14, 2020 at 22:38 h, in the municipality of Barras (4°15'12" S, 42°17'46" W), northern region of the state of Piauí, northeastern Brazil. An individual of *Rhinella mirandaribeiroi* was observed presenting an anomaly (amely) in the two posterior limbs (Fig. 1). Given that we did not collect this individual, we cannot support a hypothesis of congenital anomaly. On the other hand, an unsuccessful predation event

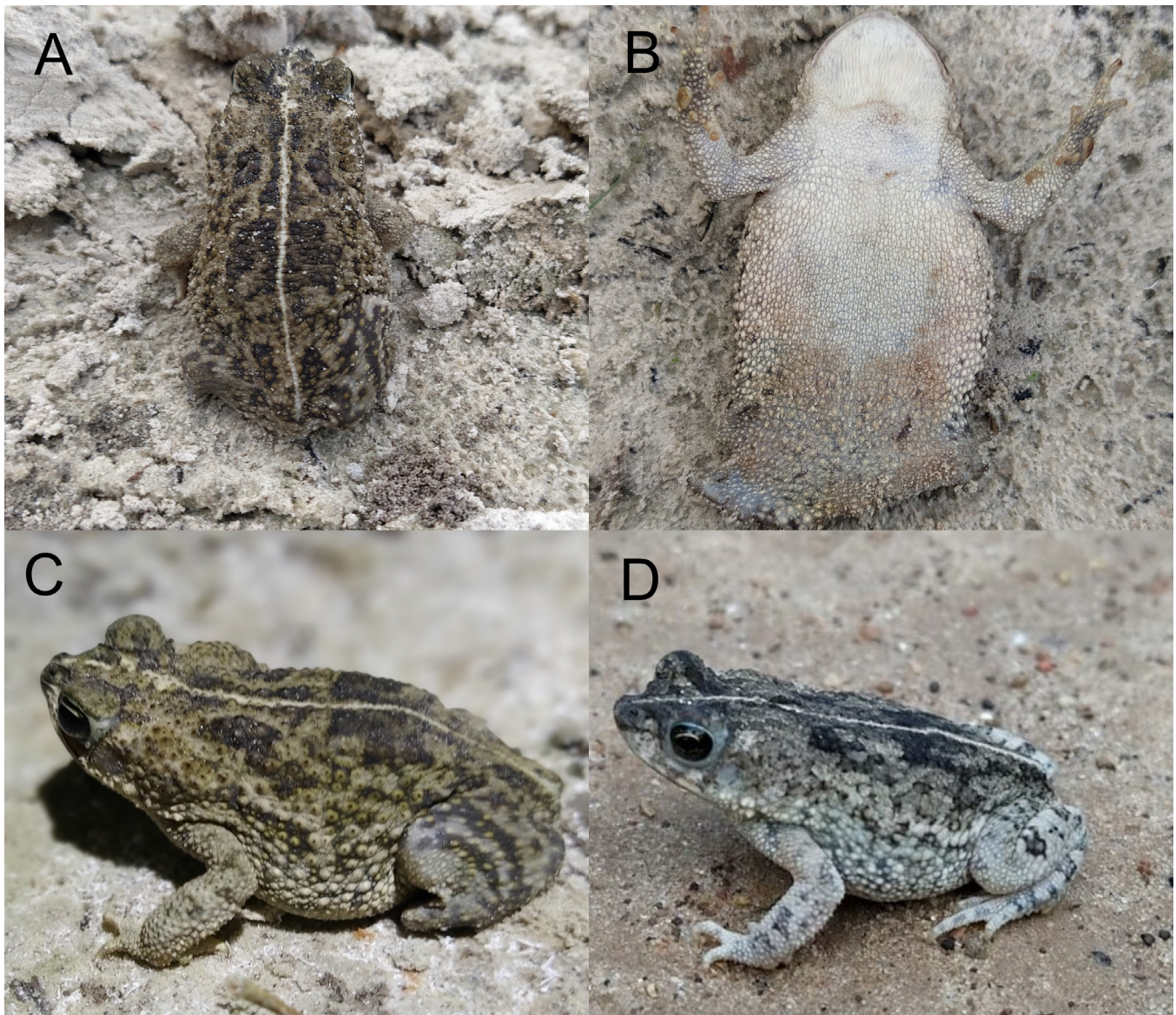


Figura 1. Individuo de *Rhinella mirandaribeiroi* que presenta malformación en las extremidades posteriores (amelia). (A) vista dorsal, (B) vista ventral, (C) vista lateral, (D) Individuo con extremidades posteriores normales.

Figure 1. Individual of *Rhinella mirandaribeiroi* presenting malformation in the hind limbs (amely). (A) dorsal view, (B) ventral view, (C) lateral view, (D) Individual with normal hind limbs.

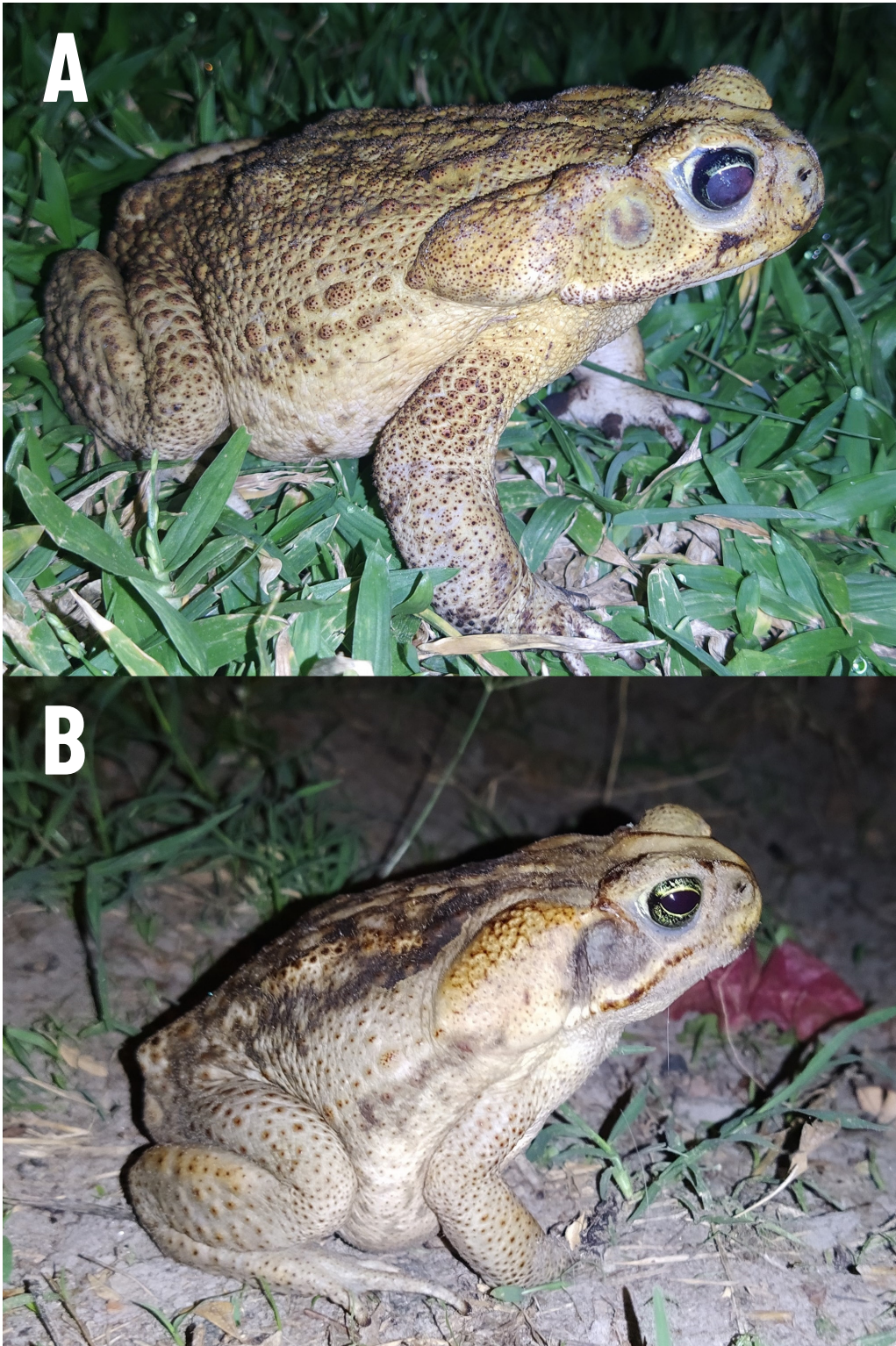


Figura 2. A - Individuo de *Rhinella diptycha* que presenta malformación ocular (catarata). B - Individuo de *Rhinella diptycha* con ojo normal.
Figure 2. A - Individual of *Rhinella diptycha* presenting ocular malformation (cataract). B - Individual of *Rhinella diptycha* with normal eye.

could also be a possible explanation for this abnormality. In fact, recent records (Benício, 2021) have shown that this species can be predated and eventually consumed by other larger bufonid species that are present in the same area, for example *Rhinella diptycha*.

The second record was observed on January 7, 2021 at 21:02 h, also in the municipality of Barras (4°15'13" S, 42°17'46" W), state of Piauí, northeastern Brazil. An individual of *Rhinella diptycha* was observed with ocular anomaly, appearing as cataract (Fig. 2). This individual seemed to be unwell, lethargic and thin for his size. We hypothesize that parasitism is a possible explanation for this ocular anomaly.

The third record was observed on February 1st, 2023 at 19:18 h, in the municipality of Picos (7°04'54" S, 41°26'10" W), south-central region of the state of Piauí, northeastern Brazil. An individual of *Rhinella diptycha* was observed to have an ocular anomaly (anophthalmia) in the left eye (Fig. 3). Note that the specimen's nostril is also injured (Fig. 3C). Most likely, this ocular anomaly is due to an unsuccessful attempt of predation or even an injury caused by humans – in the latter case, this suggests the urgent need for environmental education work on amphibians. Personally, we have frequently observed people's disregard for amphibians in the region. These observations corroborate previous findings, where the death of amphibians caused by human aversion can have serious impacts at a local level, especially in populations that occur in urbanized areas (Deutsch et al., 2021). A week later, we found again this specimen, foraging in the same location and consuming insects that moved on the ground. The eye looked more scarred and the animal was leaner compared to the previous week and to other individuals from the same location.

Anomalies in natural amphibian populations have been reported for over 400 species from around the world (Henle et al., 2017a). Specifically ocular anomalies, several abnormalities have been recorded in bufonid species. For example, anophthalmia in *Rhinella crucifer* (Wied-Neuwied, 1821), *Rhinella icterica* (Spix, 1824) (Haddad et al., 1990), *Incilius occidentalis* (Camerano, 1879) (Castro-Torreblanca and Blancas-Calva, 2021), *Rhinella proboscidea* (Spix, 1824) (Souza et al., 2021) and *Rhinella horribilis* (Wiegmann, 1833) (Bastidas et al., 2022), hyperxanthism, opacity or whitened eye in *Peltophryne taladai* (Schwartz, 1960) (Bosch and Marrero, 2020), microphthalmia in *Bufo bufo* (Linnaeus, 1758), corectopy and dyscoria in *Bufo viridis* (Laurenti, 1768) (Szkudlarek, 2020), and black-eyed and cataract in *Rhinella ornata* (Spix, 1824) (Souza et al., 2021; Guarabyra et al., 2023). On the other hand, although limb anomalies are one of the



Figure 3. Individuo de *Rhinella diptycha* que presenta malformación ocular (anofthalmia). A – vista lateral (ausencia de ojo izquierdo), B – vista lateral (ojo derecho normal), C – vista frontal (tenga en cuenta que las narinas del ejemplar también están lesionadas).

Figure 3. Individual of *Rhinella diptycha* presenting ocular malformation (anophthalmia). A – side view (absence of left eye), B – side view (normal right eye), C – front view (note that the specimen's nostril is also injured).

most common abnormalities in amphibians (Souza et al., 2021), the total absence of a limb (amely) has been rarely reported in bufonids: *Peltophryne florentinoi* (Moreno & Rivalta, 2007) (Bosch et al., 2021) and *Rhinella marina* (Linnaeus, 1758) (Souza et al., 2021). In Brazil, the Bufonidae family has been the third one with the highest number of records of anomalies (preceded by Hylidae and Leptodactylidae) and several species of the genus *Rhinella* have been registered with anomalies (Souza et al., 2021). Despite this, this is the first study to report ocular anomalies (anophthalmia and cataract) for *Rhinella diptycha* in the mainland (for island populations see Toledo & Ribeiro, 2010; Toledo et al., 2014; Rebouças et al., 2021) and this is the first report of an anomaly in *Rhinella mirandaribeiroi* in Brazil.

Several studies have described some type of anomaly in amphibians and its importance in the decline of populations (e.g., Ouellet, 2000; Cohen Jr., 2001; Kiesecker et al., 2004; Henle et al., 2017a; Herek et al., 2020). Although *Rhinella diptycha* and *R. mirandaribeiroi* are nationally assessed as least concern (ICMBio, 2018), locally populations have been recorded with high rates of fungi occurrences (Bd), parasites and anomalies (Benício et al., 2019; Benício et al., 2022; this study). The combination of the high vulnerability of amphibians to diseases and their pathogens, the records of anomalies and the risk of extinction of local populations reinforce the importance of natural history studies to better understand these relationships and their consequences. Thus, we recommend that further studies should assess the extent of these findings and the environmental quality of the study areas where these abnormalities are more frequent, in order to evaluate their impact on local amphibian populations and to propose conservation measures.

Acknowledgements.– We thank the Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico Tecnológico – CNPq and Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Piauí – FAPEPI for financial support (Proc. 301239/2022-3).

CITED LITERATURE

- Bastidas, H.A.C., B. Miranda-Ángulo & A. Valdez-Montoya. 2022. Ocular abnormality in a Mesoamerican Cane Toad, *Rhinella horribilis* (Anura: Bufonidae), in Sinaloa, Mexico. *Reptiles & Amphibians* 29:155-156.
- Benício, R.A., R.S. dos Santos, S.M. Freire, R.W. Ávila, R.J. da Silva & M.G. Fonseca. 2022. Diversity of helminth parasites in amphibians from northeastern Brazil. *Biologia* 77:2571-2579.
- Benício, R.A. 2021. Predation attempt on Miranda Ribeiro's Toad, *Rhinella mirandaribeiroi* (Anura: Bufonidae) by Cope's Toad *Rhinella diptycha* (Anura: Bufonidae), and a review of batracophagy in Brazil. *Reptiles & Amphibians* 28:191-196.
- Benício, R.A., T. Carvalho, M.D. Barbosa, J.D.M. Costa, F.C. da Silva & M.G. Fonseca. 2019. Worrying News for Brazilian Caatinga: prevalence of *Batrachochytrium dendrobatidis* in Amphibians. *Tropical Conservation Science* 12:1-6.
- Benício, R.A., G.R. Silva & M.G. Fonseca. 2015. Anurans from a Caatinga area in state of Piauí, northeastern Brazil. *Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão* 37:207-217.
- Bosch, R.A., A.H. Marrero, J.L.L. Echevarría, I.H. Estrada, L.G. Castillo & A.D.T. Quintana. 2021. Limb abnormalities in *Peltophryne florentinoi* (Anura: Bufonidae) from Cuba. *Phyllomedusa* 20:117-123.
- Bosch, R.A. & A.H. Marrero. 2020. Deformities in the Cuban spotted toad *Peltophryne taladai*: a rare case of abnormal eyes. *The Herpetological Bulletin* 154:23-25.
- Castro-Torreblanca, M. & E. Blancas-Calva. 2021. Anophthalmia in a juvenile Pine Toad, *Incilius occidentalis* (Anura: Bufonidae), from Laguna de Tixtla, Guerrero, Mexico. *Reptiles & Amphibians* 28:22-23.
- Costa, R.D.L. & W.J.B. de Brito. 2022. Relações interespecíficas da família Bufonidae (Amphibia, Anura): registro de necrofagia envolvendo a espécie *Rhinella diptycha* (Cope, 1862). *Research, Society and Development* 11:e25811427366.
- Cohen Jr., M.M. 2001. Frog decline, frog malformations, and a comparison of frog and human health. *American Journal of Medical Genetics* 104:101-109.
- Da Silva, L.A.M., E.M. dos Santos & F.O. de Amorim. 2010. Predação oportunística de *Molossus molossus* (Pallas, 1766) (Chiroptera: Molossidae) por *Rhinella jimi* (Stevaux, 2002) (Anura: Bufonidae) na Caatinga, Pernambuco, Brasil. *Biotemas* 23:215-218.
- De Pina, L.F., A.R. Morais & C.P.A. Prado. 2015. *Rhinella mirandaribeiroi* (Gallardo, 1965) (Amphibia: Anura: Bufonidae): distribution extension and new state record. *Check List* 11:1654-1654.
- Deutsch, C., J. Grisolia, D. Bilenca & M. G. Agostini. 2021. Human attitudes as threats in amphibians: the case of the Ornate Horned Frog (*Ceratophrys ornata*). *Human Dimensions of Wildlife* 26:210-227.

- Fonseca, M.G., A.N.E. Silva, T.R. Freitas, R.B. Vieira & F. Maffei. 2018. Predation of *Rhinella granulosa* by another bufonid, *Rhinella jimi* (Amphibia: Bufonidae) in Northeastern Brazil. *Herpetologia Brasileira* 7:72-74.
- Frost, D.R. 2023. Amphibian Species of the World: an Online Reference. Version 6.2. <https://amphibiansoftheworld.amnh.org/index.php>. American Museum of Natural History, New York, USA. [Accessed in August 2023]
- Guarabyra, B., A.M. Bezerra & S.P. Carvalho-e-Silva. 2023. Records on morphological abnormalities in two *Rhinella* species from southeastern Brazil (Amphibia: Anura). *Herpetology Notes* 16:91-94.
- Haas, S.E., M.K. Reeves, A.E. Pinkney & P.T.J. Johnson. 2018. Continental-extent patterns in amphibian malformations linked to parasites, chemical contaminants, and their interactions. *Global Change Biology* 24:e275-e288.
- Haddad, C.F.B., A.J. Cardoso & L.M. Castanho. 1990. Híbridação natural entre *Bufo ictericus* e *Bufo crucifer* (Amphibia: Anura). *Revista Brasileira de Biologia* 50:739-744.
- Henle, K., A. Dubois & V. Vershinin. 2017a. A review of anomalies in natural populations of amphibians and their potential causes. *Mertensiella* 25:57-164.
- Henle, K., A. Dubois & V. Vershinin. 2017b. Commented glossary, terminology and synonymies of anomalies in natural populations of amphibians. *Mertensiella* 25:9-48.
- Herek, J.S., L. Vargas, S.A.R. Trindade, C.F. Rutkoski, N. Macagnan, P.A. Hartmann & M.T. Hartmann. 2020. Can environmental concentrations of glyphosate affect survival and cause malformation in amphibians? Effects from a glyphosate-based herbicide on *Physalaemus cuvieri* and *P. gracilis* (Anura: Leptodactylidae). *Environmental Science and Pollution Research* 27:22619-22630.
- ICMBio. 2018. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção: Volume I. ICMBio / MMA, Brasília, Brasil.
- Johnson, P.T.J., E.R. Preu, D.R. Sutherland, J.M. Romansic, B. Han & A.R. Blaustein. 2006. Adding infection to injury: synergistic effects of predation and parasitism on amphibian malformations. *Ecology* 87:2227-2235.
- Johnson, P.T.J., K.B. Lunde, E.M. Thurman, E.G. Ritchie, S.N. Wray, D.R. Sutherland & A.R. Blaustein. 2002. Parasite (*Ribeiroia ondatrae*) infection linked to amphibian malformations in the western United States. *Ecological Monographs* 72:151-168.
- Johnson, P.T.J., K.B. Lunde, R.W. Haight, J. Bowerman & A.R. Blaustein. 2001. *Ribeiroia ondatrae* (Trematoda: Digenea) infection induces severe limb malformations in western toads (*Bufo boreas*). *Canadian Journal of Zoology* 79:370-379.
- Kiesecker, J.M., L.K. Belden, K. Shea & M.J. Rubbo. 2004. Amphibian decline and emerging disease: what can sick frogs teach us about new and resurgent diseases in human populations and other species of wildlife?. *American Scientist* 92:138-147.
- Luedtke, J.A., J. Chanson, K. Neam, L. Hobin, A.O. Maciel, A. Catenazzi, A. Borzée, A. Hamidy, A. Aowphol, A. Jean, A. Sosa-Bartuano, A. Fong G., A. de Silva, A. Fouquet, A. Angulo, A.A. Kidov, A.M. Saravia, A.C. Diesmos, A. Tominaga, B. Shrestha, B. Gratwicke, B. Tjaturadi, C.C. M. Rivera, C.R.V. Almazán, C. Señaris, S. R. Chandramouli, C. Strüssmann, C.F.C. Fernández, C. Azat, C.J. Hoskin, C. Hilton-Taylor, D.L. Whyte, D.J. Gower, D.H. Olson, D.F. Cisneros-Heredia, D.J. Santana, E. Nagombi, E. Najafi-Majd, E.S.H. Quah, F. Bolaños, F. Xie, F. Brusquetti, F.S. Álvarez, F. Andreone, F. Glaw, F.E. Castañeda, F. Kraus, G. Parra-Olea, G. Chaves, G.F. Medina-Rangel, G. González-Durán, H.M. Ortega-Andrade, I.F. Machado, I. Das, I.R. Dias, J.N. Urbina-Cardona, J. Crnobrnja-Isailović, J.H. Yang, J. Jianping, J. T. Wangyal, J.J.L. Rowley, J. Measey, K. Vasudevan, K.O. Chan, K.V. Gururaja, K. Ovaska, L.C. Warr, L. Canseco-Márquez, L.F. Toledo, L.M. Díaz, M.M.H. Khan, M. Meegaskumbura, M.E. Acevedo, M.F. Napoli, M.A. Ponce, M. Vaira, M. Lampo, M.H. Yáñez-Muñoz, M.D. Scherz, M.O. Rödel, M. Matsui, M. Fildor, M.D. Kusirini, M.F. Ahmed, M. Rais, N.G.G. Kouamé, N. García, N.L. Gonwouo, P.A. Burrowes, P.Y. Imbun, P. Wagner, P.J.R. Kok, R.L. Joglar, R.J. Auguste, R.A. Brandão, R. Ibáñez, R. von May, S.B. Hedges, S.D. Biju, S.R. Ganesh, S. Wren, S. Das, S.V. Flechas, S.L. Ashpole, S.J. Robleto-Hernández, S.P. Loader, S.J. Incháustegui, S. Garg, S. Phimmachak, S.J. Richards, T. Slimani, T. Osborne-Naikatini, T.P.F. Abreu-Jardim, T.H. Condez, T.R. De Carvalho, T.P. Cutajar, T.W. Pierson, T.Q. Nguyen, U. Kaya, Z. Yuan, B. Long, P. Langhammer & S.N. Stuart. 2023. Ongoing declines for the world's amphibians in the face of emerging threats. *Nature* 622:308-314.
- Narvaes, P. & M.T. Rodrigues. 2009. Taxonomic revision of *Rhinella granulosa* species group (Amphibia, Anura, Bufonidae), with a description of a new species. *Arquivos de Zoologia* 40:1-73.



- Ouellet, M. 2000. Amphibian deformities: current state of knowledge. Pp. 617-661. In D.W. Sparling, G. Linder & C.A. Bishop (Eds.), *Ecotoxicology of Amphibians and Reptiles*, Society of Environmental Toxicology and Chemistry, Pensacola, USA.
- Rebouças, R., C.G. Becker, J.P. Bacon & L.F. Toledo. 2021. Anthropogenic habitat modification linked to deformities in Cururu Toads from Fernando de Noronha. *Salamandra* 57:389-399.
- Severgnini, M.R., M.M. de Toledo, M. Pedrozo, K. Ceron & D.J. Santana. 2020. Acerola fruit: An unusual food item for the Cururu toad *Rhinella diptycha* (Cope, 1862) (Anura: Bufonidae). *Herpetology Notes* 13:7-10.
- Souza, F.C., A.L.F. da Silva, C.S. dos Anjos, T.F. Estevinho, M.O. Lisboa & M. Menin. 2021. New anomaly records in anurans, with a review for Brazil. *Herpetology Notes* 14:31-41.
- Stevaux, M.N. 2002. A new species of *Bufo* Laurenti (Anura, Bufonidae) from northeastern Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia* 19:235-242.
- Szkudlarek, M. 2020. Ocular anomalies in four species of European toad. *The Herpetological Bulletin* 154:26-28.
- Taylor, B., D. Skelly, L.K. Demarchis, M.D. Slade, D. Galusha & P.M. Rabinowitz. 2005. Proximity to pollution sources and risk of amphibian limb malformation. *Environmental Health Perspectives* 113:1497-1501.
- Toledo, L.F. & R.S. Ribeiro. 2010. The Archipelago of Fernando de Noronha: an intriguing malformed toad hotspot in South America. *EcoHealth* 6:351-357.
- Tolledo, J., E.T. Silva, C.H.L. Nunes-de-Almeida & L.F. Toledo. 2014. Anomalous tadpoles in a Brazilian oceanic archipelago: implications of oral anomalies on foraging behaviour, food intake and metamorphosis. *The Herpetological Journal* 24:237-243.
- Úngari, L.P., E.C. Netherlands, A.L.Q. Santos, E.P. de Alcantara, E. Emmerich, R.J. da Silva & L.H. O'Dwyer. 2022. Diversity of Haemogregarine Parasites Infecting Brazilian Anurans, with a description of new species of *Dactylosoma* (Apicomplexa: Adeleorina: Dactylosomatidae). *Acta Parasitologica* 67:1740-1755.



ISTHMIAN CENTRAL AMERICAN FROGS WITH DIFFERENT BIOFLUORESCENCE PATTERNS

RANAS DEL ISTMO CENTROAMERICANO CON DIFERENTES PATRONES DE BIOFLUORESCENCIA

Mirna G. García-Castillo & M. Delia Basanta

Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, Coyoacán, Ciudad de México, México

**Correspondence: mirna_garcia@ciencias.unam.mx*

Received: 2023-08-02. **Accepted:** 2023-10-25. **Published:** 2023-11-28.

Editor: Adrian García-Rodríguez, Costa Rica.

Resumen.— La biofluorescencia se refiere al brillo fluorescente en colores azules, verdes y rojos que emiten los organismos cuando son expuestos a la luz azul o ultra-violeta. Este fenómeno ha sido documentado en diversos grupos animales, siendo el hallazgo más reciente en anfibios. La función de la biofluorescencia en anfibios aún es desconocida, aunque se hipotetiza que puede estar asociada a la selección sexual, comunicación y agudeza visual. En este trabajo se describen los patrones biofluorescentes de seis especies de anuros en Centroamérica istmica. Asimismo, se mencionan cinco especies que no reaccionaron con fluorescencia ante el estímulo de luz azul. Debido a que en algunos trabajos existen discordancias con respecto a la presencia o ausencia de biofluorescencia entre especies, recomendamos el uso de luz azul de 440–460 nm y un filtro amarillo #12, los cuales se han probado exitosamente para la detección de biofluorescencia en anfibios.

Palabras clave.— Fluorescencia, anfibios, luz azul, Costa Rica, Panamá.

Abstract.— Biofluorescence is the fluorescent glow in blue, green, and red colors that organisms emit when exposed to blue or ultra-violet light. This phenomenon has been documented in different animal groups, the most recent finding being in amphibians. The function of biofluorescence in amphibians is still unknown, although it is hypothesized that it may be associated with sexual selection, communication, and visual acuity. In this work, we described the biofluorescence patterns for six species of anurans occurring in Isthmian Central America. Likewise, five species that did not react with fluorescence to the stimulus of blue light are also mentioned. Because in some works there are inconsistencies regarding the presence or absence of biofluorescence between species, we recommend the use of blue light of 440–460 nm and a yellow #12 filter, which have been successfully tested for the detection of biofluorescence in amphibians.

Keywords.— fluorescence, amphibians, blue light, Costa Rica, Panama.

Biofluorescence is a bright displayed in organisms exposed to blue or ultra-violet light, thus is observed in fluorescent colors (blues, greens, and reds). This phenomenon is physically explained by the higher energy wavelengths of light that are absorbed and reemitted at lower energy wavelengths (Taboada et al., 2017, 2017b). Hypothesized functions for biofluorescence include sexual selection (Arnold et al., 2002), visual communication (Marshall & Johnsen, 2017), camouflage (Claes & Mallefet, 2008), prey attraction (Haddock et al., 2005), and mimicry (Kohler et al., 2019). The biofluorescence has been mainly documented in arthropods (Gaffin et al., 2012), birds (Arnold et al., 2002), cnidarians (Salih et al., 2000), fishes (Sparks et al., 2014), mammals (Kohler et al., 2019), reptiles

(Prötzel et al., 2018), and recently in amphibians (Taboada et al., 2017a, 2017b; Lamb & Davis, 2020).

In amphibians, biofluorescence has been reported for the three orders: anurans, salamanders and caecilians. Nevertheless, the evidence remains restricted to 16 families, and 46 species, which represent 0.5% (AmphibiaWeb, 2023) of the total amphibian diversity (Taboada et al., 2017b; Deschepper et al., 2018; Gray, 2019; Chavez-Acuña et al., 2020; Lamb & Davis, 2020; Whitcher, 2020; Marjan et al., 2022; Cox & Fitzpatrick, 2023; Kong et al., 2023). However, some species do not respond to ultra-violet or blue light (Thompson et al., 2019; Marjan et al., 2022). In most cases, biofluorescence is just reported as visual

Tabla 1. Patrones de biofluorescencia en especies de anuros de Panamá (P) y Costa Rica (CR) por exposición a luz azul. Especie, familia, color y breve descripción de la fluorescencia. Los términos de patrones se basan en el catálogo de colores de Köhler (2012).

Table 1. Biofluorescence patterns in anuran species of Panama (P) and Costa Rica (CR) by exposure to blue excitation light. Species, family, color, and a short fluorescence description. Patterns terms are based on Köhler (2012) color catalogue.

Species	Family	Color	Pattern	Country
<i>Craugastor fitzingeri</i>	Craugastoridae	Green	Dorsal green marks surrounding dark coloration patterns /Lateral suffusion / Uniform in lower ventral.	CR
<i>Diasporus diastema</i>	Eleutherodactylidae	Green	Dorsal reticulum / Green bones and jaw with ventral stipples	CR
<i>Boana rufitela</i>	Hylidae	Green	Dorsal uniform green	CR
<i>Smilisca manisorum</i>	Hylidae	Red / Green	Red dorsal flecks / Ventral suffusion in green	CR
<i>Engystomops pustulosus</i>	Leptodactylidae	Green / Orange	Dorsal suffusion / Upper ventral in green and tubercules in orange.	P
<i>Pristimantis ridens</i>	Strabomantidae	Green	Dorsal suffusion / green bones and jaw in ventral view	CR

records and/or quantifying the intensity with a spectrometer. However, the physiological causes of fluorescence production have been documented only for *Boana punctata*, where was discovered that the pigmentary skin cells emerge from lymph and glandular structures (Taboada et al., 2017a). Its function in amphibians is still unknown, and some hypotheses include sexual selection, visual communication (Lamb & Davis, 2020; Cox & Fitzpatrick, 2023), and improved visual acuity (Taboada et al., 2017a). According to this lack of knowledge regarding biofluorescence in amphibians, further efforts to report and investigate the presence and function of biofluorescence are necessary.

In this study, we briefly explore two sites in 2023; one in Panama (Gamboa; 9.120584 N, 79.693988 W, 57 m a.s.l.) on April 7th, and the second in Costa Rica (Heredia Province; 10.429947 N, 84.006142 W, 59 m a.s.l.) on May 2 to 7th. Both sites correspond to secondary forests and the surveys were conducted on designed trails in these areas. We did visual searching during the night, and every anuran found was exposed to blue excitation light (Nightsea Xite Flashlight, 440–460 nm) and observed with yellow barrier filter glasses (Lamb & Davis, 2020). When anurans showed brightness, they were photographed dorsally and ventrally using a digital Lumix DC-FZ80 Panasonic camera with a Tiffen #12 Yellow Filter. Color fluorescence pattern of each individual photograph was analyzed according to Köhler (2012).

We observed eleven anuran species from seven families: Bufonidae, Craugastoridae, Dendrobatidae, Eleutherodactylidae, Hylidae, Leptodactylidae, and Strabomantidae. We found different patterns of biofluorescence in six species (Table 1). The species that did not show biofluorescence were *Rhaebo haematiticus* (Bufonidae), *Rhinella horribilis* (Bufonidae), *Craugastor bransfordii* (Craugastoridae), and *Oophaga pumilio* (Dendrobatidae) from Costa Rica, and *Rhinella alata* from Panama.

The greenest brightness was shown in *Engystomops pustulosus* (Leptodactylidae) (Fig. 1B-C), in which the individuals showed fluorescence in the dorsal area. Particularly, this species was emitting breeding calls in a small puddle (1.5 m x 1.5 m approx.), and the visualization was difficult despite the calls. But, when we used the blue light, the individuals were easily seen (7 approx.) showing a clear fluorescent pattern that stood out from the ground. Similarly, breeding calls were heard when we found individuals of *Diasporus diastema* (Eleutherodactylidae). This species showed a dorsally reticular pattern of biofluorescence that contrasts with the pale coloration that characterizes this species (Fig. 1D-F). In contrast, *Craugastor fitzingeri* (Craugastoridae) showed light biofluorescence laterally (Fig. 1H), but it was concentrated on the lower ventral surface (Fig. 1I). *Boana rufitela* (Hylidae) showed a dorsal bright green glow (Fig. 2B), which is very similar to the biofluorescence reported for its congener

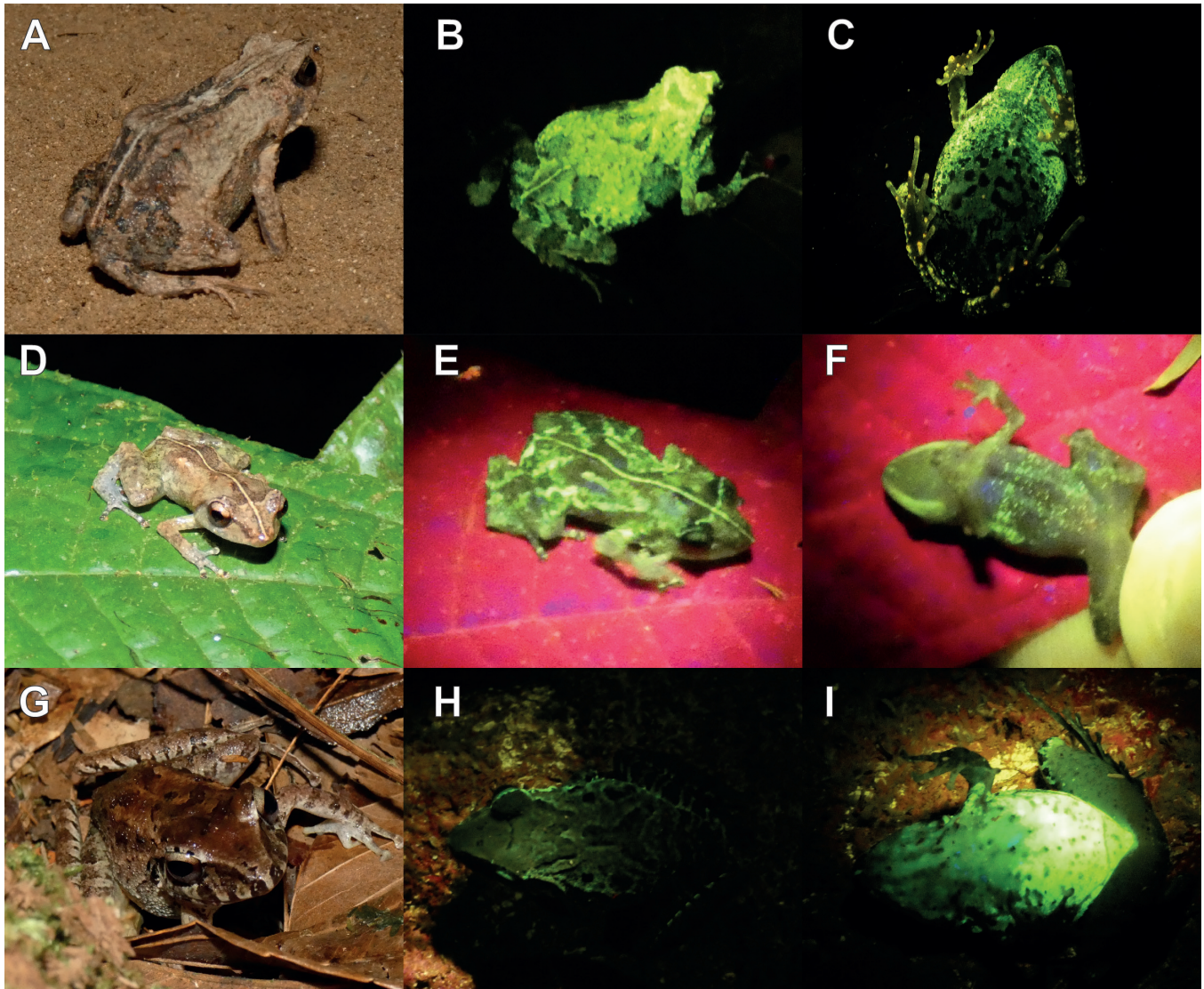


Figura 1. Fotografías de anuros centroamericanos bajo luz blanca (primera columna) y luz azul (segunda y tercera columna). El orden es según la intensidad de brillo observada (alto a bajo). *Engystomops pustulosus* (A, B, C), *Diasporus diastema* (D, E, F) y *Craugastor fitzingeri* (G, H, I).

Figure 1. Photographs of Central American anurans under white light (first column) and blue light (second and third column). The order is according to the brightness intensity observed (high to low). *Engystomops pustulosus* (A, B, C), *Diasporus diastema* (D, E, F) and *Craugastor fitzingeri* (G, H, I).

Boana punctata (Nowogrodzki, 2017; Taboada et al., 2017a). The ventral view of *B. rufitela* was not examined. *Smilisca manisorum* (Hylidae) presented a weak dorsal fluorescence with some red spots (Fig. 2D), but green spread ventrally (Fig. 2E). Finally, *Pristimantis ridens* (Strabomantidae) showed a soft dorsal green suffusion that seems more notable in the flanks (Fig. 2G), but the bones were green bright in the ventral view (Fig. 2H).

Our results add new records of biofluorescence in anuran species of Isthmian Central America. Especially, species

belonging to the families Eleutherodactylidae, Craugastoridae, and Strabomantidae which had not been surveyed previously. We observed different patterns and intensities in fluorescence, which *Engystomops pustulosus* and *Diasporus diastema* showed the most intense brightness (Fig. 1A-F). We also found two species from the family Hylidae that displayed very different fluorescence patterns. This suggests that fluorescence variation should be evaluated in lower taxonomic hierarchies and in different families.

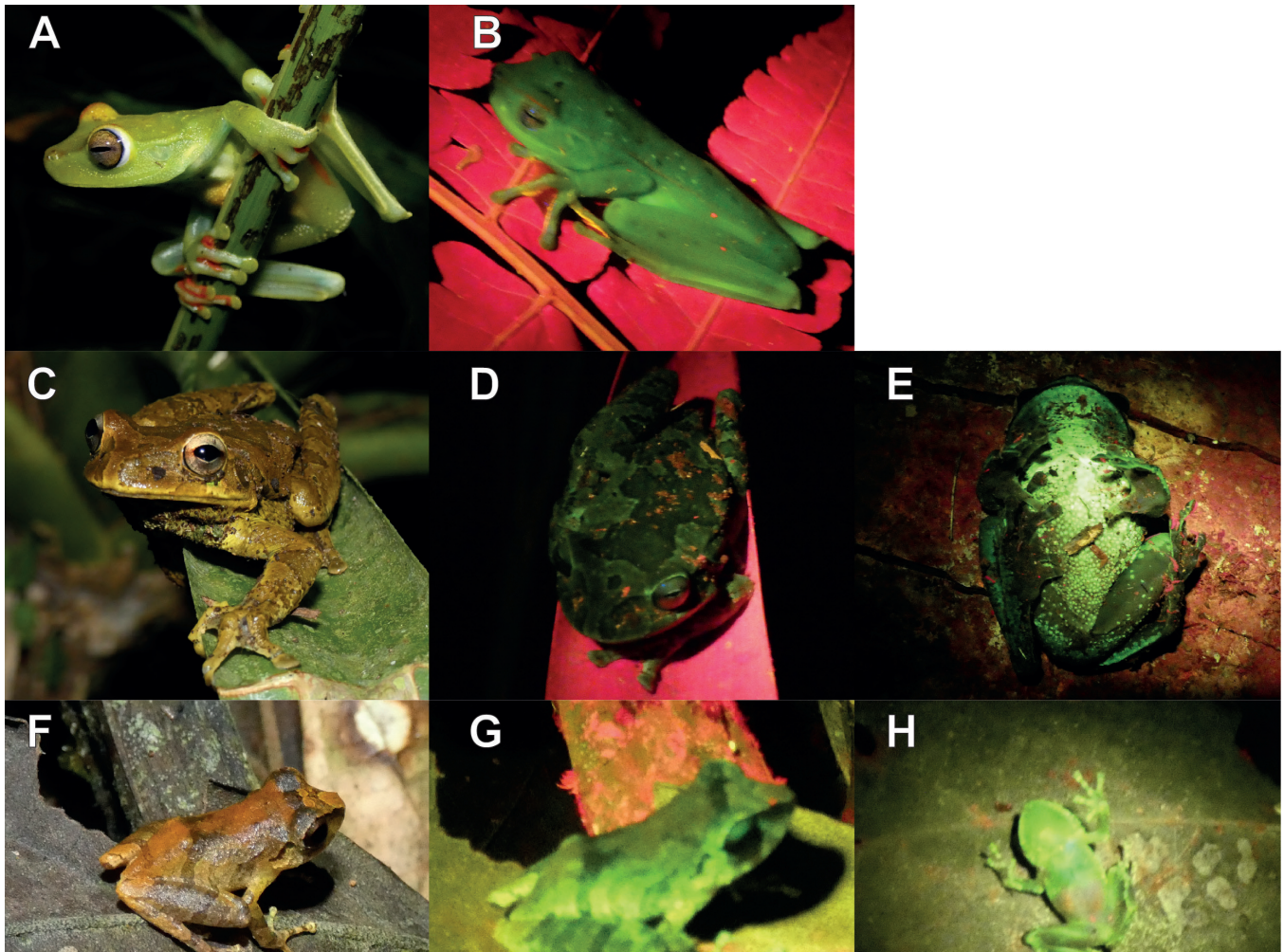


Figura 2. Fotografías de anuros centroamericanos bajo luz blanca (primera columna) y luz azul (segunda y tercera columna). El orden es según la intensidad de brillo observada (alto a bajo). *Boana rufitela* (A, B), *Smilisca manisorum* (C, D, E) y *Pristimantis ridens* (F, G, H).

Figure 2. Photographs of Central American anurans under white light (first column) and blue light (second and third column). The order is according to the brightness intensity observed (high to low). *Boana rufitela* (A, B), *Smilisca manisorum* (C, D, E), and *Pristimantis ridens* (F, G, H).

According to published studies, some other species from the families surveyed here have been previously reported. For example, fluorescence was reported in *Leptodactylus fragilis* (Leptodactylidae) (Whitcher, 2020), suggesting that fluorescence could be observed in more members of this family. The Hylidae family is the most surveyed for fluorescence presence (Taboada et al., 2017b; Deschepper et al., 2018; Chavez-Acuña et al., 2020; Whitcher, 2020). *Boana rufitela* was predicted to be fluorescent (Taboada et al., 2017b), and Deschepper (2018) reported the fluorescence in this species until a wavelength of 365 nm. In contrast, Thompson et al. (2019) did not observe biofluorescence in *B. rufitela*. This could be explained by the absence of a long pass filter. The observation of fluorescence emission is highly

recommended through a yellow long-pass filter (glasses or a camera filter). The filter is used to eliminate the influence of reflected light with a wavelength longer than 500 nm in human vision (Taboada et al., 2017a, 2017b). Due to Amphibians' eyes possessing types of retinal rods that enable nocturnal scotopic vision, humans need to use a long pass filter that blocks most of the illumination and allows us to observe the color perception as amphibians do (Taboada et al., 2017b).

Hylid species *Boana atlantica* and *B. punctata* also were reported to leave fluorescent traces in sites where they stood or in the gloves after manipulation (Taboada et al., 2017b). We also observed these traces on gloves when *Smilisca manisorum*

was handled, this may be explained by glandular secretions with fluorescence components such as Hyloin-G1 as has been reported by Taboada et al. (2017a, 2017b). We consider that secretion marks are an important element that could be addressed when fluorescence is observed in amphibians, due to trying to find the origin (gland and/or lymph) and the possible function of this fluorescence.

According to our experience finding the species *Engystomops pustulosus*, we suggest the use of blue light (440–460 nm) could be a good detection method in a short range (2–3 m) for this species. Although in some cases the short range is not optimal (Alvarez et al., 2022), normal visual detection is difficult due to the camouflage color pattern and the tiny size of some amphibians. Instead, blue light and the use of filter glasses enhance the detection of fluorescent individuals in the field.

Acknowledgments.— We follow the ethical standards of Costa Rica and Panama for amphibian handling. We expose amphibians using blue light without any injury, *in situ*, and only manipulated the specimens for ventral photographs. We thank Resilience Institute Bridging Biological Training and Research (RIBBiRT) for the facilities to visit the Biological Station La Selva in Costa Rica, and all the training workshop participants for helping in the field explorations. Erick Arias for helping in the species identification.

REFERENCES

- Alvarez, J.A., P. Lewis-Deweese & J.T. Wilcox. 2022. Ocular biofluorescence due to ultra-violet excitation in California Red-legged and Foothill Yellow-legged frogs, in central California, USA. *Sonoran Herpetologist* 35:154-156.
- AmphibiaWeb. 2023. AmphibiaWeb: Information on amphibian biology and conservation. Berkeley, California, USA. Available: <http://amphibiaweb.org> [Accessed 13 October 2023].
- Arnold, K.E., I.P.F. Owens & N.J. Marshall. 2002. Fluorescent signaling in parrots. *Science* 295:92.
- Chaves-Acuña, W., G. Chaves, J. Klank, E. Arias, F. Bolaños, A. Shepack, T. Leenders, J. Cossel & J. Faivovich. 2020. Recent findings of *Isthmohyla pictipes* (Anura: Hylidae) in Costa Rica: variation and implications for conservation. *Zootaxa* 4881:499-514.
- Claes, J.M. & J. Mallefet. 2008. Early development of bioluminescence suggests camouflage by counter-illumination in the velvet belly lantern shark *Etmopterus spinax* (Squaloidea: Etmopteridae). *Journal of Fish Biology* 73:1337-1350.
- Cox, J.L. & B.M. Fitzpatrick. 2023. Biofluorescent sexual dimorphism revealed in a southern Appalachian endemic salamander, *Plethodon metcalfi*. *Scientific Reports* 13:3588.
- Deschepper, P., B. Jonckheere & J. Matthys. 2018. A light in the dark: the discovery of another fluorescent frog in the Costa Rican rainforests. *Wilderness & Environmental Medicine* 29:421-422.
- Gaffin, D.D., L.A. Bumm, M.S. Taylor, N.V. Popokina & S. Mann. 2012. Scorpion fluorescence and reaction to light. *Animal Behaviour* 83:429-436.
- Gray, R.J. 2019. Biofluorescent lateral patterning on the Mossy Bushfrog (*Philautus macroscelis*): The first report of biofluorescence in a rhacophorid frog. *Herpetology Notes* 12:363-364.
- Haddock, S.H., C.W. Dunn, P.R. Pugh & C.E. Schnitzler. 2005. Bioluminescent and red-fluorescent lures in a deep-sea siphonophore. *Science* 309:263-263.
- Lamb, J.Y. & M.P. Davis. 2020. Salamanders and other amphibians are aglow with biofluorescence. *Scientific Reports* 10:2821.
- Kohler, A.M., E. Olson, J.G. Martin & P.S. Anich. 2019. Ultraviolet fluorescence discovered in New World flying squirrels (*Glaucomys*). *Journal of Mammalogy* 100:21-30.
- Köhler, G. 2012. Color Catalogue for Field Biologists. Herpeton, Offenbach, Germany. 49 p.
- Kong, B., K. Preston, M. Ishimatsu & E. Adelsheim. 2023. Biofluorescence in the California Tiger Salamander, *Ambystoma californiense* (Amphibia: Ambystomatidae). *Herpetology Notes* 16:161-163.
- Marjan, M., H. Al-Razi, A. Borzée & S. B. Muzaffar. 2022. Biofluorescence in the herpetofauna of northeast Bangladesh. *Herpetozoa* 35:39-44.
- Marshall, J. & S. Johnsen. 2017. Fluorescence as a means of colour signal enhancement. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Science* 372:20160335.
- Nowogrodzki, A. 2017. First fluorescent frog found. *Nature* 543:297-297.



- Prötzel, D., M. Heß, M.D. Scherz, M. Schwager, A.V.T. Padjé & F. Glaw. 2018. Widespread bone-based fluorescence in chameleons. *Scientific Reports* 8: 698.
- Salih, A., A. Larkum, G. Cox, M. Kühl & O. Hoegh-Guldberg. 2000. Fluorescent pigments in corals are photoprotective. *Nature* 408:850-853.
- Sparks, J.S., R.C. Schelly, W.L. Smith, M.P. Davis, D. Tchernov, V.A. Pieribone & D.F. Gruber. 2014. The covert world of fish biofluorescence: a phylogenetically widespread and phenotypically variable phenomenon. *PLoS One* 9:e83259.
- Thompson, M.E, R.A. Saporito, D. H. Ruiz-Valderrama, G.F. Medina-Rangel & M.A. Donnelly. 2019. A field-based survey of fluorescence in tropical tree frogs using an LED UV-B flashlight. *Herpetology Notes* 12:987-990.
- Taboada, C., A.E. Brunetti, F.N. Pedron, F. Carnevale Neto, D.A. Estrin, S.E. Bari, L.B. Chemes, N. Pepporine Lopes, M.G. Lagorio & J. Faivovich. 2017a. Naturally occurring fluorescence in frogs. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 114:3672-3677.
- Taboada, C., A.E. Brunetti, C. Alexandre, M.G. Lagorio & J. Faivovich. 2017b. Fluorescent frogs: a herpetological perspective. *South American Journal of Herpetology* 12:1-13.
- Whitcher, C. 2020. New accounts of biofluorescence in several anuran genera (Hylidae, Microhylidae, Ranidae, Leptodactylidae) with comments on intraspecific variation. *Herpetology Notes* 13:443-447.



HERPETOFAUNA OF THE “EL MINERAL DE NUESTRA SEÑORA DE LA CANDELARIA” RESERVE: A BIOLOGICAL TREASURE IN SINALOA, MEXICO

HERPETOFAUNA DE LA RESERVA “EL MINERAL DE NUESTRA SEÑORA DE LA CANDELARIA”: UN TESORO BIOLÓGICO EN SINALOA, MÉXICO

José David Jacobo-González^{1,2}, Diego Sidu Chan Chon², Antonio Razo Pérez³, José Alfredo Leal Orduño[†], Eric Centenero Alcalá⁴ & Rafael Alejandro Lara-Resendiz^{5*}

¹Reserva Ecológica del Mineral de Nuestra Señora Mundo Natural, Cosalá, Sinaloa.

²Posgrado en Ciencias Biológicas, Facultad de Biología 80013, Universidad Autónoma de Sinaloa, Culiacán, Sinaloa, México.

³Investigador independiente.

⁴Laboratorio de Sistemática Molecular, Unidad de Investigación Experimental Zaragoza, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México, Batalla 5 de mayo s/n, Col. Ejército de Oriente, 09230, CDMX, México.

⁵Departamento de Ciencias del Agua y Medio Ambiente, Instituto Tecnológico de Sonora, Ciudad Obregón, 85000, Sonora, México.

[†]Deceased.

*Correspondence: rafas.lara@gmail.com

Received: 2023-09-09. Accepted: 2023-10-26. Published: 2023-11-28.

Editor: Irene Goyenechea Mayer-Goyenechea, México.

Abstract.— Mexico hosts an exceptional diversity of approximately 1 421 species of amphibians and reptiles, many of which are endemic to the country. However, the Sinaloa region has remained largely unexplored due to access challenges and social conflicts. This study focuses on analyzing the biodiversity of amphibians and reptiles in the “El Mineral de Nuestra Señora de la Candelaria” reserve in Sinaloa, Mexico. This reserve, located in the Sierra Madre Occidental, covers 1 256 hectares of diverse habitats, including tropical deciduous and sub-deciduous forests. Through fieldwork conducted between 2017 and 2020, 55 species of amphibians and reptiles were documented in the reserve, of which 34 are endemic to Mexico, highlighting its importance as a refuge for native biodiversity. Furthermore, 20 species are protected by Mexican regulations and are listed on the IUCN Red List, indicating their threatened status. This reserve significantly contributes to Sinaloa’s herpetofaunal landscape, safeguarding approximately 32.4% of its diversity and over 53% of the genera present in the state. The presence of endemic and endangered species underscores the need for specific conservation measures. In conclusion, this listing provides a detailed insight into the biological richness of amphibians and reptiles in the “El Mineral de Nuestra Señora de la Candelaria” reserve, emphasizing its value as a refuge for unique and threatened species. The results urge the implementation of effective conservation strategies to protect these unique ecosystems in the context of global environmental changes.

Keywords.— Amphibians, tropical dry forest, diversity, reptiles, snakes, “Golden Triangle”.

Resumen.— México alberga una diversidad excepcional de aproximadamente 1 421 especies de anfibios y reptiles, muchas de las cuales son endémicas del país. Sin embargo, la región de Sinaloa ha permanecido en gran medida inexplorada debido a desafíos de acceso y conflictos sociales. Este estudio se enfoca en analizar la biodiversidad de anfibios y reptiles en la reserva “El Mineral de Nuestra Señora de la Candelaria” en Sinaloa, México. Esta reserva ubicada en la Sierra Madre Occidental, abarca 1 256 hectáreas de hábitats variados, que incluyen bosques tropicales caducifolios y subcaducifolios. A través del trabajo de campo realizado entre 2017

y 2020, se documentaron 55 especies de anfibios y reptiles en la reserva, de las cuales 34 son endémicas de México, subrayando su importancia como un refugio para la biodiversidad autóctona. Además, 20 especies están protegidas por regulaciones mexicanas y figuran en la Lista Roja de la UICN, indicando su estado de amenaza. Esta reserva contribuye significativamente al panorama herpetofaunístico de Sinaloa, resguardando alrededor de 32.4% de su diversidad y más del 53% de los géneros presentes en el estado. La presencia de especies endémicas y en peligro resalta la necesidad de aplicar medidas de conservación específicas. En conclusión, este listado brinda una visión detallada a la riqueza biológica de anfibios y reptiles en la reserva “El Mineral de Nuestra Señora de la Candelaria”, resaltando su valor como refugio para especies únicas y amenazadas. Los resultados instan a implementar estrategias de conservación efectivas para proteger estos ecosistemas únicos en el contexto de cambios ambientales globales.

Palabras clave.— Anfibios, bosque tropical caducifolio, diversidad, reptiles, serpientes, “Triángulo dorado”.

INTRODUCTION

Currently, amphibians and reptiles are experiencing significant population declines and extinctions globally (Lertzman-Lepofsky, 2020; Sinervo et al., 2010; Winter, 2016). This trend underscores the importance of describing and documenting the distribution and biological diversity in megadiverse regions. The herpetofaunal diversity in Mexico is considerably high due to its geographical location and complex topography, which create a wide variety of environments with unique climatic conditions for amphibians and reptiles (Flores-Villela, 1993; Flores-Villela & García-Vázquez, 2014). These characteristics hold profound significance for Mexico and its fauna in terms of biodiversity, endemism, and conservation (Wilson et al., 2010). In this regard, Mexico ranks as one of the top countries worldwide, with approximately 1 421 species recorded in total (Flores-Villela & García-Vázquez, 2014; Parra-Olea et al., 2014; Ramírez-Bautista et al., 2023). This number has steadily increased due to new descriptions in both groups (e.g., López-Luna et al., 2018; Jiménez-Arcos et al., 2019; Arenas-Moreno et al., 2021; Ramírez-Bautista et al., 2023). Additionally, there is a significant percentage of species that are distributed exclusively within the country's borders (Flores-Villela & García-Vázquez, 2014; Ochoa-Ochoa & Villela-Flores, 2006).

It is important to note that various studies on the herpetofauna of the state of Sinaloa have been conducted, some of which were pioneering in the 1950s and 1960s (Smith & Van Gelder, 1955; Lewis & Johnson, 1956; Duellman, 1957; Fugler & Dixon, 1961), followed by more comprehensive species lists (Hardy & McDiarmid, 1969; McDiarmid et al., 1976) and more recent studies (Lavín et al., 2004; Serrano et al., 2014; Lemos-Espinal & Smith, 2020; Castro-Bastidas & Serrano-Serrano, 2022; Aguirre-Zazueta et al., 2023a). However, it's important to mention that Sinaloa is one of the least explored states due to a long period without field studies, caused by difficulties in accessing the higher regions of the Sierra and social conflicts

in the region (Hardy & McDiarmid, 1969; Sarukhán & García-Méndez, 2003; Carpio-Domínguez, 2021).

The state of Sinaloa covers an area of 58 200 km², which represents approximately 2.9% of Mexican territory, ranking seventeenth among other states (INEGI, 2022). Herpetofaunal studies have identified Sinaloa as one of the ten most species-diverse states, with a total of 170 species, including 44 amphibians and 126 reptiles (Lemos-Espinal & Smith, 2020; Loc-Barragán et al., 2020; Castro-Bastidas & Serrano-Serrano, 2022; Lara-Resendiz & Jacobo-González, 2022; Aguirre-Zazueta et al., 2023b; Devitt et al., 2023; Gamez-Duarte et al., 2023; Grünwald et al., 2023; Payan-Cazares et al., 2023). These numbers represent approximately 12% of Mexico's herpetofauna, with 10.2% being amphibians and 12.9% reptiles according to Ramírez-Bautista et al. (2023).

Despite its biodiversity, the state of Sinaloa has a limited number of 22 protected natural areas, covering a total of 580 912.47 hectares (CONANP, 2023). These natural protected areas are divided into four categories, including five at the federal level, nine municipal, four state, and three voluntarily designated conservation areas (ADVC, an acronym in Spanish). In state-level natural protected areas, specifically within the Ecological Conservation Zone category, there exists the Mineral de Nuestra Señora de la Candelaria Ecological Reserve (REMNSC, an acronym in Spanish), established in 2002 and located in the municipality of Cosalá in the central region of Sinaloa. This reserve is situated at the base of the Sierra Madre Occidental and houses a diverse range of plant and animal species native to the country (CONANP, 2023).

It is relevant to note that, up to now, none of the previous studies have conducted comprehensive research within the REMNSC polygon, and currently, there is no complete record

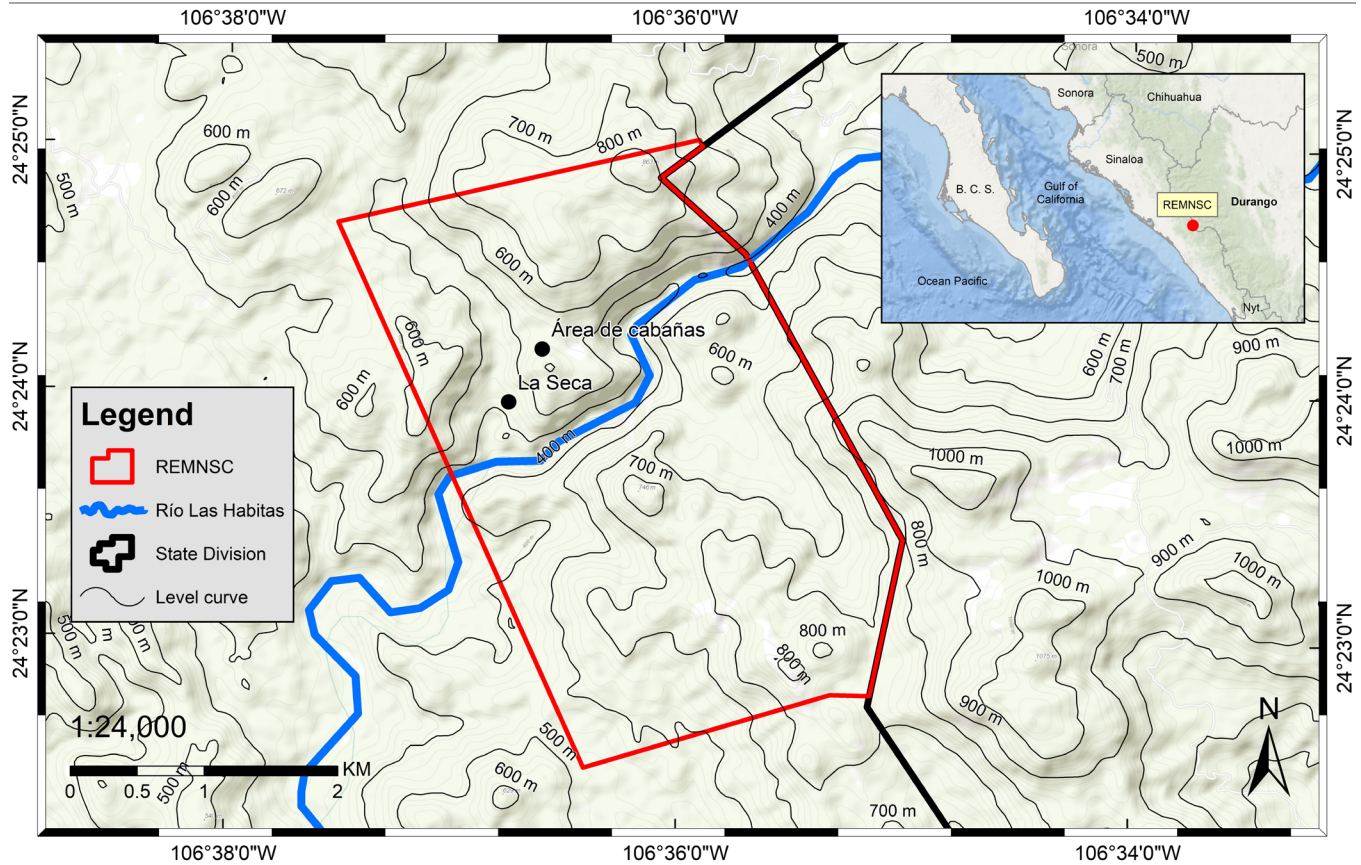


Figura 1. Ubicación de los sitios de muestreo en la reserva “El Mineral de Nuestra Señora de la Candelaria” en Sinaloa, México.

Figure 1. Sampling site locations in the “El Mineral de Nuestra Señora de la Candelaria” reserve in Sinaloa, Mexico.

of the amphibian and reptile species inhabiting this reserve (Romero-García 2018). Therefore, in this study, we provide an updated list of amphibians and reptiles, summarizing all previous herpetofaunistic knowledge of the REMNSC and surroundings and report the records collected between 2017 and 2023. This comprehensive inventory of the REMNSC is crucial for conserving its unique and under-documented biodiversity in the tropical dry forest of Sinaloa. Furthermore, this list represents the first step in future ecology and conservation work amid the enormous loss of biodiversity worldwide (Sinervo et al., 2010; Ceballos et al., 2015).

MATERIALS AND METHODS

Study area

The REMNSC is located in the Sierra Madre Occidental within the municipality of Cosalá, in the state of Sinaloa, bordering the eastern edge of the state of Durango and situated approximately 15 kilometers southeast of the municipal seat

(Fig. 1). Its geographical coordinates range from 24°21' to 24°25' north latitude and 106°34' to 106°39' west longitude (Rubio et al., 2010). This reserve is managed by the Universidad Autónoma de Sinaloa and covers an area of 1 256 hectares (Secretaría General de Gobierno, 2002). It lies within the physiographic province of the Sierra Madre Occidental, specifically in the subprovince known as the Gran Meseta and Cañones Duranguenses, resulting in elevations ranging from 400 to 830 meters above sea level.

Furthermore, there is the possibility of expanding the surface area by 1,500 adjacent hectares that currently lack official designation. Within this area, several seasonal watercourses, such as the Santiaguillo and Candelaria streams, as well as the Habitas River (a tributary of the Elota river). The dominant vegetation consists of tropical deciduous forest, with fragments of subdeciduous forest and oak forests in small remnants at higher elevations (BirdLife International, 2022) (Fig. 2). Additionally, secondary forests exist due to mining

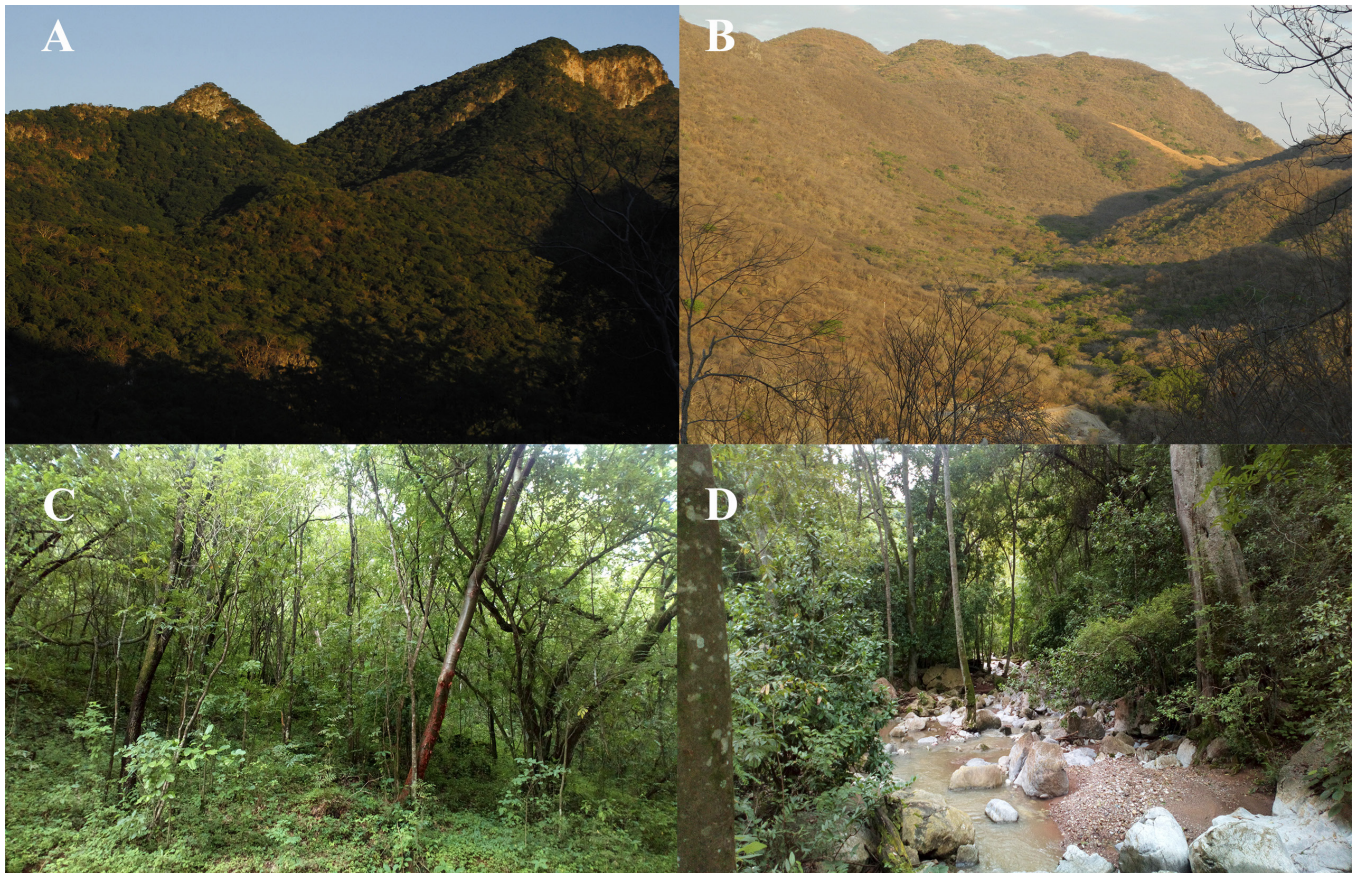


Figura 2. Ejemplos de algunos tipos de vegetación presentes en la reserva "El Mineral de Nuestra Señora de la Candelaria" en Sinaloa, México. A) Panorámica del bosque tropical caducifolio durante la temporada de lluvias y B) en temporada seca. C) Microhábitats dentro del bosque tropical caducifolio durante la temporada de lluvias. D) Microhábitats dentro del bosque subcaducifolio y quebrada de Santiaguillo durante la temporada de lluvias. Fotos: JDJG.

Figure 2. Examples of some vegetation types found in the "El Mineral de Nuestra Señora de la Candelaria" reserve in Sinaloa, Mexico. A) Panoramic view of the deciduous tropical forest during the rainy season, and B) during the dry season. C) Microhabitats within the tropical dry forest during the rainy season. D) Microhabitats within the subdeciduous forest and Santiaguillo creek during the rainy season. Photos: JDJG.

activities carried out at various times and rainfed agriculture (Guevara, 2013). The climate is classified as warm subhumid with summer rainfall, AW(e) according to Köppen classification, characterized by extreme oscillations and thermal variations ranging from minimum values of 10°C to maximums of 38.7°C. The study region experiences an average annual temperature of 23.7°C. The average annual precipitation reaches 923.5 mm, with the rainiest months spanning from June to October, and some rainfall in winter significantly contributing to the area's climate patterns (CONAGUA, 2023).

The typical characteristic habitat is identified as a tropical deciduous forest, distinguished by a rich variety of perennial plant species. Among woody plants, notable examples include *Bursera* spp., *Ficus* sp., *Acacia* sp., *Ceiba* sp., *Heamatoxylum*

brasiletto, *Lysiloma divaricatum*, *Cedrela odorata*, and *Gyrocarpus americanus*, among other significant tree species. The presence of relevant cacti, such as *Pachycereus pecten-aboriginum*, *Pilosocereus purpusii*, and *Opuntia karwinskiana*, adds a distinctive component to this habitat. The sub-shrub layer is dominated by species such as *Ambrosia* sp., *Senna* sp., *Ipomoea* spp., and *Pluchea salicifolia* (Álvarez-Yépiz, et al., 2008; Lara-Resendiz & Jacobo González, 2022).

Fieldwork

Non-systematic samplings were conducted every month from April 2017 to December 2020 to actively search for amphibian and reptile species within the REMNSC. These samplings were carried out with surveys during the early hours of the day (7:00-11:00 am) and around sunset (5:00-9:00 pm). In addition, records

Tabla 1. Listado herpetofaunístico en la Reserva Ecológica del Mineral de Nuestra Señora de la Candelaria: Mundo natural, Cosalá, Sinaloa, México. *= Endémico de México y += exótico. Estado de conservación según la NOM-059-ECOL-2010-SEMARNAT 2010: A= Amenazado, PR= Protección Especial, NL= No Listado, NA= No Aplica; y Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN): NA= No Aplica, DD= Datos Insuficientes NE= No Evaluado, LC=Preocupación Menor, NT= Casi Amenazado; CITES: NL= No Listado, II= Apéndice 2. Todas las especies listadas (55) fueron encontradas por los autores en este estudio y las fotografías obtenidas fueron depositadas como foto ejemplares en la Colección Nacional de Anfibios y Reptiles del Instituto de Biología, UNAM. La columna referencia se refiere a las publicaciones usadas para apoyar los datos en áreas limítrofes a la reserva en ambientes similares, así como si estos registros fueron registrados en Global Biodiversity Information Facility (GBIF) o en proyectos de ciencia ciudadana (*iNaturalist*).

Table 1. Herpetofauna list in the El Mineral de Nuestra Señora de la Candelaria reserve in Sinaloa, Mexico. *= Endemic to Mexico and += exotic. Conservation status according to NOM-059-ECOL-2010-SEMARNAT 2010: A= Threatened, PR= Special Protection, NL= Not Listed, NA= Not Applicable; and Red List of the International Union for Conservation of Nature (IUCN): NA= Not Applicable, DD= Data Deficient, NE= Not Evaluated, LC= Least Concern, NT= Near Threatened; CITES: NL= Not Listed, II= Appendix 2. All the listed species (55) were encountered by the authors in this study, and the obtained photographs were deposited as photo specimens in the Colección Nacional de Anfibios y Reptiles of the Instituto de Biología, UNAM. The reference column mentions the publications used to support the data in areas adjacent to the reserve or in similar habitats, as well as whether these records were also registered in the Global Biodiversity Information Facility (GBIF) or in citizen science projects (*iNaturalist*).

Taxa	SEMARNAT	IUCN	CITES	Reference
Class Amphibia (17 Species)				
Orden Anura (17 Species)				
Family Bufonidae				
<i>Incilius marmareus</i> *	NL	LC	NL	Mendelson et al., 2011; iNaturalist, 2023
<i>Incilius mazatlanensis</i> *	NL	LC	NL	Mendelson et al., 2011; iNaturalist, 2023
<i>Rhinella horribilis</i>	NL	NE	NL	Acevedo-Rincón et al., 2016; iNaturalist, 2023
Family Craugastoridae				
<i>Craugastor occidentalis</i> *	NL	DD	NL	Hedges et al., 2008; iNaturalist, 2023
<i>Craugastor augusti</i>	NL	LC	NL	Hedges et al., 2008
Family Eleutherodactylidae				
<i>Eleutherodactylus interorbitalis</i> *	PR	DD	NL	Grünwald et al., 2018; iNaturalist, 2023
Family Hylidae				
<i>Agalychnis dacnicolor</i> *	NL	LC	II	Duellman et al., 2016; iNaturalist, 2023
<i>Dryophytes arenicolor</i>	NL	LC	NL	Duellman et al., 2016
<i>Exerodonta smaragdina</i> *	PR	LC	NL	Faivovich et al., 2005; iNaturalist, 2023
<i>Smilisca baudinii</i>	NL	LC	NL	Hardy & McDairmid 1969; iNaturalist, 2023
<i>Tlalocohyla smithii</i> *	NL	LC	NL	Faivovich et al., 2005; iNaturalist, 2023
<i>Triprion spatulatus</i> *	NL	LC	NL	Duellman, 1970
Family Leptodactylidae				
<i>Leptodactylus melanonotus</i>	NL	LC	NL	Frost, 2023; iNaturalist, 2023
Family Microhylidae				
<i>Hypopachus variolosus</i>	NL	LC	NL	Frost, 2023

Tabla 1 (Cont.). Listado herpetofaunístico en la Reserva Ecológica del Mineral de Nuestra Señora de la Candelaria: Mundo natural, Cosalá, Sinaloa, México. *= Endémico de México y += exótico. Estado de conservación según la NOM-059-ECOL-2010-SEMARNAT 2010: A= Amenazado, PR= Protección Especial, NL= No Listado, NA= No Aplica; y Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN): NA= No Aplica, DD= Datos Insuficientes NE= No Evaluado, LC=Preocupación Menor, NT= Casi Amenazado; CITES: NL= No Listado, II= Apéndice 2. Todas las especies listadas (55) fueron encontradas por los autores en este estudio y las fotografías obtenidas fueron depositadas como foto ejemplares en la Colección Nacional de Anfibios y Reptiles del Instituto de Biología, UNAM. La columna referencia se refiere a las publicaciones usadas para apoyar los datos en áreas limítrofes a la reserva en ambientes similares, así como si estos registros fueron registrados en Global Biodiversity Information Facility (GBIF) o en proyectos de ciencia ciudadana (*iNaturalist*).

Table 1 (Cont.). Herpetofauna list in the El Mineral de Nuestra Señora de la Candelaria reserve in Sinaloa, Mexico. *= Endemic to Mexico and += exotic. Conservation status according to NOM-059-ECOL-2010-SEMARNAT 2010: A= Threatened, PR= Special Protection, NL= Not Listed, NA= Not Applicable; and Red List of the International Union for Conservation of Nature (IUCN): NA= Not Applicable, DD= Data Deficient, NE= Not Evaluated, LC= Least Concern, NT= Near Threatened; CITES: NL= Not Listed, II= Appendix 2. All the listed species (55) were encountered by the authors in this study, and the obtained photographs were deposited as photo specimens in the Colección Nacional de Anfibios y Reptiles of the Instituto de Biología, UNAM. The reference column mentions the publications used to support the data in areas adjacent to the reserve or in similar habitats, as well as whether these records were also registered in the Global Biodiversity Information Facility (GBIF) or in citizen science projects (*iNaturalist*).

Taxa	SEMARNAT	IUCN	CITES	Reference
Family Ranidae				
<i>Lithobates forreri</i>	PR	LC	NL	Zaldívar-Riverón et al., 2004; iNaturalist, 2023
<i>Lithobates magnaocularis</i> *	NL	LC	NL	Frost, 2023
<i>Lithobates pustulosus</i> *	PR	LC	NL	Frost, 2023; iNaturalist, 2023
Class Reptilia (38 Species)				
Orden Squamata (36 species)				
Family Anolidae				
<i>Anolis nebulosus</i> *	NL	LC	NL	Hardy & McDairmid 1969; iNaturalist, 2023
Family Gekkonidae				
<i>Hemidactylus frenatus</i> +	NA	LC	NL	Valdez-Villavicencio & Peralta-García, 2008
Family Helodermatidae				
<i>Heloderma horridum</i> *	A	LC	II	Reiserer et al., 2013
Family Iguanidae				
<i>Ctenosaura pectinata</i> *	A	NE	NL	Lara-Resendiz et al., 2017; iNaturalist, 2023
Family Phrynosomatidae				
<i>Sceloporus clarkii</i>	NL	LC	NL	Hardy & McDairmid 1969
<i>Sceloporus nelsoni</i> *	NL	LC	NL	Hardy & McDairmid 1969; iNaturalist, 2023
<i>Urosaurus bicarinatus</i> *	NL	LC	NL	Feldman et al., 2011; iNaturalist, 2023
Family Phyllodactylidae				
<i>Phyllodactylus homolepidurus</i> *	PR	LC	NL	Dixon, 1964
<i>Phyllodactylus tuberculosus</i>	NL	LC	NL	Dixon, 1964

Tabla 1 (Cont.). Listado herpetofaunístico en la Reserva Ecológica del Mineral de Nuestra Señora de la Candelaria: Mundo natural, Cosalá, Sinaloa, México. *= Endémico de México y += exótico. Estado de conservación según la NOM-059-ECOL-2010-SEMARNAT 2010: A= Amenazado, PR= Protección Especial, NL= No Listado, NA= No Aplica; y Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN): NA= No Aplica, DD= Datos Insuficientes NE= No Evaluado, LC=Preocupación Menor, NT= Casi Amenazado; CITES: NL= No Listado, II= Apéndice 2. Todas las especies listadas (55) fueron encontradas por los autores en este estudio y las fotografías obtenidas fueron depositadas como foto ejemplares en la Colección Nacional de Anfibios y Reptiles del Instituto de Biología, UNAM. La columna referencia se refiere a las publicaciones usadas para apoyar los datos en áreas limítrofes a la reserva en ambientes similares, así como si estos registros fueron registrados en Global Biodiversity Information Facility (GBIF) o en proyectos de ciencia ciudadana (*iNaturalist*).

Table 1 (Cont.). Herpetofauna list in the El Mineral de Nuestra Señora de la Candelaria reserve in Sinaloa, Mexico. *= Endemic to Mexico and += exotic. Conservation status according to NOM-059-ECOL-2010-SEMARNAT 2010: A= Threatened, PR= Special Protection, NL= Not Listed, NA= Not Applicable; and Red List of the International Union for Conservation of Nature (IUCN): NA= Not Applicable, DD= Data Deficient, NE= Not Evaluated, LC= Least Concern, NT= Near Threatened; CITES: NL= Not Listed, II= Appendix 2. All the listed species (55) were encountered by the authors in this study, and the obtained photographs were deposited as photo specimens in the Colección Nacional de Anfibios y Reptiles of the Instituto de Biología, UNAM. The reference column mentions the publications used to support the data in areas adjacent to the reserve or in similar habitats, as well as whether these records were also registered in the Global Biodiversity Information Facility (GBIF) or in citizen science projects (*iNaturalist*).

Taxa	SEMARNAT	IUCN	CITES	Reference
Family Scincidae				
<i>Plestiodon callicephalus</i>	NL	LC	NL	Lieb, 1985; iNaturalist, 2023
Family Teiidae				
<i>Aspidoscelis costatus</i> *	PR	LC	NL	Hardy & McDairmid 1969; iNaturalist, 2023
Family Boidae				
<i>Boa sigma</i> *	NL	NE	II	Card et al., 2016; iNaturalist, 2023
Family Colubridae				
<i>Drymarchon melanurus</i>	NL	LC	NL	Uetz et al., 2023; iNaturalist, 2023
<i>Drymobius margaritiferus</i>	NL	LC	NL	Hardy & McDairmid 1969; iNaturalist, 2023
<i>Lampropeltis polyzona</i> *	NL	LC	NL	Ruane et al., 2014; iNaturalist, 2023
<i>Leptophis diplotropis</i> *	A	LC	NL	Peres-Higareda & Smith, 1989; iNaturalist, 2023
<i>Masticophis bilineatus</i>	NL	LC	NL	Myers et al., 2017
<i>Mastigodryas cliftoni</i> *	NL	DD	NL	Aguirre-Zazueta et al., 2023a
<i>Oxybelis microphthalmus</i>	NL	NE	NL	Jardin et al., 2020; iNaturalist, 2023
<i>Senticolis triaspis</i>	NL	LC	NL	Keogh, 1996; GBIF, 2023; iNaturalist, 2023
<i>Sympholis lippiens</i> *	NL	NE	NL	Humphrey & Shannon, 1958
<i>Tantilla yaquia</i>	NL	LC	NL	Aguirre-Zazueta et al., 2023a
<i>Trimorphodon paucimaculatus</i> *	NL	NE	NL	Devitt et al., 2008
Family Colubridae (Dipsadinae)				
<i>Coniophanes lateritius</i> *	NL	DD	NL	Aguirre-Zazueta et al., 2023a; iNaturalist, 2023
<i>Enulius oligostichus</i> *	PR	DD	NL	Lara-Resendiz & Jacobo González, 2022

Tabla 1 (Cont.). Listado herpetofaunístico en la Reserva Ecológica del Mineral de Nuestra Señora de la Candelaria: Mundo natural, Cosalá, Sinaloa, México. *= Endémico de México y += exótico. Estado de conservación según la NOM-059-ECOL-2010-SEMARNAT 2010: A= Amenazado, PR= Protección especial, NL= No Listado, NA= No Aplica; y Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN): NA= No Aplica, DD= Datos insuficientes NE= No Evaluado, LC=Preocupación Menor, NT= Casi amenazado; CITES: NL= No Listado, II= Apéndice 2. Todas las especies listadas (55) fueron encontradas por los autores en este estudio y las fotografías obtenidas fueron depositadas como foto ejemplares en la Colección Nacional de Anfibios y Reptiles del Instituto de Biología, UNAM. La columna referencia se refiere a las publicaciones usadas para apoyar los datos en áreas limítrofes a la reserva en ambientes similares, así como si estos registros fueron registrados en Global Biodiversity Information Facility (GBIF) o en proyectos de ciencia ciudadana (*iNaturalist*).

Table 1 (Cont.). Herpetofauna list in the El Mineral de Nuestra Señora de la Candelaria reserve in Sinaloa, Mexico. *= Endemic to Mexico and += exotic. Conservation status according to NOM-059-ECOL-2010-SEMARNAT 2010: A= Threatened, PR= Special Protection, NL= Not Listed, NA= Not Applicable; and Red List of the International Union for Conservation of Nature (IUCN): NA= Not Applicable, DD= Data Deficient, NE= Not Evaluated, LC= Least Concern, NT= Near Threatened; CITES: NL= Not Listed, II= Appendix 2. All the listed species (55) were encountered by the authors in this study, and the obtained photographs were deposited as photo specimens in the Colección Nacional de Anfibios y Reptiles of the Instituto de Biología, UNAM. The reference column mentions the publications used to support the data in areas adjacent to the reserve or in similar habitats, as well as whether these records were also registered in the Global Biodiversity Information Facility (GBIF) or in citizen science projects (*iNaturalist*).

Taxa	SEMARNAT	IUCN	CITES	Reference
<i>Hypsiglena torquata</i> *	PR	LC	NL	Mulcahy 2008; Mulcahy et al., 2014
<i>Imantodes gemmistratus</i>	PR	LC	NL	Zweifel 1959
<i>Leptodeira septentrionalis</i>	NL	LC	NL	Aguirre-Zazueta et al., 2023b
<i>Leptodeira splendida</i> *	NL	LC	NL	Hardy & McDairmid 1969; iNaturalist, 2023
<i>Geophis annuliferus</i> *	PR	LC	NL	Grünwald et al., 2021
<i>Tropidodipsas philippi</i> *	PR	LC	NL	Montaño-Ruvalcaba et al., 2021
Family Elapidae				
<i>Micruroides euryxanthus</i>	A	LC	NL	Uriarte-Garzon et al., 2020
<i>Micrurus distans</i> *	PR	LC	NL	Aguirre-Zazueta et al., 2023b
Family Leptotyphlopidae				
<i>Rena dugesii</i> *	NL	NE	NL	Lemos-Espinal et al., 2004
Family Viperidae				
<i>Agkistrodon bilineatus</i>	PR	NT	NL	Porras et al., 2013; iNaturalist, 2023
<i>Crotalus basiliscus</i> *	PR	LC	NL	Lara-Resendiz et al., 2017; iNaturalist, 2023
Orden Testudines (2 Species)				
Family Geoemydidae				
<i>Rhinoclemmys pulcherrima rogerbarbouri</i> *	A	NE	II	Lara-Resendiz et al., 2017
Family Kinosternidae				
<i>Kinosternon integrum</i> *	PR	LC	II	Lara-Resendiz et al., 2017

obtained by reserve staff during their biological monitoring activities, mainly on roads and trails within the reserve, were included. In both cases, photographs of the organisms were taken, and dichotomous keys were used for identification (Flores-Villela et al., 1995; Lemos-Espinal et al., 2004; Lemos-Espinal & Smith, 2009a; Lemos-Espinal & Smith, 2009b; Rorabaugh & Lemos-Espinal, 2016; González-Hernández et al., 2021).

Furthermore, records from the Global Biodiversity Information Facility (GBIF, 2023) within the REMNSC were included and subjected to a thorough review and curation to validate the observations. The coordinates of the search box in GBIF were as follows: from 24.35 to 24.417 latitude and from -106.65 to -106.567 longitude. The search on GBIF included 202 records, with 199 records coming from citizen science (iNaturalist), and only two records deposited in the collection of the Museo de Zoología at the Facultad de Ciencias (MZFC) of UNAM (*Aspidoscelis costatus* and *Senticolis triaspis*). In Table 1, the records were labeled as either from GBIF or iNaturalist. It is worth noting that the iNaturalist records were exclusively categorized as “Research Grade”, which are entries that include all the necessary metadata and have been identified down to the species level (Clare et al., 2019). Records with doubtful identification or location were excluded

and subjected to verification or elimination, with the purpose of having in the database only those records that demonstrated higher certainty, plausibility, and accuracy in presence locations (Kittelberger et al., 2021; Castro-Bastidas & Serrano-Serrano 2022). To determine protection categories, we used the NOM-ECOL-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT, 2023), the Red List published by the International Union for Conservation of Nature (IUCN, 2023), and Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora (CITES).

During the fieldwork, auditory identification of amphibians was not conducted. However, we used vocalizations as a guide to locate some species. Furthermore, no specimens were collected in this study. Instead, individuals were temporarily contained for photography, identification, and subsequently released in the same location where they were found. It's worth noting that there are no local scientific collections or verified lists within the REMNSC.

RESULTS

A total of 55 amphibian and reptile species were observed, captured, and/or photographed within the REMNSC polygon, distributed among 22 families and 48 genera (Fig. 3; Table 1).

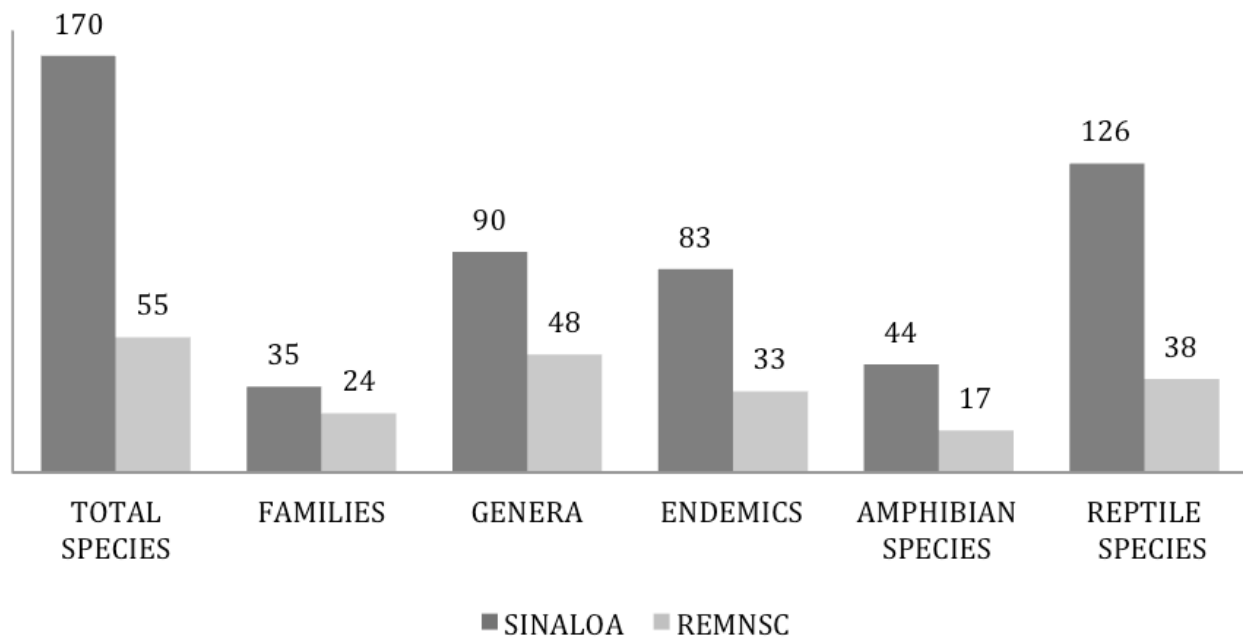


Figura 3. Comparación herpetofaunística entre el estado de Sinaloa y la reserva “El Mineral de Nuestra Señora de la Candelaria” en Sinaloa, México.

Figure 3. Herpetofaunal comparison between the state of Sinaloa and the “El Mineral de Nuestra Señora de la Candelaria” reserve in Sinaloa, Mexico.

Of these species, 34 are endemic to Mexico. In the case of amphibians, 17 species (30.9% of the total species) belonging to 7 families and 13 genera were recorded, with 10 species being endemic to Mexico. Regarding reptiles, 38 species (69.1% of the total species) from 15 families and 35 genera were documented, with 24 species being endemic to Mexico. Additionally, a single introduced species of gecko (*Hemidactylus frenatus*) was identified. Figures 4, 5, and 6 depict representative species of amphibians, snakes, and lizards and turtles, respectively, found in the REMNSC.

Among the 55 recorded species, 20 of them are included in some category of protection according to NOM-ECOL-059-SEMARNAT-2010, with 15 classified as “Special Protection” (Pr) and five as “Threatened” (A). According to the IUCN Red List, 45 species are categorized as “Least Concern” (LC), four as “Data Deficient” (DD), and only one as “Near Threatened” (NT) (IUCN, 2023). Additionally, five species are included in Appendix II of CITES (2023; Table 1).

Specifically for amphibians, four are categorized as Pr according to NOM-ECOL-059-SEMARNAT-2010. According to the IUCN, 16 amphibian species are classified as LC, and only one species is listed in Appendix II of CITES, as shown in Table 1. For reptiles, 16 species fall into some category of protection according to NOM-059-ECOL-059 (11 as Pr and five as A). Following the IUCN classification, 19 reptile species are considered LC, four as DD, and one as NT, in addition to 4 species in CITES Appendix II (Table 1).

Compared to previous records in Sinaloa, the REMNSC harbors approximately 32.4% of the state’s herpetofauna species. Of the 35 families present in Sinaloa, only 11 do not have records within the study area of the reserve. Furthermore, nearly 39.7% of the species recorded in the REMNSC are endemic to Mexico. Surprisingly, over half of the genera recorded in the state of Sinaloa are also present in the REMNSC, reaching 53%. Concerning amphibians, this reserve protects a significant 38.6% of the species present in the state, while for reptiles, this value is 30.2% (Fig. 3).

DISCUSSION

Despite not being executed with systematic sampling, the present study holds significant importance due to the extensive time that has passed since the last field exploration in the municipality of Cosalá, which took place in the late 1960s, during which an exhaustive inventory was not achieved, and the mountainous regions of the municipality were not thoroughly

explored (Hardy & McDiarmid, 1969). This resulted in a lack of valuable information, which is underscored by the recent confirmation of the presence of the Mexican long-tailed snake (*Enulius oligostichus*; Lara-Resendiz & Jacobó González, 2022), the mountain horned lizard (*Phrynosoma orbiculare*; Payan Cazares et al., 2023), the twin-spotted rattlesnake (*Crotalus pricei*; Gamez-Duarte et al., 2023), and the ridge-nosed rattlesnake (*Crotalus willardi*; Grünwald et al., 2023) in the state of Sinaloa.

Additionally, this study has contributed to expanding the distribution range of several reptile species, which have been formally recorded for the first time within the municipality thanks to this research (*Hypopachus variolosus* [Fig. 4G], *Enulius oligostichus* [Fig. 5F], *Leptodeira septentrionalis* [Fig. 5G], *L. splendida*, *Phyllodactylus homolepidurus* [Fig. 6B], *Sympholis lippiens*, *Tantilla yaquia*, *Tripion spatulatus*, and *Tropidodipsas philippi*). Furthermore, this effort has allowed for the creation of a comprehensive list of the herpetofauna in this area of the Cosalá municipality, including two snake species that had gone unnoticed in the last state inventory (*E. oligostichus* and *L. septentrionalis*; Lemos-Espinal & Smith, 2020) (Fig. 5F and G).

The results obtained reveal a remarkable diversity of amphibian and reptile species in the “El Mineral de Nuestra Señora de la Candelaria: Mundo Natural” reserve. The presence of 55 species, distributed across 22 families, underscores the importance of this ecosystem as a critical habitat for herpetofauna in the region. Particularly significant is the fact that 34 of these species are endemic to México (Table 1), highlighting the reserve’s role as a key repository for the conservation of unique species adapted to local conditions. The high proportion of endemic species underscores the importance of directing conservation and management efforts towards the preservation of habitats within the reserve. This is particularly crucial given the existing challenges such as cattle grazing, wood extraction for construction and firewood, as well as the continuous rise in tourist numbers and the use of automotive vehicles.

The inclusion of 20 species in protection categories, both according to NOM-ECOL-059-SEMARNAT-2010 and the IUCN Red List, underscores the vulnerability of many of the species found in the reserve (Table 1). The classification of five species as “Threatened” and one as “Near Threatened” suggests the presence of risk factors that could impact their long-term survival. The inclusion of five species in CITES Appendix II also highlights the importance of addressing the illegal trade and trafficking of species in the region. These results provide a solid foundation for the implementation of effective conservation measures, such as the creation of special protection areas and the promotion of

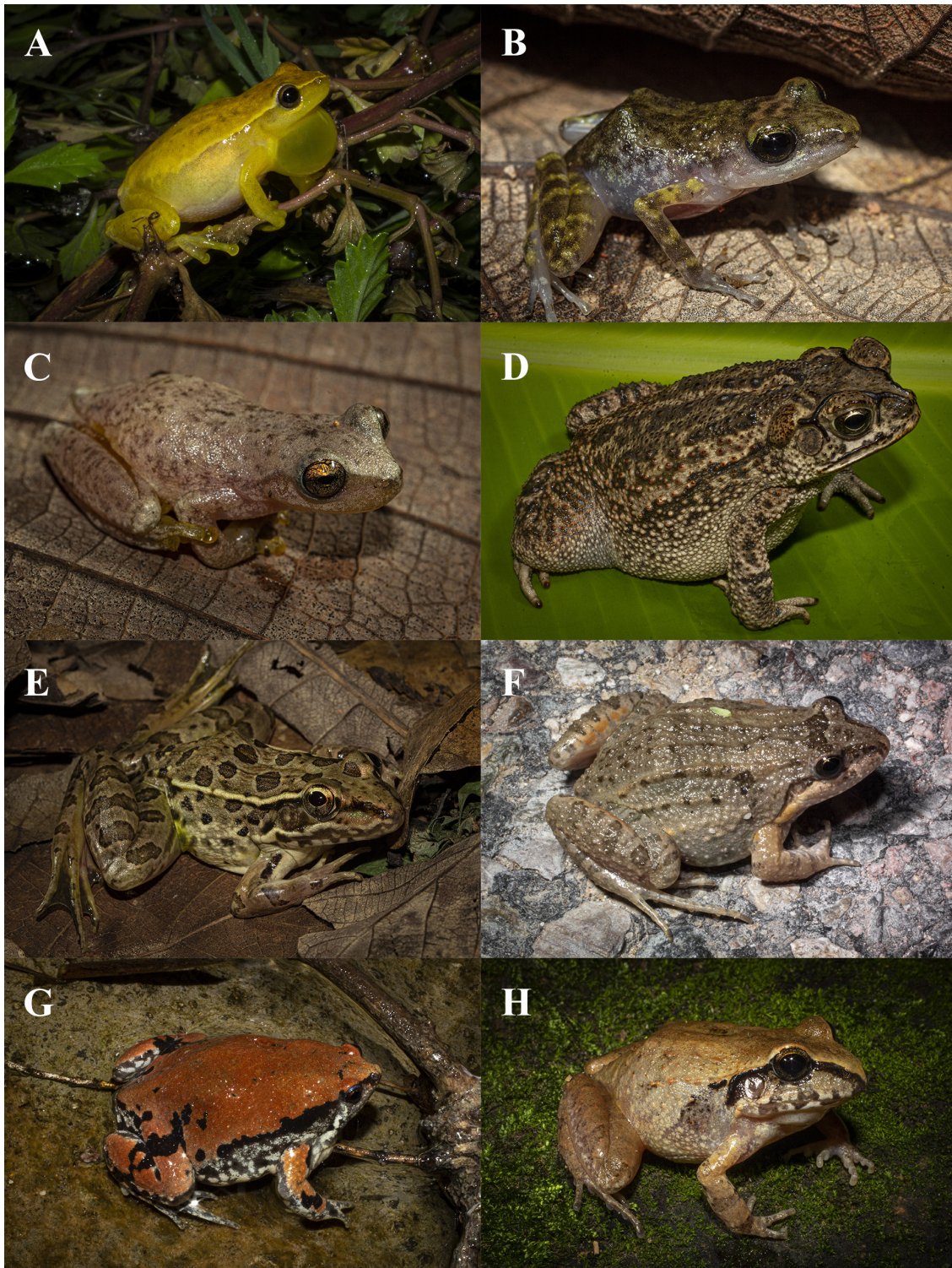


Figura 4. Especies representativas de anfibios encontrados en la reserva “El Mineral de Nuestra Señora de la Candelaria” en Sinaloa, México. A) *Tlalocohyla smithii*, B) *Eleutherodactylus interorbitalis*, C) *Exerodonta smaragdina*, D) *Incilius mazatlanensis*, E) *Lithobates magnaocularis*, F) *Leptodactylus melanonotus*, G) *Hypopachus variolosus*, H) *Craugastor occidentalis*. (Fotografías de ECA).

Figure 4. Representative amphibian species found in the “El Mineral de Nuestra Señora de la Candelaria” reserve in Sinaloa, Mexico. A) *Tlalocohyla smithii*, B) *Eleutherodactylus interorbitalis*, C) *Exerodonta smaragdina*, D) *Incilius mazatlanensis*, E) *Lithobates magnaocularis*, F) *Leptodactylus melanonotus*, G) *Hypopachus variolosus*, H) *Craugastor occidentalis*. (Photographs by ECA).



Figura 5. Especies representativas de serpientes encontrados en la reserva “El Mineral de Nuestra Señora de la Candelaria” en Sinaloa, México. A) *Micrurus distans*, B) *Agkistrodon bilineatus*, C) *Oxybelis microphthalmus*, D) *Drymarchon melanurus* (neonate), E) *Leptophis diplotropis*, F) *Enulius oligostichus*, G) *Leptodeira septentrionalis*, H) *Drymobius margaritiferus*. Fotografías de ECA (A-E) and JDJG (F-H).

Figure 5. Representative snake species found in the “El Mineral de Nuestra Señora de la Candelaria” Reserve in Sinaloa, Mexico. A) *Micrurus distans*, B) *Agkistrodon bilineatus*, C) *Oxybelis microphthalmus*, D) *Drymarchon melanurus* (neonate), E) *Leptophis diplotropis*, F) *Enulius oligostichus*, G) *Leptodeira septentrionalis*, H) *Drymobius margaritiferus*. (Photographs by ECA (A-E) and JDJG (F-H)).

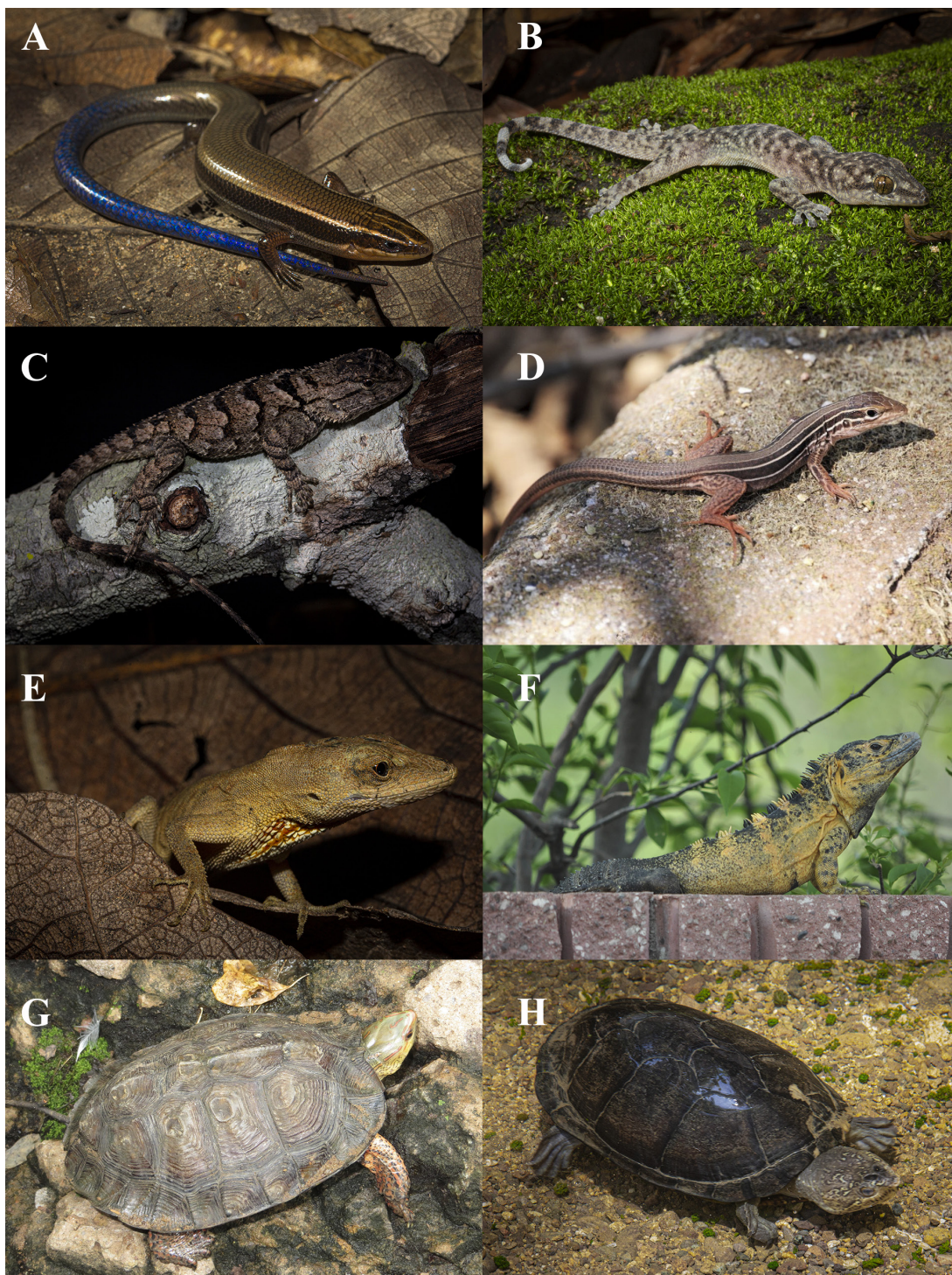


Figura 6. Especies representativas de lartijas y tortugas encontrados en la reserva “El Mineral de Nuestra Señora de la Candelaria” en Sinaloa, México. A) *Plestiodon callicephalus*, B) *Phyllodactylus homolepidurus*, C) *Sceloporus clarkii*, D) *Aspidoscelis costatus*, E) *Anolis nebulosus*, F) *Ctenosaura pectinata*, G) *Rhinoclemmys pulcherrima*, H) *Kinosternon integrum*. Fotografías de ECA (A-E, H) and RALR (F-G).

Figure 6. Representative species of lizards and turtles found in the “El Mineral de Nuestra Señora de la Candelaria” reserve in Sinaloa, Mexico. A) *Plestiodon callicephalus*, B) *Phyllodactylus homolepidurus*, C) *Sceloporus clarkii*, D) *Aspidoscelis costatus*, E) *Anolis nebulosus*, F) *Ctenosaura pectinata*, G) *Rhinoclemmys pulcherrima*, H) *Kinosternon integrum*. (Photographs by ECA (A-E, H) and RALR (F-G)).

environmental education programs to raise awareness among local communities about the importance of conservation.

The comparison of herpetofauna records in the reserve with those existing in Sinaloa highlights the value of REMNSC as a significant biodiversity reservoir. With 32.4% of the state's species present in the reserve, it demonstrates its fundamental role in preserving regional biological diversity. The presence of over half of the genera recorded in the state within the reserve further reinforces its importance as a representative and essential habitat for herpetofauna. Of the families recorded in Sinaloa (35), 11 were not recorded in the REMNSC, suggesting the possibility that the reserve may host even more species, emphasizing the need for additional research and continued monitoring (Figure 3).

The results of this study substantially contribute to scientific knowledge of biodiversity and the ecology of herpetofauna in the region. In addition to enriching the taxonomic database, these findings provide vital information for the design of specific conservation strategies. The detection of an introduced species (*Hemidactylus frenatus*) in the reserve underscores the need to implement control measures to minimize possible negative effects on native species. The combination of data from NOM-ECOL-059-SEMARNAT-2010, the IUCN, and CITES allows for a comprehensive assessment of the conservation status of species, supporting informed decision-making in the planning of conservation and restoration activities in the reserve and its surroundings. We recommend a set of actions to manage non-native species in the REMNSC, which involve regular monitoring to detect and control their presence, establishing strict rules to limit their introduction, raising awareness about the associated risks. Additionally, we recommend improving the restoration of native habitats and working together with local communities, scientists, and authorities to develop effective management strategies for protected species.

Since the sampling conducted did not follow a systematic approach, it is plausible that the number of species recorded in the REMNSC will increase as systematic efforts are made, targeting both target species and more general sampling. Nonetheless, the non-systematic approach of our study and our inability to construct a species accumulation curve could be considered a potential limitation. However, there is currently significant participation in citizen science projects by herpetofauna enthusiasts and photographers in the region, as documented on platforms like iNaturalist (Castro-Bastidas & Serrano-Serrano 2022). These projects have recorded species in areas adjacent to the study area and represent potential additions to the REMNSC.

Based on the records present in iNaturalist and observations made by the authors, among the species suggested as possible additions are: *Smilisca fodiens*, *Incilius punctatus*, *Sceloporus utiformis*, *Urosaurus ornatus*, *Heloderma exasperatum*, *Masticophis mentovarius*, *Pseudoficimia frontalis*, *Rhinocheilus antonii*, *Tantilla calamarina*, *Salvadora deserticola*, *Leptodeira punctata*, *Gyalopion quadrangulare*, *Crotalus stejnegeri*, *Terrapene nelsoni*, and *Trachemys ornata*. If these species were studied more comprehensively, they could further enrich the herpetofauna landscape in the reserve. Therefore, it is likely that the number of species is higher, further highlighting the continuously increasing ecological value of the area.

The rich diversity of amphibian and reptile species documented in REMNSC reveals its vital role as a crucial refuge for herpetofauna in the region known as the “Golden Triangle”. This area has been relatively understudied and is indirectly conserved due to restricted access and social challenges. These findings not only enrich our understanding of local biodiversity but also provide essential information for conservation and ecosystem management decision-making. The presence of endemic and protected species within the reserve underscores the need to implement effective conservation strategies to safeguard these unique habitats and their inhabitants. Furthermore, the identification of an introduced species highlights the importance of ongoing monitoring and control measures to prevent potential negative impacts on native wildlife. These results further underpin the reserve's status as an area of high ecological value and emphasize the importance of its long-term preservation.

CONCLUSION

In summary, this study on the herpetofauna in the “El Mineral de Nuestra Señora de la Candelaria: Mundo Natural” reserve has revealed remarkable biological richness and uniqueness in the area. The notable diversity of amphibian and reptile species, along with the presence of endemics and species under protection categories, emphasizes the significance of this reserve as a crucial stronghold for their conservation.

The combination of taxonomic and conservation data provides a solid foundation for the formulation of ecological management strategies and long-term conservation plans. As the region faces increasing challenges in the context of environmental changes, these results offer a detailed overview of local diversity and underscore the pressing need to preserve and protect these unique ecosystems to maintain ecological balance and conserve herpetofauna in the region.

Acknowledgments.— We want to express our gratitude to the staff of the “El Mineral de Nuestra Señora de la Candelaria” Reserve (REMNSC) for their collaboration and support. We extend our recognition to Dr. Jesús Madueña Molina, the Rector of the Universidad Autónoma de Sinaloa, and Mrs. Rafaela Corrales Salcido, Coordinator of REMNSC, for her constant support and dedication. Special thanks to Dr. Alfredo Leal Sandoval for his invitation to contribute to this university bastion dedicated to conservation, and to Msc. Edgar Alberto Gamez Duarte for his invaluable cartography contribution. RALR extends gratitude to CONAHCyT and ITSON for their support in the repatriation process, as well as PROFAPI 2023_033RALR. Specimens were collected in accordance with SEMARNAT capture permits SGPA/DGVS/06768/17, SGPA/DGVS/003209/18, and SGPA/DGVS/05789/19, issued by the Dirección General de Vida Silvestre, Mexico. Finally, we would like to thank two anonymous reviewers.

CITED LITERATURE

- Acevedo-Rincón, A.A., M. Lampo & R. Cipriani. 2016. The cane or marine toad, *Rhinella marina* (Anura, Bufonidae): two genetically and morphologically distinct species. *Zootaxa* 4103:574-586.
- Aguirre-Zazueta, M., J.D. Jacobo González & H.A. Castro Bastidas. 2023a. Los reptiles de Sinaloa: nuevos registros municipales y listado de especies raras. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 6:85-91.
- Aguirre-Zazueta M., J.D. Jacobo-González, H.A. Castro-Bastidas & J.A. Loc-Barragán. 2023b. Observation of ophiophagy and possible arboreal behavior in *Micrurus distans* (Squamata: Elapidae) on *Leptodeira septentrionalis* (Squamata: Dipsadidae) and comments on its distribution in Sinaloa, Mexico. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 6:167-171.
- Álvarez-Yépiz, J.C., A. Martínez-Yrizar, A. Búrquez & C. Lindquist. 2008. Variation in vegetation structure and soil properties related to land use history of old-growth and secondary tropical dry forests in northwestern Mexico. *Forest Ecology and Management* 256:355-366.
- Arenas-Moreno, D.M., F.J. Muñoz-Nolasco, A.B. Moral, L.A. Rodríguez-Miranda, S.F. Domínguez-Guerrero & F.R. Mendez-de la Cruz. 2021. A new species of *Lepidophyma* (Squamata: Xantusiidae) from San Luis Potosí, México, with notes on its physiological ecology. *Zootaxa* 4949:1-6.
- BirdLife International. 2022. Important Bird Areas factsheet: El Mineral de Nuestra Señora. <http://www.birdlife.org>. [Accessed in February 2022].
- Card, D.C., D.R. Schield, R.H. Adams, A.B. Corbin, B.W. Perry, A.L. Andrew, G.I.M. Pasquesi, E.N. Smith, T. Jezkova, S.M. Boback, W. Booth & T.A. Castoe. 2016. Phylogeographic and population genetic analyses reveal multiple species of *Boa* and independent origins of insular dwarfism. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 102:104-116.
- Carpio-Domínguez, J.L. 2021. Crimen organizado (narcotráfico) y conservación ambiental: el tema pendiente de la seguridad pública en México. *Revista CS* 33:237-274.
- Castro-Bastidas, H.A. & J.M. Serrano-Serrano. 2022. La plataforma Naturalista como herramienta de ciencia ciudadana para documentar la diversidad de anfibios en el estado de Sinaloa, México. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 5:156-178.
- Ceballos, G., P.R. Ehrlich, A.D. Barnosky, A. García, R.M. Pringle & T.M. Palmer. 2015. Accelerated modern human-induced species losses: Entering the sixth mass extinction. *Science Advances* 1:e1400253.
- CITES. 2023. Convencion Sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. Apéndice I, II, III. <https://cites.org/sites/default/files/esp/app/2023/S-Appendices-2023-01-11.pdf>. [Accessed in October 2023].
- CONAGUA. 2023. Comisión Nacional del Agua. Normales climatológicas por estado: Sinaloa. <https://smn.conagua.gob.mx/es/informacion-climatologica-por-estado?estado=sin>. [Accessed in August 2023].
- CONANP. 2023. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. <https://www.gob.mx/conanp/documentos/region-noroeste-y-alto-golfo-de-california?state=published>. México. [Accessed in October 2023].
- Clare, J.D.J., P.A. Townsend, C. Anhalt-Depies, C. Locke, J.L. Stenglein, S. Frett, K.J. Martin, A. Singh, T.R. Van Deelen & B. Zuckerberg. 2019. Making inference with messy (citizen science) data: when are data accurate enough and how can they be improved? *Ecological Applications* 29:e01849.
- Devitt, T.J., T.J. LaDuc & J.A. McGuire. 2008. The *Trimorphodon biscutatus* (Squamata: Colubridae) species complex revisited: A multivariate statistical analysis of geographic variation. *Copeia* 2008:370-387.

- Devitt, T., K. Tseng, M. Taylor-Adair, S. Koganti, A. Timugura & D. Cannatella. 2023. Two new species of *Eleutherodactylus* from western and central Mexico (*Eleutherodactylus jamesdixonii* sp. nov., *Eleutherodactylus humboldti* sp. nov.). *PeerJ* 11:e14985.
- Dixon, J.R. 1964. The Systematics and Distribution of Lizards of the Genus *Phyllodactylus* in North and Central America. New Mexico State University Scientific Bulletin. Nuevo México. USA.
- Duellman, W.E. 1957. Notes on snakes from the Mexican state of Sinaloa. *Herpetologica* 13:237-240.
- Duellman, W.E. 1970. The Hylid Frogs of Middle America. 2 volumes. Monograph. Museum of Natural History, University of Kansas, Kansas. USA.
- Duellman, W.E., A.B. Marion & S.B. Hedges. 2016. Phylogenetics, classification, and biogeography of the treefrogs (Amphibia: Anura: Arboranae). *Zootaxa* 4104:1-109.
- Faivovich J., C.F.B. Haddad, P.C. Garcia, D.R. Frost, J.A. Campbell & W.C. Wheeler. 2005. Systematic review of the frog family Hylidae, with special reference to Hylinae: a phylogenetic analysis and taxonomic revision. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 294:1-240.
- Feldman, C.R., O. Flores-Villela & T.J. Papenfuss. 2011. Phylogeny, biogeography, and display evolution in the tree and brush lizard genus *Urosaurus* (Squamata: Phrynosomatidae). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 61:714-725.
- Flores-Villela, O. 1993. Herpetofauna of Mexico: distribution and endemism. Pp. 253-280. En T.P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot & J. Fa (Eds.), *Biological Diversity of Mexico: Origins and Distribution*. Oxford University Press. New York, USA.
- Flores-Villela, O.A., F. Mendoza-Quijano & G. González-Porter. 1995. Recopilación de Claves para la Determinación de Anfibios y Reptiles de México. Universidad Nacional de Autónoma de México, Distrito Federal, México.
- Flores-Villela, O.A. & U.O. García-Vázquez. 2014. Biodiversidad de reptiles en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85:S467-S475.
- Frost, D.R. 2023. Amphibian Species of the World: an Online Reference. Version 6.2. <https://amphibiansoftheworld.amnh.org/index.php>. American Museum of Natural History, New York, USA. [Accessed in January 2023].
- Fugler, C.M. & J.R. Dixon. 1961. Notes on the herpetofauna of the El Dorado area of Sinaloa, Mexico. *Publications of the Museum Michigan State University* 2:1-24.
- Gamez-Duarte, E.A., J.D. Jacobo-González, H.A. Castro-Bastidas & R.A. Lara-Resendiz. 2023. Nuevo registro de *Crotalus pricei* (Squamata: Viperidae) para Sinaloa, México. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 6:07-09.
- GBIF. 2023. Global Biodiversity Information Facility. <http://www.gbif.org>. Occurrence download. <https://doi.org/10.15468/dl.ckkz8r>. [Accessed in June 2023].
- González-Hernández, A.J.X., J.M. Garza-Castro & C.J. Balderas-Valdivia. 2021. Manual de Identificación de la Herpetofauna de México. Dirección General de Divulgación de la Ciencia/Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Grünwald, C.I., J. Reyes-Velasco, H. Franz-Chávez, K.I. Morales-Flores, I.T. Ahumada-Carrillo, J.M. Jones & S. Boissinot. 2018. Six new species of *Eleutherodactylus* (Anura: Eleutherodactylidae: subgenus *Syrrophus*) from Mexico, with a discussion of their systematic relationships and the validity of related species. *Mesoamerican Herpetology* 5:7-83.
- Grünwald C., S. Toribio-Jiménez, C. Montaña, H. Franz-Chávez, M. Peñaloza-Montaña, N.E. Barrera, J. Jones, C. Rodriguez, I. Hughes, J. Strickland, V.J. Reyes. 2021. Two new species of snail-eating snakes of the genus *Tropidodipsas* (Serpentes, Dipsadidae) from southern México, with notes on related species. *Herpetozoa* 34:233-257. <https://doi.org/10.3897/herpetozoa.34.e69176>.
- Grünwald C.I., M.A. González-Bernal, E.I. Rojas-Aguilar, R. Ramírez-Chaparro & I.T. Ahumada-Carrillo. 2023. New distributional records for montane *Crotalus* (Serpentes: Viperidae) in the Golden Triangle Region of Chihuahua, Sinaloa, and Durango, México. *Bulletin of the Chicago Herpetological Society* 58:93-96.
- Guevara N.E. 2013. "Nuestra Señora De Cosalá: «La Frontera Agredida»". Pp. 195-206. In: A. García Cortés (Ed), "Crónicas Mineras" 2da Ed. Universidad Autónoma de Sinaloa, México.
- Gibbons, J.W., D.E. Scott, T.J. Ryan, K.A. Buhlmann, T.D. Tuberville, B.S. Metts, J.L. Greene, T. Mills, L. Yale, P. Sean & C.T. Winne. 2000. The global decline of reptiles, déjà vu amphibians. *Bioscience* 50:653-666.

- Hardy, L.M. & R.W. McDiarmid. 1969. The amphibians and reptiles of Sinaloa, Mexico. University of Kansas Publication Museum of Natural History 18:39-252
- 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.
- Humphrey F.L. & F.A. Shannon. 1958. A state record and range extension for the snake *Sympholis lippiens* (Serpentes: Colubridae). *Herpetologica*, 13:257-260.
- iNaturalist (2023). iNaturalist Research-grade Observations. iNaturalist.org. Occurrence dataset <https://doi.org/10.15468/dl.ckkz8r> accessed via GBIF.org [Accessed in June 2023].
- INEGI. 2022. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. <http://www.inegi.org.mx>. México. [Accessed in August 2022].
- Jiménez-Arcos, V.H., R.A. Calzada-Arciniega, L.A. Alfaro-Juantorena, L.D. Vázquez-Reyes, C. Blair & G. Parra-Olea. 2019. A new species of *Charadrahyla* (Anura: Hylidae) from the cloud forest of western Oaxaca, Mexico. *Zootaxa* 4554:371-385.
- Keogh, J.S. 1996. Evolution of the colubrid snake Tribe Lampropeltini: a morphological perspective. *Herpetologica* 52:406-416.
- Kittelberger, K.D., S.V. Hendrix & Ç.H. Şekercioğlu. 2021. The value of citizen science in increasing our knowledge of under-sampled biodiversity: an overview of public documentation of Auchenorrhyncha and the Hoppers of North Carolina. *Frontiers in Environmental Science* 9:1-15.
- Lara-Resendiz, R.A. & J.D. Jacobo González. 2022. New records of the snake *Enulius oligostichus* in Sinaloa and comments on its distribution. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 4:101-104.
- Lara-Resendiz R.A., B.C. Larraín-Barrios & R.E. Felix-Burrue. 2017. *Coleonyx fasciatus*. *Mesoamerican Herpetology* 4:949-950.
- Lavín, M.P.A., F.O.M. Hinojosa & V.D. Lazcano. 2004. Anfíbios y reptiles del estado de Sinaloa. Pp. 311-320. En J.L. Cifuentes Lemos & J. Gaxiola López (Eds.), *Atlas de Biodiversidad de Sinaloa*. El Colegio de Sinaloa, Sinaloa, México.
- Lemos-Espinal, J.A., H.M. Smith, D. Chiszar & G. Woolrich-Piña. 2004. Snakes from Chihuahua and adjacent states of Mexico. *Bulletin of the Chicago Herpetological Society* 39:206-213.
- Lemos-Espinal, J.A. & H.M. Smith. 2009a. Anfíbios y Reptiles del Estado de Chihuahua, México/Amphibians and Reptiles of the State of Chihuahua, Mexico. Universidad Nacional Autónoma de México; Comisión para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- Lemos-Espinal, J.A. & H.M. Smith. 2009b. Claves para los Anfíbios y Reptiles de Sonora, Chihuahua y Coahuila, México / Keys to the Amphibians and Reptiles of Sonora, Chihuahua and Coahuila, Mexico. Universidad Nacional Autónoma de México, University of Colorado at Boulder, Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad, México.
- Lemos-Espinal, J.A. & G.R. Smith. 2020. A checklist of the amphibians and reptiles of Sinaloa, Mexico with a conservation status summary and comparisons with neighboring states. *ZooKeys* 931:85-114.
- 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.
- Lewis, T.H. & M.L. Johnson. 1956. Notes on a herpetological collection from Sinaloa, Mexico. *Herpetologica* 12:277-280.
- Lieb, C.S. 1985. Systematics and distributions of the skinks allied to *Eumeces tetragrammus* (Sauria:Scincidae). *Contributions in Science* 357:1-19.
- Loc-Barragán, J.A., H. Franz-Cáve, A.J. Grunwald & C.I. Grünwald. 2020. Geographic distribution. *Eleutherodactylus pallidus*. *Herpetological Review* 51:532.
- López-Luna, M.A., F.G. Cupul-Magaña, A.H. Escobedo-Galván, A.J. González-Hernández, E. Centenero-Alcalá, J.A. Rangel-Mendoza, M.M. Ramírez-Ramírez & E. Cazares-Hernández. 2018. A distinctive new species of mud turtle from Western México. *Chelonian Conservation and Biology* 17:2-13.
- Mendelson, J.R., D.G. Mulcahy, T.S. Williams & J.W. Sites. 2011. A phylogeny and evolutionary natural history of mesoamerican toads (Anura: Bufonidae: *Incilius*) based on morphology, life history, and molecular data. *Zootaxa* 3138:1-34.
- McDiarmid, R.W., J.F. Copp & D.E. Breedlove. 1976. Notes on the herpetofauna of Western Mexico: new records from Sinaloa and the Tres Marias Islands. *Contributions in Science Natural History Museum of Los Angeles County* 275:1-17.



- Montaño-Ruvalcaba C., M.F. Rebolledo-Vélez, B.I. Crother, I.Y. Martínez-Navarro, N. Ríos-Bricio & J. Reyes-Velasco. 2021. *Tropidodipsas philippii* (Philippi's Snail-eating Snake). *Reproduction. Herpetological Review* 52:677.
- Mulcahy, D.G. 2008. Phylogeography and species boundaries of the western North American Nightsnake (*Hypsiglena torquata*): Revisiting the subspecies concept. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 46:1095-1115.
- Mulcahy, D.G., J.E. Martínez-Gómez, G. Aguirre-León, J.A. Cervantes-Pasqualli & G.R. Zug. 2014. Rediscovery of an endemic vertebrate from the remote Islas Revillagigedo in the Eastern Pacific Ocean: The Clarión Nightsnake lost and found. *PLoS ONE* 9:e97682.
- Myers A.E., L.J. Burgoon, M.J. Ray, J.E. Martínez-Gómez, N. Matías-Ferrer, D.G. Mulcahy & F.T. Burbrink. 2017. Coalescent species tree inference of *Coluber* and *Masticophis*. *Copeia* 105:640-648.
- Ochoa-Ochoa, L.M. & O.A. Flores-Villela. 2006. Áreas de Diversidad y Endemismo de la Herpetofauna Mexicana. Distrito Federal, México: Universidad Nacional Autónoma de México / Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- Parra-Olea, G., O. Flores-Villela & C. Mendoza-Almeralla. 2014. Biodiversidad de anfibios en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85:S460-S466.
- Payan Cazares, E., E.A. Gamez Duarte, J.D. Jacobo González & H.A. Castro Bastidas. 2023. *Phrynosoma orbiculare* (Squamata: Phrynosomatidae). *Revista Latinoamericana de Herpetología*, 6:162-163.
- Porras L.W., L.D. Wilson, G.W. Schuett, R.S. & Reiserer. 2013. A taxonomic reevaluation and conservation assessment of the common cantil, *Agkistrodon bilineatus* (Squamata: Viperidae): a race against time. *Amphibian & Reptile Conservation* 7:48-73.
- Ramírez-Bautista, A., L.A. Torres-Hernández, R. Cruz-Elizalde, C. Berriozabal-Islas, U. Hernández-Salinas, L.D. Wilson, J.D. Johnson, L.W. Porras, C.J. Balderas-Valdivia, A.J.X. González-Hernández & V. Mata-Silva. 2023. An updated list of the Mexican herpetofauna: with a summary of historical and contemporary studies. *ZooKeys* 1166:287-306.
- Reiserer R.S, G.W. Schuett, D.D. Beck. 2013. Taxonomic reassessment and conservation status of the beaded lizard, *Heloderma horridum* (Squamata: Helodermatidae). *Amphibian & Reptile Conservation* 7:74-96.
- Romero-García, O. 2018. Capacidad de carga turística de la Reserva Ecológica Mineral de Nuestra Señora de Cosalá, Sinaloa, México. *Agro Productividad* 7:30-34.
- Rorabough J.C. & J.A. Lemos-Espinal. 2016. A Field Guide to the Amphibians and Reptiles of Sonora, Mexico. Eco Herpetological Publishing and Distribution, Rodeo, Nuevo México, USA.
- 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.
- Rubio, Y., H. Bárcenas & A. Beltrán. 2010. El Mineral de Nuestra Señora, Cosalá Sinaloa. Pp 410-414. In Ceballos, G., L. Martínez, A. García, E. Espinoza, J. Bazaurry & R. Dirzo (Eds), *Diversidad, Amenazas y Áreas Prioritarias para la Conservación de las Selvas Secas del Pacífico de México*. Fondo de Cultura Económica. México.
- Sarukhán, J. & G. García-Méndez. 2003. Hacia un mejor conocimiento de la biodiversidad de Sinaloa. Pp. 13-24. In J. L. Cifuentes-Lemus & J. Gaxiola-López (Eds.), *Atlas de los ecosistemas de Sinaloa*. El Colegio de Sinaloa, Culiacán, Sinaloa, México.
- Secretaría General de Gobierno. 2002. Decreto que Declara Área Natural Protegida de Jurisdicción Local, con el Carácter de Zona Sujeta a Conservación Ecológica, la Región Conocida Como el Mineral de Nuestra Señora de la Candelaria, Periódico Oficial del Estado de Sinaloa, Mexico.
- SEMARNAT. 2010. Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Norma Oficial Mexicana-059. Diario Oficial de la Federación. <https://www.gob.mx/profepa/documentos/norma-oficial-mexicana-nom-059-semarnat-2010>. México. [Accessed in August 2023].
- Serrano, J.M., C.A. Berlanga-Robles, A. Ruiz-Luna & B.M. Wielstra. 2014. High amphibian diversity related to unexpected environmental values in a biogeographic transitional area in north-western Mexico. *Contributions to Zoology* 83:151-166.
- Sinervo, B., F. Méndez-de la Cruz, D.B. Miles, B. Heulin, E. Bastiaans, M. Villagrán-Santa Cruz, R. Lara-Resendiz, N. Martínez-Méndez, M.L. Calderón-Espinosa, R.N. Meza-Lázaro, H. Gadsden, L.J. Avila, M. Morando, I.J. De la Riva, P.V. Sepulveda, C.F.D. Rocha, N. Ibargüengoytia, C.A. Puntriano, M. Massot, V. Lepetz, T.A. Oksanen, D.G. Chapple, A.M. Bauer, W.R. Branch, J. Clobert & J.W. Sites. 2010. Erosion of lizard diversity by climate change and altered thermal niches. *Science* 328:894-899.

- Smith, H. M. & R.G. Van Gelder. 1955. New and noteworthy amphibians and reptiles from Sinaloa and Puebla, Mexico. *Herpetologica* 11:145-149.
- Uetz, P., P. Freed, R. Aguilar & J. Hošek. 2023. The Reptile Database. <http://www.reptile-database.org>. [Accessed in June 2023].
- IUCN. 2023. Union Internacional para la Conservación de la Naturaleza, Lista roja de especies amenazadas. <https://www.iucnredlist.org/es>. [Accessed in August 2023].
- Uriarte-Garzón P. A.E. Valdenegro-Brito, H. Bárcenas-Rodríguez, U.O. García-Vázquez. 2020. Nuevos registros de distribución de *Micruroides euryxanthus australis* y *Micruroides euryxanthus neglectus* (Serpentes: Elapidae), y su distribución potencial en Sinaloa, México. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 3:149-154.
- Valdez-Villavicencio, J.H. & A. Peralta-García. 2008. *Hemidactylus frenatus* (Sauria: Gekkonidae) en el noroeste de México. *Acta Zoológica Mexicana* 24:229-230.
- Wilson, D.E., J.H. Townsend & J.D. Johnson. 2010. Conservation of Mesoamerican Amphibians and Reptiles. Eagle Mountain, Utah. USA.
- Winter, M., W. Fiedler, W.M. Hochachka, A. Koehncke, S. Meiri & I. De la Riva. 2016. Patterns and biases in climate change research on amphibians and reptiles: a systematic review. *Royal Society Open Science* 3:160158.
- Zaldívar-Riverón, A., V. León-Regagnon & A. Nieto-Montes de Oca. 2004. Phylogeny of the Mexican coastal leopard frogs of the *Rana berlandieri* group based on mtDNA sequences. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 30:38-49.
- Zweifel, R.G. 1959. Snakes of the genus *Imantodes* in western Mexico. *American Museum Novitates* 1961:1-17.



FIRST RECORD OF DIET AND CLUTCH OF TREEFROG *HYALINOBATRACHIUM VIRIDISSIMUM* (TAYLOR, 1942; ANURA: CENTROLENIDAE) IN MOUNTAINOUS CENTRAL VERACRUZ, MÉXICO

PRIMER REGISTRO DE DIETA Y NIDADA DE LA RANA ARBORÍCOLA *HYALINOBATRACHIUM VIRIDISSIMUM* (TAYLOR, 1942; ANURA: CENTROLENIDAE) EN EL CENTRO MONTAÑOSO DE VERACRUZ, MÉXICO

Tonantzin Carmona-Zamora^{1*} & Aurelio Ramírez-Bautista¹

¹Laboratorio 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, 42184, Mineral de La Reforma, Hidalgo, México

*Correspondence: carmonatonantzin@hotmail.com

Received: 2023-08-24. Accepted: 2023-10-28. Published: 2023-11-28.

Editor: César Antonio Ríos-Muñoz, México.

Abstract.– In this note, we report the diet and clutches of two specimens of the frog, *Hyalinobatrachium viridissimum*, as well as the larval development stages and morphological attributes in a transformed environment (grazing area) in the state of Veracruz, Mexico. This report contributes to the knowledge of the natural history of the species, and therefore, to its conservation.

Key words.– Frog, egg clutch, habitat, prey.

Resumen.– En esta nota, reportamos la dieta y puesta de huevos de dos especímenes de la rana, *Hyalinobatrachium viridissimum*, así como su estadio de desarrollo y atributos morfológicos en un ambiente transformado (pastizal para ganado) en el estado de Veracruz, México. Esta nota contribuye al conocimiento de la historia natural de la especie, y por lo tanto, para su conservación.

Palabras clave.– Rana, dieta, hábitat, presas, puesta de huevos.

The diet of amphibians provides information about their natural history and environmental fluctuations in their habitat, this is reflected in the quantity and quality of the food resource within and among seasons and/or years (Anderson et al., 1999). The energy flow and food webs of the animal communities are related with their morphology, physiology, and behavior (Solé & Rödder, 2010). Amphibians feed on different types of prey, mainly arthropods, some species are specialists or generalists, in addition, the amphibians can practice cannibalism (Stebbins & Cohen, 1995; Wells, 2007). However, the diet of amphibians can change during their different stages of development (ontogeny), for example, some species of amphibians in the tadpole (larvae) stage have an exclusively herbivorous diet, while in the adult stage, they feed on plants and arthropods (Duellman & Trueb, 1986; Stebbins & Cohen, 1995).

Hyalinobatrachium viridissimum is a small tree frog, which belongs to the Centrolenidae family; this species is characterized by having green skin except in the ventral region where the skin

is translucent, and it allows to see internal organs (Lee, 1996). The species is distributed in humid and cloud forest environments in the states of Chiapas, Oaxaca, Veracruz, Puebla, and Tabasco in Mexico, as well as in the Motagua-Polochic-Jocotán system through the lowlands of Guatemala and Honduras (Mendoza-Henao et al., 2020), at an elevation from 20 to 1275 masl (Morrone, 2017; Mendoza-Henao et al., 2020). It has been reported that the average size of snout vent length (SVL) of adult male is 21.7 mm, while for adult female is from 22.4 to 24.11 mm (Mendoza-Henao et al., 2020). Eggs of the species generally are deposited in the underside of leaves and the clutch size is between 14 and 30 eggs (Salazar-Nicholls & Del Pino, 2015). The diet of *H. viridissimum* is insectivore for tropical forest in Puebla state, Mexico (Luría-Manzano & Ramírez-Bautista, 2019).

During field work sampling, on 16th September 2022 around of 23:50 h, were found three male of *H. viridissimum* on leaves of a tree, they were close to two clutches near of a water body in an area of cattle pasture in the region of Coatepec, Veracruz (19° 28'



Figura 1. Puesta de huevos de rana *H. viridissimum*. A) Puesta de huevos en el estadio de desarrollo embrionario 12vo en el envés de la hoja. B) Puesta de huevos en el estadio de desarrollo embrionario 21ero en el haz de la hoja.

Figure 1. Clutch of the treefrog *H. viridissimum*. A) Clutch in 12th development state, in underside of leaf. B) Clutch in 21st development state, on top of the leaf.

14.62800° N, 96° 58' 13.29600° W; 1,231.3 m a.s.l.). These specimens were subjected to stomach lavage using the stomach flushing method (Solé et al., 2005); of these, all of them had food in their stomach, except for one specimen, its stomach was empty. In addition, data were taken on the individuals' length (SVL) with a digital caliper (± 0.02 mm) and weight (g) with a digital scale (± 0.01 ; Table 1). The stomach contents were identified to order level with the key of Triplehorn & Johnson (2005; Table 1), and after that, frogs were released at the capture site.

The two clutches were placed at two meters high from the stream. The identification of the embryonic development stages of *H. viridissimum* was determined with the support of the Larval Development Table by Salazar-Nicholls & Del Pino (2015). The first clutch size was found on the underside of a leaf, it had 24 eggs in the state 12th of development (Fig. 1A) and the second clutch was found on top of the leaf with 25 eggs in the development state number 21 (Fig. 1B).

Prior to this study, *H. viridissimum* egg clutches were recorded in cloud forest (Ocaña-Díaz et al., 2020); another register was reported for a cloud forest environment in the Sierra de Zongolica region (Díaz-García et al., 2021), both cases were in the state of Veracruz; however, nothing exists about the diet of *H. viridissimum*, so this is the first record of the diet of *H.*

Tabla 1. Tamaño (LHC; mm), peso (g; n=3) y órdenes de presas (n=2) regurgitadas por las ranas *Hyalinobatrachium viridissimum* analizadas del pastizal para ganado de la zona centro montañosa del estado de Veracruz

Table 1. Snout vent-length (SVL; mm), weight (g; n=3) and Order of preys (n=2) from the treefrogs *Hyalinobatrachium viridissimum* in cattle pasture (grazing area) in mountainous central Veracruz state.

SVL (mm)	Weight (g)	Number of prey	Prey (Order)
22	0.87	1	Araneae
21	0.83	1	Hemiptera
22	1.1	-	-

viridissimum in a cattle pasture in the mountainous area of the central part of Veracruz.

Finally, it is worth mentioning that the selection of prey in the diet of amphibians can change depending on abiotic (variation in precipitation) and biotic factors (types of prey and their variation between seasons and according to the vegetation cover); therefore, knowing the diet of amphibians is important, since some amphibians survive the transformation of the habitat, and adjust their diet to the available prey according to the fluctuations of the environment in which they live (Luría-Manzano & Ramírez-Bautista, 2017). This allows developing conservation strategies for the species and obtaining knowledge about its intraspecific and interspecific importance in the habitat (Solé & Rödder, 2010). The diet and clutch size records of this species are part of its natural history and inform about its status in a cloud forest environment heavily damaged by anthropogenic effects.

Acknowledgements.– We thank Derian and Danna Ruíz for their help in the field work; to Israel Moreno Lara for his support in revising the work. To CONAHCYT for the scholarship awarded (Number 821860) to Tonantzin Carmona-Zamora for being within the master's program in Biodiversity and Conservation at the CIB of the UAEH. We thank Dr. César Antonio Ríos-Muñoz and an anonymous reviewer for their valuable comments that improved the work significantly, and finally to Dr. Jonathon C. Marshall for the English review.

CITED LITERATURE

- Anderson, A.M., D.A. Hauko & J.T. Anderson. 1999. Diet composition of three anurans from the Playa Wetlands of Northwest Texas. *Copeia* 1999:515-520.
- Díaz-García J.M., J. Ramos-Luna, J.A. Giles-García, K. A. Téllez-Ramos & G. Silva-Hernández. 2021. *Hyalinobatrachium viridissimum* (Centrolenidae). *Revista Latinoamericana de Herpetología* 04:203-204.
- Duellman, W.E. & L. Trueb. 1986. *Biology of the Amphibians*. London.
- Lee J.C. 1996. *The Amphibians and Reptiles of the Yucatán Peninsula*. Cornell university.
- Luría-Manzano, R. & A. Ramírez-Bautista. 2017. Diet comparison between rainforest a cave populations of *Craugastor alfredi* (Anura: Craugastoridae): does diet vary in contrasting habitats? *Journal of Natural History* 51:2346-2364.
- Luría-Manzano, R. & A. Ramírez-Bautista. 2019. Dietary composition and selection in the stream-breeding anuran assemblage from a tropical wet forest in Eastern Mexico. *Acta Oecologica* 98:36-44.
- Mendoza-Henao A.M., E. Arias, J.H. Townsend & G. Parra-Olea. 2020. Phylogeny-based species delimitation and integrative taxonomic revision of the *Hyalinobatrachium fleischmanni* species comple, with resurrection of *H. viridissimum* (Taylor, 1942). *Systematics and Biodiversity* 18:464-484.
- Morrone J.J. 2017. Biogeographic regionalization of the Sierra Madre del Sur province, Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 88:710-714.
- Ocaña-Díaz, E., E.A. Suárez-Domínguez, N. López-Mendoza, O.R. Vivanco-Montané & E.A. Bello-Sánchez. 2020. Nuevos registros de puestas de huevos de la ranita de cristal norteña *Hyalinobatrachium fleischmanni* (Anura: Centrolenidae). *Revista Latinoamericana Herpetología* 3:133-138.
- Salazar-Nicholls, M.J. & E.M. Del Pino. 2015. Early development of the glass frogs *Hyalinobatrachium fleischmanni* and *Espadarana callistomma* (Anura: Centrolenidae) from cleavage to tadpole hatching. *Amphibian & Reptile Conservation* 8:89-106.
- Solé, M., O. Beckmann, B. Pelz, A. Kwet & W. Engels. 2005. Stomach-flushing for diet analysis in anurans: an improved protocol evaluated in a case study in *Araucaria* forests, southern Brazil. *Neotropical Fauna Environment* 4: 23-28.
- Solé, M. & D. Rödder. 2010. Dietary assessment of adult amphibians. Pp. 167-169. In C.K. Jr. Dodd (Ed.). *Amphibian Ecology and Conservation*. Oxford University Press.
- Stebbins, R.C. & N.W. Cohen. 1995. *A Natural History of Amphibians*. Princeton University Press.
- Triplehorn, C.A. & N.F. Johnson. 2005. *Borror and Delong's Introduction to the Study of Insects*. Seventh edition. Brooks/ Cole Cengage Learning. E.U.A.
- Wells, K.D. 2007. *The Ecology and Behavior of Amphibians*. University of Chicago Press.



CANNIBALISM IN A SANTA CRUZ LAVA LIZARD, *MICROLOPHUS INDEFATIGABILIS* (TROPIDURIDAE), IN THE GALÁPAGOS ISLANDS

CANIBALISMO EN UNA LAGARTIJA DE LAVA DE SANTA CRUZ, *MICROLOPHUS INDEFATIGABILIS*, EN LAS ISLAS GALÁPAGOS

Verónica Crespo-Pérez^{1*}

¹Laboratorio de Limnología, Museo de Zoología QCAZ I, Escuela de Ciencias Biológicas, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Av. 12 de Octubre 1076 y Roca, Apartado: 17-01-2184, Quito, Ecuador

*Correspondence: mvcrespo@puce.edu.ec

Received: 2023-09-27. Accepted: 2023-10-24. Published: 2023-11-28.

Editor: Irene Goyenechea Mayer-Goyenechea, México.

Resumen.– En esta nota, describo la observación de un macho adulto de *Microlophus indefatigabilis* (Lagartija de Lava de Santa Cruz) alimentándose de un juvenil de su misma especie. Esta observación se suma a siete reportes previos de canibalismo en esta especie, un comportamiento relativamente extendido entre las lagartijas del género *Microlophus*.

Palabras clave.– Comportamiento alimentario, depredación intraespecífica, dieta, isla oceánica, Sauria, Tropiduridae.

Abstract.– In this note, I describe the observation of an adult male of *Microlophus indefatigabilis* (Santa Cruz Lava Lizard) feeding on a juvenile of the same species. This observation adds to seven previous reports of cannibalism in this species, a behavior that is relatively widely distributed among *Microlophus* lizards.

Keywords.– Conspecific predation, diet, feeding behavior, oceanic island, Sauria, Tropiduridae.

Cannibalism is the act of killing and consuming an individual of the same species. This behavior is widespread among the animal kingdom and has been documented for over 100 species of reptiles and amphibians (Polis & Myers, 1985). In some species of lizards, cannibalism propensity has been found to correlate positively with population density, likely associated with food availability and intraspecific competition (Pafilis et al., 2009; Cooper et al., 2015). Additionally, most cannibalism events involve the consumption of juveniles by adults, and cannibals are most frequently males (Labra et al., 2022).

Here, I describe an observation of a Santa Cruz lava lizard, *Microlophus indefatigabilis*, preying on a juvenile of the same species in an urban park in Puerto Ayora (0.740531° S, 90.310597° W, 12 m a.s.l., Santa Cruz Island), the most populous town of the Galápagos Archipelago (Ecuador). On July 22, 2023, at 11:22, I observed an adult male of approximately 20 cm (body-tail length) standing on the rocky ground of the park with a juvenile lava lizard in its mouth. Initially, the adult was holding the juvenile by the neck (Fig. 1A). As I approached, it moved a

short distance (approximately 1 m) and swallowed more of the juvenile – with only the posterior portion of its body (posterior legs and tail) protruding from the adult's mouth (Fig. 1B) – and made repeated ascending and descending head movements. The observation lasted about 40 seconds, during which time the adult finished swallowing the prey and then ran out of my sight (see two videos of the event in supplementary material).

A recent literature survey conducted by Labra et al. (2022) found reports of cannibalism in 9 of the 22 (41%) species of lava lizards (*Microlophus*), but with a generally low number of reports of this behavior for each species and a low frequency of conspecifics in their diets. My observation adds to the seven previous reports of cannibalism for *M. indefatigabilis*. The earliest observation and picture of cannibalism of a lava lizard in the Galápagos Islands was published in a popular science article in LIFE Magazine in 1958 (Thompson, 1958). The species identity is not indicated in the article, but its coloration roughly matches that of a Santa Cruz lava lizard. The first mention in the scientific literature of this behavior in a Santa Cruz lava lizard



Figura 1. *Microlophus indefatigabilis* alimentándose de un juvenil de su misma especie.

A) Al principio, el macho adulto sostenía al juvenil por el cuello. B) Luego, fue tragando al juvenil desde la cabeza y al cabo de unos segundos, solo sus patas posteriores y su cola quedaban fuera de la boca del adulto. Fotos: V. Crespo-Pérez.

Figure 1. *Microlophus indefatigabilis* feeding on a juvenile conspecific. A) The adult male was initially observed holding the juvenile by the neck. B) Later, the adult swallowed the juvenile head-first and after some seconds only the posterior legs and tail protruded from the adult's mouth. Photos: V. Crespo-Pérez.

was made by Stebbins et al. (1967), who reported finding the tail of a juvenile inside the stomach of a large male. Later, East (1995) found a young lizard inside the stomach of an adult, but Stone & Snell (2002) published the first direct observation. These authors observed an adult female feeding on a juvenile, and like in our case, the adult ingested the juvenile head-first. Subsequent observations were made by Lewbart et al. (2017) and Rowe et al. (2019) who observed males feeding on conspecifics.

Microlophus indefatigabilis is a generalist forager with the highest dietary diversity among the species of *Microlophus* (Labra et al., 2022). These lizards feed on fruits, seeds, flowers, insects, crustaceans, spiders, scorpions, centipedes, Mourning Geckos (*Lepidodactylus lugubris*), and their own shed skin (Arteaga et al., 2020). Dietary diversity has been found to be positively related to cannibalism propensity, and *M. indefatigabilis* is also the lava lizard with the highest number of cannibalistic reports. This suggests that feeding on conspecifics could be an opportunistic behavior, most common in the largest males that have the strength necessary to subdue a juvenile lava lizard (Labra et al., 2022). However, comparing the number of cannibalistic reports suggests that *M. indefatigabilis* consumes more conspecifics than species that also have a relatively high dietary diversity, like *M. quadrivittatus*, *M. bivittatus* and *M. peruvianus* (see Fig. 1 and Table 1 in Labra et al., 2022).

Possibly, *M. indefatigabilis* distribution in the most populated island of the archipelago, which hosts a research station, provides more opportunities for research and observations of feeding behavior (Labra et al., 2022). Nevertheless, a quick literature search in Scopus for the four species of lava lizards with the highest dietary diversity showed that more papers have been published about *M. bivittatus* and *M. peruvianus* (12 and nine papers), than about *M. indefatigabilis* (six papers). Interestingly, *M. bivittatus* has no cannibalistic reports, despite its distribution in the second most populated island of the Galápagos (San Cristóbal) that also hosts a research station. All this highlights the need of further study to fully pinpoint the mechanisms driving cannibalism in lava lizards.

Acknowledgements.– The observation described here was carried out during VC-P's sabbatical stay at Fundación Charles Darwin, Santa Cruz Island, Galápagos. Many thanks to Antonia Pinto for making the record of this observation possible, to Miguel Pinto for pointing out the LIFE magazine article, for his helpful comments on earlier versions of this manuscript and to him and Antonieta Labra for encouraging the publication of this note.

SUPPLEMENTARY INFORMATION

Two videos can be found in the following links:

Video 1. <https://www.youtube.com/shorts/72ohbeZuKjw>

Video 2. <https://www.youtube.com/shorts/vzzE33rMiTo>

CITED LITERATURE

- Arteaga, A., G. Aguiar & J.M. Guayasamin. 2020. *Microlophus indefatigabilis*. Reptiles of Ecuador: Life in the middle of the world. www.reptilesfecuador.com [Accessed in August 2023].
- Cooper, W.E., I. Dimopoulos & P. Pafilis. 2015. Sex, age, and population density affect aggressive behaviors in island lizards promoting cannibalism. *Ethology* 121:260-269.
- East, K. 1995. Pollen digestion in Galápagos lava lizards. *Noticias de Galápagos* 55:8-14.
- Labra, A., M. Daigre & V. Imil. 2022. Cannibalism in *Microlophus* lizards. *Journal of Herpetology* 56:67-74.
- Lewbart, G.A., C.A. Valle, & J.P. Muñoz-Pérez. 2017. *Microlophus indefatigabilis* (lava lizard). Diet. *Herpetological Review* 48:851-852.
- Pafilis, P., S. Meiri, J. Foufopoulos & E. Valakos. 2009. Intraspecific competition and high food availability are associated with insular gigantism in a lizard. *Naturwissenschaften* 96:1107-1113.
- Polis, G.A & C.A. Myers. 1985. A survey of intraspecific predation among reptiles and amphibians. *Journal of Herpetology* 19:99-107.
- Rowe, J.W., C.E. Martin, D.L. Clark & C.P. Vintimilla Palacios. 2019. Habitat use and spatial ecology of three *Microlophus* lizard species from Santa Cruz and San Cristóbal islands, Galápagos, and the coastal dry forest of Machalilla, Ecuador. *Herpetological Review* 50:43-51.
- Stebbins, R.C., J.M. Lowenstein & N.W. Cohen. 1967. A field study of the lava lizard (*Tropidurus albemarlensis*) in the Galapagos Islands. *Ecology* 48:839-851.
- Stone, P.A. & H.L. Snell. 2002. *Microlophus albemarlensis* (Galapagos lava lizard). Cannibalism. *Herpetological Review* 33:53.
- Thompson, E.K. (Ed.). 1958. The Fantastic Galápagos. LIFE Magazine.



ASSESSMENT OF A COMMUNITY MANAGEMENT PROGRAM OF RIVER TURTLES (PODOCNEMIDIDAE: *PODOCNEMIS*) IN ZÁBALO, ECUADORIAN AMAZON

EVALUACIÓN DE UN PROGRAMA DE MANEJO COMUNITARIO DE TORTUGAS DE RÍO (PODOCNEMIDIDAE: *PODOCNEMIS*) EN ZÁBALO, AMAZONÍA ECUATORIANA

Michelle Vela-Torres^{1,3}, Felipe Borman², Mario H. Yáñez-Muñoz³, Randy Borman², Rafael Yunda¹, Humberto Yiyoguaje⁴, Vicente Criollo⁴, Valerio Machoa⁴, Leonel Yiyoguaje⁴, Francisco Machoa⁴, Braulio Criollo⁴, Alfonso Yiyoguaje⁴, Jessica Pacheco-Esquivel¹ & Santiago Varela^{1,3*}

¹World Wildlife Fund (WWF) Ecuador, Av. Orellana E11-28 y Av. Coruña. Quito, Ecuador.

²Fundación Sobrevivencia Cofán, Av. Mariano Cardenal N74-153 y Joaquín Mancheno. Quito, Ecuador.

³Instituto Nacional de Biodiversidad Ecuador (INABIO), Pasaje Rumipamba N341 y Av. de los Shyris. Quito, Ecuador.

⁴Comunidad Zábaló, Sucumbíos, Ecuador

*Correspondence: santiagob.varela@gmail.com

Received: 2023-01-27. Accepted: 2023-10-26. Published: 2023-12-02.

Editor: Rodrigo Macip Ríos, México.

Resumen.— En la comunidad de Zábaló dentro de la Reserva de Producción de Fauna Cuyabeno, existe una iniciativa local de 26 años dirigida al manejo de las tortugas de río luego de una disminución significativa en las poblaciones de *Podocnemis unifilis* y *P. expansa*. A pesar de la larga historia del programa, procesos de seguimiento y validación limitados motivaron una evaluación integral de la eficacia de las prácticas de manejo para contribuir al fortalecimiento del programa comunitario. Esta evaluación considera tendencias temporales de estimadores poblacionales para datos de anidación (densidad, abundancia, éxito de eclosión, producción de crías) entre 1994 y 2019 para *P. unifilis*. Para el caso de *P. expansa* se recopilieron algunos datos disponibles ya que no ha sido el foco principal del programa comunitario. Los resultados resaltan una tendencia temporal positiva en los estimadores de población de *P. unifilis*, de la especie y se destaca un éxito de eclosión elevado consistente en el tiempo (81%), lo que sugiere una importante contribución del programa a la conservación. No obstante, es imperativo realizar más investigaciones para evaluar las tendencias poblacionales específicas por rangos de edad y mejorar las estrategias de seguimiento y manejo de la relativamente rara *P. expansa*.

Palabras clave.— Anidación, conservación, estimadores poblacionales, *Podocnemis unifilis*, *P. expansa*, tortugas de río.

Abstract.— In Zábaló community within the Cuyabeno Fauna Production Reserve, a 26-year local initiative aimed at river turtle management was initiated following a significant decline in *Podocnemis unifilis* and *P. expansa* populations. Despite the program's lengthy history, weak monitoring and validation procedures prompted a comprehensive evaluation of management efficacy to strengthen the communitarian program. This assessment encompasses population estimates derived from nesting data (density, abundance, hatching success, hatchling production) for *P. unifilis* between 1994 and 2019. Some available data were also compiled for *P. expansa* which has not been the main focus of the communitarian program. Results highlight a positive temporal trend in *P. unifilis* population estimators, and a consistent high hatching success (81%), underscoring the program's contribution to the conservation

of the species. Nonetheless, further research is imperative to assess age-specific population trends and enhance monitoring and management strategies for the relatively rare *P. expansa*.

Keywords.— Conservation, nesting, population estimators, *Podocnemis unifilis*, *P. expansa*, population trends, river turtles.

INTRODUCTION

Turtles of the genus *Podocnemis* are aquatic reptiles that inhabit the Amazon basin as well as other continental ecoregions. Two of the *Podocnemis* species distributed in Ecuador (*P. expansa* and *P. unifilis*) are locally evaluated as Critically endangered and Vulnerable species respectively (Carrillo et al., 2005) and listed under the Appendix II of CITES convention (UNEP-WCMC, 2014), mainly due to excessive and constant consumption of eggs and meat by local communities along nesting beaches in the region (Acosta, 2001).

The capture and trade of *Podocnemis* turtles are ancient activities, dating back to the 16th century, mostly by conquerors, who hunt turtles for meat and oil (Moll & Moll, 2004). Currently, the exploitation of this resource extends throughout the Amazon region, including Ecuador, Colombia, Bolivia, Brazil, Peru, Venezuela, and Guyana, where dietary, medicinal, and ornamental uses have been attributed to these animals (Figueroa, 2010; Vinuesa-Hidalgo & Romo, 2017; Forero-Medina et al., 2019).

Since the late 1980s, people from local communities on the banks of the Aguarico River have manifested their concern over the alarming decrease of *Podocnemis* turtles along the rivers, since it is an important source of protein in their daily diets (Acosta, 2001). Consequently, in 1989 Zábalo community implemented self-imposed ban on hunting and consumption of every *Podocnemis* turtles derived product, including eggs. Later in 1991 interested families began experimenting with the transfer of nests and young to protected sites, resulting in more than 200 turtles head-started and released back to the wild (Carrillo et al., 1996). In 1994–1995, turtle management intensified and some activities, such as nest monitoring and protection of young in captive conditions were carried out, with the result of approximately 990 *P. unifilis* head-started by local families (Carrillo et al., 1996; Townsend et al., 2005). Following these efforts, collaboration from different organizations and incoming funds from other sources have enabled a long-term program.

Currently, the Charapas Community Management Program (CCMP) involves the participation of local families in monitoring

activities, which includes identification, transfer, and protection of clutches in artificial incubation beds, as well as a nursery for hatchlings, which are kept in captivity from 6 to 12 months to be subsequently released into the wild. As a reward, Cofanes receive a stipend for each surviving turtle. This is a globally popular management strategy that has been applied to several chelonian species, including marine and freshwater species, among these are several *Podocnemis* spp. (e.g., Alho, 1985; Andrade et al., 2004; Bonach et al., 2003; Fundação Pró-Tamar, 2000; Hernandez et al., 1999; IBAMA, 1989; Soini, 1999; Thompson, 1979; Vásquez, 2017; Yapu-Alcázar et al., 2018).

In addition to the reduction of small and large *Podocnemis* turtles consumption, the program has offset the influence of natural factors that negatively affect the survival and success of nests, such as predation and flooding events (Townsend et al., 2005). Given its effectiveness, CCMP has boosted management actions at other locations in Ecuadorian Amazon, such as Playas de Cuyabeno, Zancudo Cocha, Yasuní, and Tiputini, through the support of different institutions, including Fundación Natura, Fundación para la Sobrevivencia Cofán, World Wildlife Fund, Wildlife Conservation Society, among others.

Despite its long history (around 26 years), monitoring and evaluation of the program have been minimal. Therefore, our objective is to evaluate the effectiveness of the management strategy, along with the history of the community program, by analyzing population estimators for nesting data of both species of *Podocnemis* turtles. This information is key for the management and commercialization plans for *P. unifilis* in the Cuyabeno Reserve; in addition, it will contribute to the conservation of these threatened turtles.

MATERIALS AND METHODS

Study Area

The CCMP is a project lead by Zábalo Cofán Community, settled at the banks of the Aguarico River (0.356791° S, 75.66765° W), within Sucumbios Province, northeastern Ecuador (Fig. 1). It is part of the Cuyabeno Fauna Production Reserve, recognized as one of the largest and most biodiverse ecosystems in Ecuador

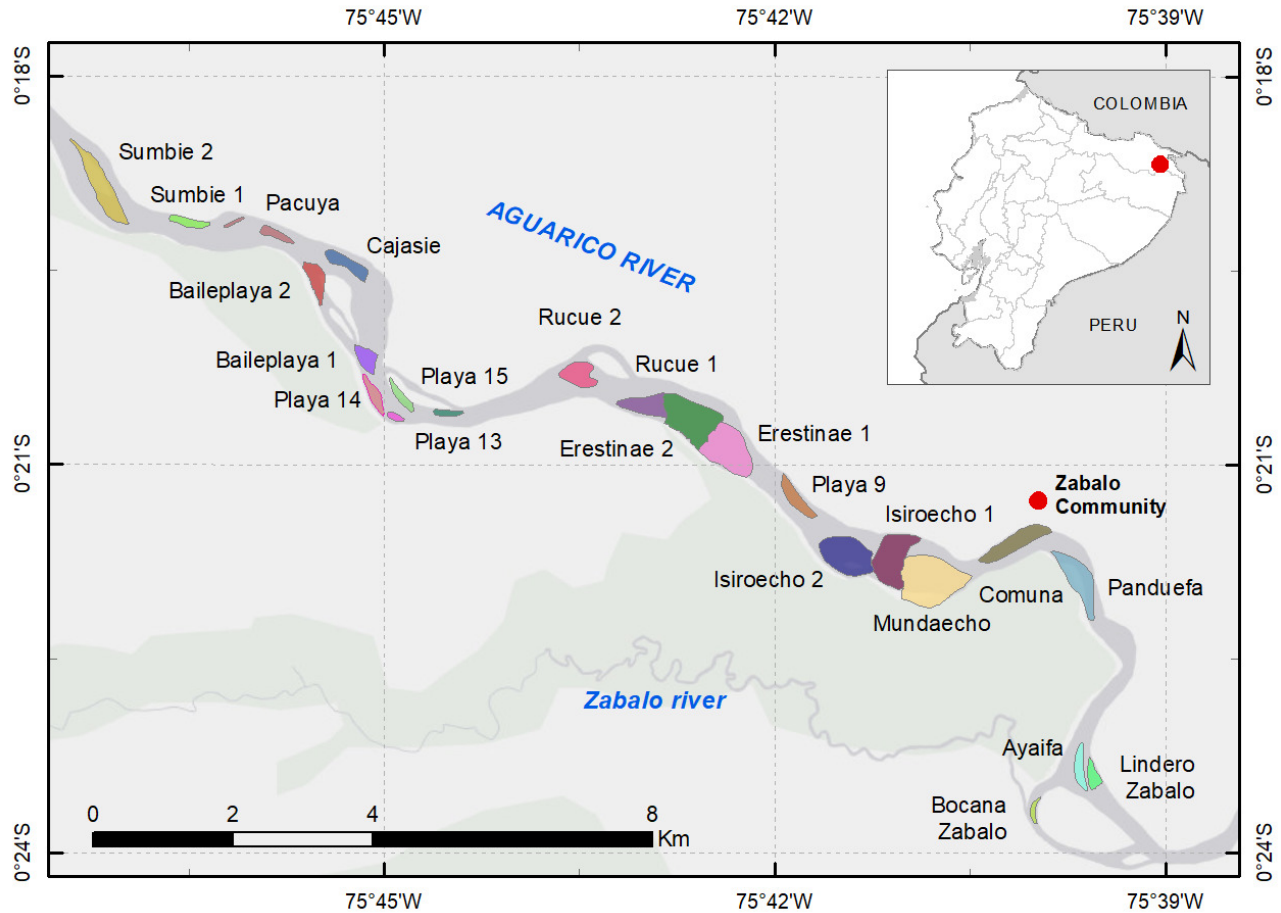


Figura 1. Playas de anidación de *Podocnemis* en la Comunidad Zábalo. / **Figure 1.** *Podocnemis* nesting beaches in Zábalo Community.

and globally (Zapata-Ríos, 2001). It is also part of the Cuyabeno, Lagartococha-Yasuní Ramsar wetland system (Ministerio del Ambiente, 2012; SISR, 2018).

The Aguarico River represents a meandering stream flowing east from the Andes, which connects several black and white wetland systems carrying high concentrations of nutrients and sediments, drawn from the Pimampiro mountain range. Towards the south, the Aguarico follows its course towards Peru, where it joins the Napo River, one of the main tributaries of the Amazon River (MAE, 2012).

Data collection

Nesting information consists of data collected by local Cofanes during daytime patrols on reproductive seasons (September-February) from 1994 to 2019. Available data were standardized and unified in a single database. These data were provided by different project participants, among them, Fundación para la Supervivencia Cofán and WWF Ecuador.

Data analysis

The following population estimators were evaluated: a) nest density; b) nest abundance; c) hatchling production, and d) hatching success. For all estimators, descriptive statistics were calculated, which include: range (min-max), mean ($\bar{X}$), and standard deviation (SD).

Nest density

In August 2019, a field survey was conducted by the research team along with local monitors during the mid-water level period. At this time, most part of the riverbanks were exposed over water level, allowing a conservative measurement of beach area considering the high variability of water level at small temporal scales (Dekinger, 2001).

To estimate the size of each nesting beach, a Garmin 64S GPS tracking application was used. Subsequently, GIS software tools (ArcGIS, 2014) were employed to calculate beach areas. This estimation, expressed as the number of nests per square meter

(nests/m²), was only applied for the last season, as spatial data from other seasons were unavailable.

Nest abundance

Expressed as the number of nests, represents the total number of clutches, i.e., those destined for conservation, consumption, and those that were lost or damaged due to multiple factors. The association of this variable with beach size was tested with a Spearman correlation test.

Hatchling production. Refers to the number of live hatchlings produced during nesting seasons.

Hatching success. Responds to the following expression:

$$\text{Hatching \%} = E / (E + NHE + I + ETNE + P) * 100;$$

Where: (E) emerged or live hatchlings, (NHE) unhatched eggs, (I) infertile eggs (without apparent development), (ETNE) unhatched term embryos, and (P) depredated eggs (Miller, 2000).

Data distribution for each estimator were tested by Shapiro-Wilk normality test, followed by Mann-Kendall test to analyze temporality of nest abundance and hatchling production. Variation of nest density along the 21 nesting beaches was tested by Kruskal-Wallis test. A one-way ANOVA test was run to compare the effectiveness of three nest management procedures (a) natural incubation, (b) relocation to natural beaches, and (c) incubation on artificial beaches based on hatching success. Normality of this estimator was tested using a Shapiro-Wilk normality test, and a Tukey-Kramer was used as post hoc test. These analyses were run using R software 4.1.0 (RStudio team, 2020) and Past 3.04 (Hammer et al., 2001).

RESULTS

***Podocnemis unifilis* population indices.** During 2018-2019 reproductive season, a mean of 0.26 nests/m² (0-1.3 nests/m², $\bar{X}$ = 0.26, SD = 0.38) was estimated for an area of 3,644.46 m² along 21 beaches (Fig. 1). Baileplaya 1 and Rucue 1 showed the highest density (1.31 and 1.02 nests/m²), followed by Erestitinae 2, Isiroecho 1, and Panduefa (0.78, 0.71 and 0.49 nests/m²), while the others presented lower densities between 0 and 0.24 nests/m² (Table 1). However, significant differences were not observed through Kruskal-Wallis tests ($H = 20$, $p = 0.46$, $df = 20$) and Spearman correlation between beach area and nest density was low ($r = 0.13$).

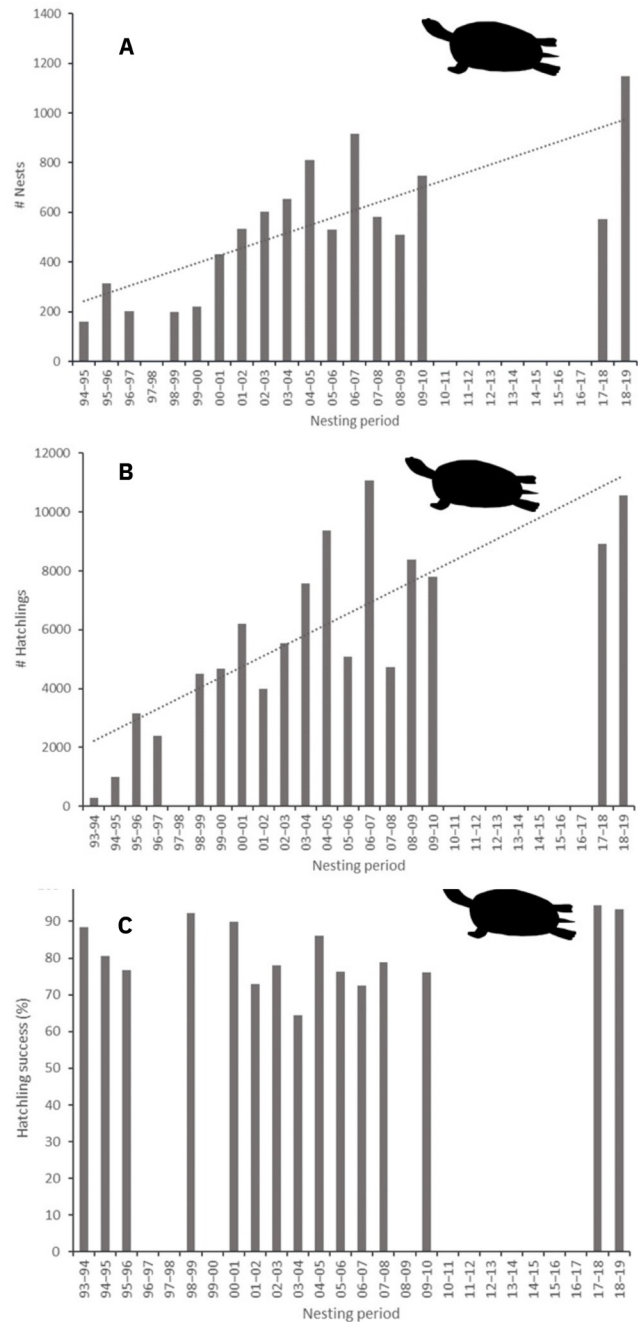


Figure 2. Estimadores de población de *Podocnemis unifilis* en la comunidad Zábalo. (A) Abundancia de nidos. (B) Tasa de producción de crías y (C) Éxito de eclosión.

Figure 2. *Podocnemis unifilis* population estimators at Zábalo community. (A) Nest abundance. (B) Hatchling production rate and (C) Hatching success.

Tabla 1. Área de playas de anidación y densidad de nidos de *P. unifilis* y *P. expansa* en la comunidad de Zábalo.

Table 1. Nesting beach areas and nest density of *P. unifilis* and *P. expansa* in Zábalo community.

Beach	Nesting beach area (m ²)	<i>P. unifilis</i> Nest density (nests/m ²)	<i>P. expansa</i> Nest density (nests/m ²)
Baileplaya 1	78.00	1.30	
Rucue1	150.00	1.02	0.006
Erestinae 2	380.00	0.78	
Isiroecho 1	310.00	0.71	
Panduefa	230.00	0.49	
Sumbie 1	57.97	0.24	
Lindero Zábalo			
55.26	0.24	0.03	
Baileplaya 2	99.64	0.16	
Sumbie 2	265.69	0.08	
Playa 15	51.67	0.08	
Erestinae 1	355.46	0.07	
Cajasie	107.52	0.07	
Mundaecho	518.96	0.05	
Playa 14	65.01	0.05	
Ayaifa	73.06	0.03	
Comuna	199.74	0.02	
Pacuya	60.00	0.02	
Rucue2	134.88	0.00	
Playa 9	101.82	0.00	
Isiroecho 2	327.64	0.00	
Bocana Zábalo	22.13	0.00	

A total of 9,126 nests was reported in Zábalo community along the Aguarico River in a 17-year time span, yielding an average of 537 nests per year (161-1146 nests, $\bar{X} = 537$, $SD = 272.07$). Annually, 56% were allocated for conservation purposes (108-583 nests, $\bar{X}$

= 131.82, $SD = 298.7$), 36% were exploited for local consumption (0-662 nests, $\bar{X} = 175.6$, $SD = 194$), and 8% were lost to multiple causes from either natural or anthropogenic origin (e. g. domestic animals, natural predators). The Mann-Kendall test for nest abundance revealed a tau statistic value of 0.6 ($p < 0.05$). This indicates a non-uniform positive trend on a temporal basis. Thus, the period 2000-2001 marks the beginning of an upward trend that leads to the highest value (1146 nests) in 2018-2019 (Fig. 2A).

A total of 105,174 hatchlings has been estimated for the management program since 1993, with an average of 5843 per year (290-11080 hatchlings, $\bar{X} = 3136.4$, $SD = 5843$). The Mann-Kendall test displayed a tau statistic value of 0.7 ($p < 0.05$). The estimator exhibited a positive temporal trend with 10573 hatchlings during the last season 2018-2019 (Fig. 2B).

Hatching success was estimated only for nests with complete information yielding an average success of 81.35 % (64.44-94.44 %, $\bar{X} = 8.86$, $SD = 81.35$). Hatching success values have remained heterogeneous over time (Fig. 2C) and it is likely that different management practices on clutches had an effect on hatching success ($F = 10.76$, $p > 0.05$) (Fig. 3). We infer that the average percentage of eggs hatching was higher when incubation occurred on natural or artificial beaches, but not in nests relocated to natural beaches (Fig. 2). As the post-hoc Tukey test shows, the percentage of egg hatching does not

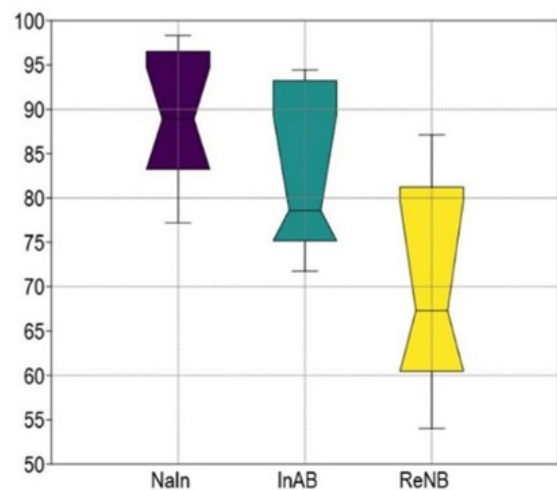


Figura 3. Diagrama de caja del éxito de eclosión de *P. unifilis* para tres prácticas de manejo: (Naln) Incubación natural. (InABb) Incubación en playa artificial. (ReIn) Reubicación en playas naturales.

Figure 3. Box plot of *P. unifilis* hatching success for three management practices. (Naln) Natural incubation. (InABb) Incubation on artificial beach. (ReIn) Relocation to natural beaches.

differ statistically between incubation on natural beaches and incubation on artificial beaches. However, the relocation of nests to natural beaches was significantly lower than incubation on natural beaches ($Q = 6.559$, $p > 0.05$ and incubation on artificial beaches ($Q = 3.791$; $p > 0.05$) (Fig 3).

***Podocnemis expansa* population indices.** We present nesting data for this species as a general approach, considering that it has not been a focal species of the program and possibly nest information was not complete. For the 2018-2019 season, nest density was estimated as 0.0067 nests/m² in Rucue 1 and 0.036 nests/m² in Lindero. Abundance did not show a temporal trend (Fig. 4), according to a Mann-Kendall test that indicated a tau statistic value of 0.08 ($p = 0.7$). This is to say that abundance of nests for this species has remained low (1-11 nests, $\bar{X} = 3.48$, $SD = 3.5$) throughout the years (Fig. 4).

DISCUSSION

The analysis suggests that Baileplaya 1, Rucue 1, Eretna 1, and Isiroecho 1 exhibit the greatest use as nesting habitats for *P. unifilis*, even though, a geographical stratification was not evident. Consistent with Escalona and Fa (1998) beach size does not explain this preference, but there could be some physical characteristics not examined in this study, such as slope, substrate, vegetation cover, as well as anthropogenic disturbances, that may play an important role in nesting beach selection (Pignati et al., 2013; Soini, 1995e). It is well known that selection of incubation sites is key to ensure offspring survival,

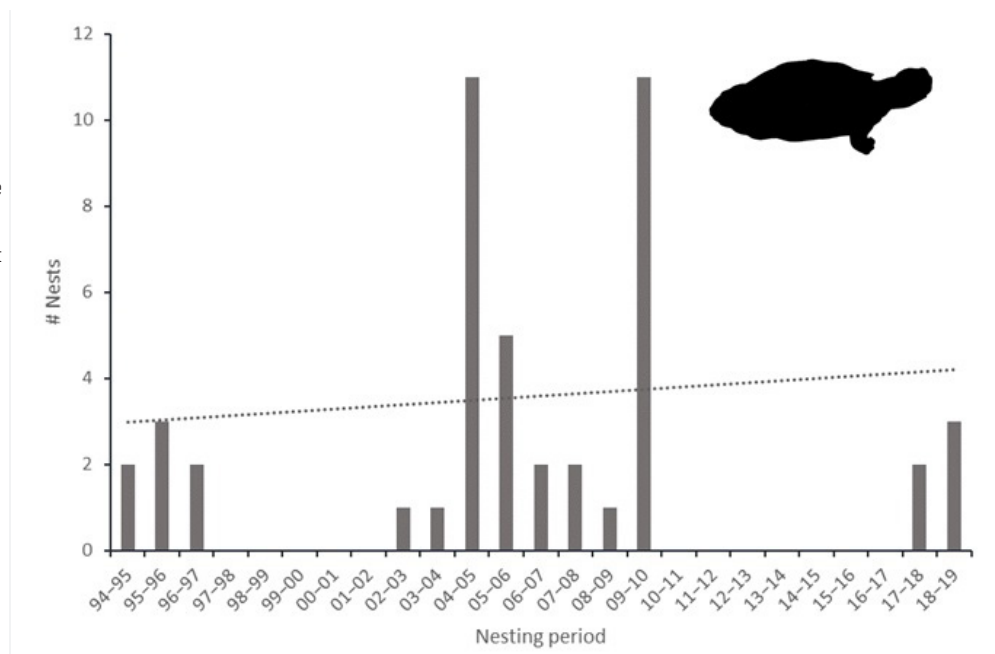
related in most cases to the length of the incubation period. The design of artificial incubation sites is key to hatching success and it is associated with temperature control and decreased egg loss (Escalona et al., 2009; Fachín-Terán & von Mülhen, 2003; Valenzuela, 2001), highlighting the importance of further research to understand these factors in Zábalo community.

Through the management program, population estimators such as density or spatial parameters, such as changes in nesting habitat availability due to the natural dynamics of aquatic systems, have not been evaluated. This fact limits the analysis on temporal tendencies regarding nest density. However, a beach with a size and location similar to Rucue 1 monitored in 1996 by Chávez (1998), a density of 0.00039 nests/m² for *P. unifilis* was estimated. Assuming the locations are comparable, the current density in this location (1.02 nests/m²) is considerably higher than 25 years ago. Following the trend of nest abundance (Fig. 2), the 2000-2001 period marks the starting point of the positive trend, following the 1994 start of the management program. Considering the biology of the species, it could be inferred that the recruitment of new generations to the sexually mature population 6 years after hatching (Soini, 1999) had a positive effect on the local population in the Zábalo community.

Turtle egg consumption is still an important source of protein in isolated sites, such as the Cofán Community. However, it is important to highlight the community's effort to conserve *P. unifilis* considering more than a half (56%) of the clutches have been protected under management practices. The percentage

Figure 4. Abundancia anual de nidos de *Podocnemis expansa* en la comunidad Zábalo.

Figure 4. Annual *Podocnemis expansa* nest abundance in Zábalo community.



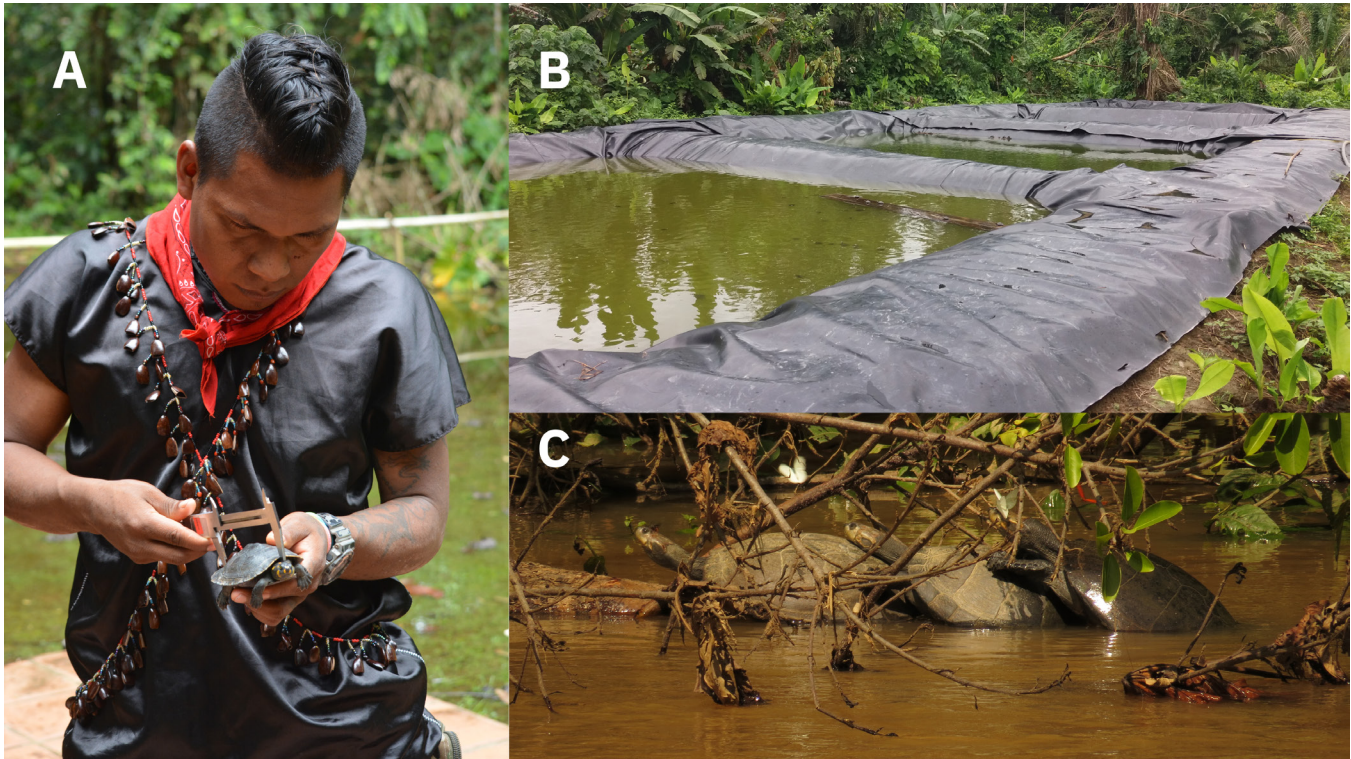


Figura 5. (A) Monitor Cofán evaluando morfometría de *Podocnemis unifilis*. (B) Piscinas artificiales para tortugas *Podocnemis* en Zábalo. (C) Individuos de *P. expansa* en el río Aguarico.
Figure 5. (A) Cofán monitor evaluating morphometrics of *Podocnemis unifilis*. (B) Artificial pools for *Podocnemis* turtles in Zábalo. (C) Individuals of *P. expansa* in the Aguarico River.

corresponds with the available funds that cover the payment costs for each young turtle and the project's operating expenses.

As expected based on the temporal increase in nest abundance, hatchling abundance also displayed a temporal increase given that a larger number of nests is related to a larger number of eggs and, therefore more turtle hatchlings.

The evaluation of hatching success in a management program helps to understand the adequacy of beaches or nurseries as incubation systems, and to make adjustments as needed. It also provides information about reproductive population health (Miller, 2000). Thus, a favorable incubation process can be attributed to the management practices of Cofán people, which manifest a high hatching rate compared to other programs in the region, such as the community program in Yasuni with a hatching success of 57% (Cueva et al., 2011).

Several factors warn against egg manipulation: a) movement, which could damage the embryo's membranous structures, causing mortality; b) confinement of a high concentration of clutches in a reduced area which can be potentially infested by fungi, bacteria, and parasites; and c) alteration of the incubation

temperature that may influence embryonic development success (Eckert et al. 2000). Each of these factors can be managed, if technical information is available in each scenario. In the case of Zábalo, results suggest that manipulation of clutches did not affect embryonic development, which also was reported by Ortega et al. (1998), who demonstrated through experimentation that manipulation of *P. unifilis* eggs, regardless of the status of embryonic development, does not affect their viability as long as precautions are taken; i.e., not turning the eggs and keeping the eggs in the same position in which they were found, a practice followed by local monitors. Ortega et al. (1998) also demonstrated that confining numerous nests in a small area does not increase predator infestation. Alteration of incubation temperature during manipulation for relocating is poorly documented and should be taken into consideration to know the viability of future populations based on sex ratio, as we infer that the projected increase in temperature could skew hatchling sex ratios significantly toward females (Ortega et al., 1998).

Small number of nesting female *P. expansa* in the Zábalo community is similar to experiences at other localities within the region, e.g., the Tiputini River (Vinueza-Hidalgo & Romo, 2017) and it is probably associated with a reduced population

that has greater spatial requirements for nesting (Ferreira-Júnior & Castro, 2005), although we emphasize the possibility of data loss.

Just like Zábalo, several management programs in the Amazon region have achieved success in the recovery of *P. unifilis*. For example, the case of Pacaya-Samiria Peruvian National Reserve where first experiments started in 1978 that later evolved into a participatory management program in 1994. This project resulted in the rapid growth of the local population, managing to obtain the management patent under a non-detrimental extraction. Actually, commercialization of eggs and adults in Pacaya began in 2008, with an initial quota that has been gradually increased under technical criteria (MINAM, 2014, 2017).

Management practices for the conservation of *P. expansa* in Brazil, Peru, and Colombia have experienced some successful results when vigorous protection and management strategies were applied (Forero-Medina et al., 2019); therefore, we suggest a vigorous management of the species by Zábalo community (FAO, 1997; Soini, 1996).

To conclude, temporal evaluation of CCMP in Zábalo reflects an increase in *P. unifilis* population estimators, pointing to a successful management strategy based on an effective head-starting technique under community leadership; however, it is crucial to maintain regional ecosystem integrity to preserve every life stage of river turtles along their distribution to ensure long-term viability of wildlife biodiversity. It is also important to expand efforts to *P. expansa*, as well as branching out with a successful design and monitoring effort to other localities in the Ecuadorian Amazon basin.

Acknowledgments.– We are grateful to Zábalo community and monitors for their commitment and effort during all these years of the management program, to Fundación para la Supervivencia Cofán and Pablo Salvador, who had kindly shared valuable information for this research. We also thank María Belén Sáez for her contribution on the publishing process and finally to all the reviewers for the suggestions and comments to improve the manuscript.

CITED LITERATURE

- ArcGIS. 2014. Version 10.2.1. Esri. Redlands, CA.
- Acosta, J. 2001. Protección y Manejo de la Tortuga Charapa en la Amazonía Ecuatoriana: El caso de la Reserva de Producción Faunística Cuyabeno en Manejo de fauna con comunidades rurales. Compiladores: Campos C., Ulloa A., Rubio H., Ediciones Utópica, Bogotá-Colombia.
- Alho, C. 1985. Conservation and management strategies for commonly exploited amazonian turtles. *Biological Conservation* 32:291-298.
- Andrade, P.C.M., A.C. Lima & S.L.O Canto. 2004. Projeto Pé-de-Pincha: Manejo Sustentável de quelônios (*Podocnemis* sp.) no Baixo Amazonas. São Paulo. Extensão Universitária, Coleção Socializando Experiências, Universidade de Mogi das Cruzes Olho D'água 3:1-14.
- Bonach, K., M. Miranda-Vilela, M. Alves & L. M. Verdade. 2003. Effect of translocation on egg viability of the giant Amazon River turtle, *Podocnemis expansa*. *Chelonian Conservation and Biology* 4:712-715.
- Caputo, F., D. Canestrelli & L. Boitani. 2005. Conserving the terecay (*Podocnemis unifilis*, Testudines: Pelomedusidae) through a community-based sustainable harvest of its eggs. *Biological Conservation* 126:84-92.
- Carrillo, E., S. Aldás, M. Altamirano-Benavides, F. Ayala-Varela, D. Cisneros-Heredia, A. Endara, C. Márquez, M. Morales, F. Nogales-Sornosa, P. Salvador, M. Torres, J. Valencia, F. Villamarín-Jurado, M. Yáñez-Muñoz & P. Zárate. 2005. Red List of Reptiles of Ecuador. Fundación Novum Milenium, UICN-Sur, UICN-Comité Ecuatoriano, Ministerio de Educación y Cultura, Serie Proyecto Peepe, Quito, Ecuador, 46 pp.
- Carrillo, X., V. Chávez & P. Salvador. 1996. Primer Informe Proyecto: Protección de la Tortuga Charapa *Podocnemis unifilis* y *Podocnemis expansa* en la Amazonía Ecuatoriana. III Fase. Quito.
- Chávez, V. 1998. Distribución Espacial de Nidos y Patrones Reproductivos de las Tortugas Charapas, *Podocnemis unifilis* y *P. expansa*, en el Cuyabeno, Amazonía Ecuatoriana. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, School of Exact and Natural Sciences. Biology Department. Undergraduate thesis for the degree of Bachelor of Science in Biology, Quito.
- Chávez, V., X. Carrillo & P. Salvador. 1997. Proyecto de Protección de la Tortuga Charapa en la Amazonía Ecuatoriana. III Fase (1995-1997). Direction: Dr. Tjitte de Vries with the collaboration of Lcdo. Felipe Campos and Lcdo. Andrés Vallejo. Joint Agreement: Fundación Natura-Pontificia Universidad Católica del Ecuador-Comunidad Cofán de Zábalo-Proyecto Forestal Sucumbíos (PROFORS-INEFAN).

- Cueva, R., V. Utreras, E. Suárez, A. Burbano, B. Coquinche, J. Grefa, N. Jipa, R. Alvarado & E. Ahua. 2011. Manejo comunitario para la conservación de las tortugas charapas (*Podocnemis unifilis* y *P. expansa*) en el parque nacional Yasuní, Amazonía ecuatoriana. Libro de resúmenes XXXV Jornadas Nacionales de Biología. Quito, Ecuador.
- Denkinger, J. 2001. Demographic Studies of the Amazon River Dolphin (*Inia geoffrensis*) in the Cuyabeno Reserve, in Ecuador. PhD thesis. University of Bielefeld, Germany
- Eckert, K. L., K. A. Bjorndal, F. A. Abreu-Grobois & M. Donnelly (Editores). 2000. (Traducción al español). Técnicas de Investigación y Manejo para la Conservación de las Tortugas Marinas. Grupo Especialista en Tortugas Marinas UICN/CSE Publicación No. 4.
- Escalona, T. & J. Fa. 1998. Survival of nests of the terecay turtle (*Podocnemis unifilis*) in the Nichare-Tawadu Rivers, Venezuela. Journal of Zoology 244:303-312.
- Escalona, T., N. Valenzuela & D. Adams. 2009. Nesting ecology in the freshwater turtle *Podocnemis unifilis*: spatiotemporal patterns and inferred explanations. British Ecological Society Functional Ecology 23:826-835.
- Fachín-Terán, A. & M. von Mülhen. 2003. Reproducción de la Taricaya *Podocnemis unifilis* Troschel 1848 (Testudines: Podocnemididae) en la várzea del medio Solimões, Amazonas, Brasil. Ecología Aplicada 2:125-132.
- FAO. 1997. Biología y Manejo de la Tortuga *Podocnemis expansa* (Testudines, Pelomedusidae). Tratado de Cooperación Amazónica Secretaria Pro Tempore. Caracas, Venezuela. 48 pp.
- Ferreira-Júnior, P. D. & P. T. A. Castro. 2005. Nest placement of the giant Amazon river turtle, *Podocnemis expansa*, in the Araguaia River, Goiás State, Brazil. Ambio 34:212-217.
- Figueroa, I. 2010. Saber local, uso y manejo de las tortugas charapa *Podocnemis expansa* y taricaya *Podocnemis unifilis* (Testudines: Podocnemidae) en el Resguardo Curare-Los Ingleses. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Colombia. Amazonas, Colombia, 269 pp.
- Forero-Medina, G., C. R. Ferrara, R. C. Vogt, C. K. Fagundes, R. A. M. Balestra, P. C. M. Andrade, R. Lacava, R. Bernhard, A. J. Lipman, A. J. Lenz, A. Ferrer, A. Calle, A. F. Aponte, B. R. Calle-Rendón & B. D. Horne. 2019. On the future of the giant South American river turtle *Podocnemis expansa*. Oryx 55:73-80.
- Fundação Pró-Tamar. 2000. Assim nasceu o Projeto Tamar. Salvador: Fundação Pró-Tamar, 93 pp.
- Hammer, O., D. Harper & P. Ryan. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. Palaeontologia Electronica 4:1-9.
- Hernandez, O., I. Narbaiza & R. Espin. 1999. Logros de Fudeci durante cinco años (1994-1999) de cria em cautiverio de neonatos de tortuga arrau *Podocnemis expansa*. In: Taller sobre la conservación de la especie tortuga arrau (*P. expansa*) en Venezuela. Jardín Botánico, Caracas. 12 pp.
- IBAMA. 1989. Manual Técnico: Projeto Quelônios da Amazônia. Brasília: Ibama, 125 pp.
- Miller, J. 2000. Determinación del Tamaño de la Nidada y el Éxito de Eclosión. En: Técnicas de investigación y manejo para la conservación de las tortugas marinas, Publicación No. 4. Eckert, K., Bjorndal, K., Abreu-Grobois, F. y Donnelly, M. (eds.), Grupo Especialista en Tortugas Marinas UICN/CSE. pp 143-149.
- MINAM. 2014. Dictamen de extracción no perjudicial de las poblaciones de taricaya (*Podocnemis unifilis*) para el cupo de exportación. Ministerio del Ambiente, Dirección General de Diversidad Biológica. Lima, Perú, 33 pp.
- MINAM. 2017. Dictamen de Extracción No Perjudicial (DENP) de las poblaciones de taricaya (*Podocnemis unifilis*) de la Reserva Nacional Pacaya Samiria y de la Reserva Comunal Purús- 2017. Ministerio del Ambiente, Dirección General de Diversidad Biológica. Lima, Perú, 66 pp.
- Ministerio del Ambiente. 2012. Plan de Manejo de la Reserva de Producción de Fauna Cuyabeno. Quito, Ecuador. 56 pp.
- Moll, Don & Edward O Moll. 2004. The Ecology, Exploitation, and Conservation of River Turtles. Oxford University Press, New York, USA.
- Ortega, A., B. Bock & V. Páez. 1998. Tasas de eclosión de tortugas en Colombia. Vida Silvestre Neotropical 7:2-3.
- Pignati, M., L. Fernandes, P. Miorando, P. Ferreira & J. Pezzuti. 2013. Nesting site and hatching success of *Podocnemis unifilis* (Testudines: Podocnemidae) in a floodplain area in lower



- Amazon River, Para, Brazil. South American Journal of Herpetology 8: 175-185.
- RStudio Team. 2020. RStudio: Integrated Development for R. RStudio, PBC, Boston, MA. <http://www.rstudio.com/>.
- SISR. 2018. Ecuador Complejo de Humedales Cuyabeno Lagartococha Yasuní. <https://rsis Ramsar.org/ris/2332> [Accessed on October 15, 2020].
- Soini, P. 1994 Ecología reproductiva de la Taricaya (*Podocnemis unifilis*) en el río Pacaya, Perú. Folia Amazonica 6:105-124.
- Soini, P. 1995. Ecología y situación de la charapa (*Podocnemis expansa*): Informe preliminar. En: Reporte Pacaya- Samiria (editado por Soini, P., Tovar, A. y Valdéz, U.). Pro Naturaleza/CDC-UNALM, Lima. 177-183.
- Soini, P. 1995e. Evaluación, estudio y manejo de la Charapa (*Podocnemis expansa*) en el río Pacaya en 1994. En P. Soini, A. Tovar y U. Valdéz (Eds.). Reporte Pacaya-Samiria. Pro Naturaleza/ CDC-UNALM, Lima, 429-435.
- Soini, P. 1996. Reproducción, abundancia y situación de quelonios acuáticos en la Reserva Nacional Pacaya-Samiria, Perú. Folia Amazónica 8:145-162.
- Soini, P. 1999. Un manual para el manejo de quelonios acuáticos en la Amazonía peruana (Charapa, Taricaya y Cupiso). Instituto De Investigaciones de la Amazonía Peruana, Iquitos, 82 pp.
- Thompson, M. B. 1979. Temperature levels and periods of sex determination during incubation of eggs of *Chelydra serpentina*. Journal of Morphology 159:17-28.
- Townsend, W., R. Borman, E. Yiyoguaie & L. Mendua. 2005. Cofán Indians' monitoring of freshwater turtles in Zábalo, Ecuador. Biodiversity and Conservation.14:2743-2755.
- UNEP-WCMC (Comps.). 2014. Checklist of CITES species. CITES Secretariat, Geneva, Switzerland, and UNEP-WCMC, Cambridge, United Kingdom. [Accessed on October 15, 2020].
- Valenzuela, N. 2001. Maternal effects on life-history traits in the Amazonian giant river turtle *Podocnemis expansa*. Journal of Herpetology 35:368-378.
- Vásquez, D. 2017. Análisis de los mecanismos normativos del manejo y gestión del aprovechamiento de la taricaya en la cuenca Pacaya, Reserva Nacional Pacaya Samiria del 2010-2015 (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima, Perú.
- Vinueza-Hidalgo, G. & D. Romo. 2017. Programa de conservación de tortugas charapas (*Podocnemis*) en la Estación de Biodiversidad Tiputini 257-264. En Romo, D. y otros. 2017. Los secretos del Yasuní: Avances en investigación en la Estación de Biodiversidad Tiputini, Universidad San Francisco de Quito USFQ. Primera edición, Editorial USFQ. Quito.
- Yapu-Alcázar, M., M. Tellería, C. Vaca, J. García, R. Arias & L. Pacheco. 2018. Bases para el manejo de la tortuga de río *Podocnemis unifilis* en la Reserva de la Biosfera Estación Biológica Beni, Bolivia. Ecología en Bolivia 53:52-72.
- Zapata-Ríos, G. 2001. Linking Spatial Data with Population Viability Analysis: Reserve Network Design in the Northeastern Ecuadorian Amazon. Master Thesis. College of Arts and Sciences of Ohio University.



JAMES APARICIO E. (1967-2023): UNA VIDA DEDICADA A LA HERPETOLOGÍA

JAMES APARICIO E. (1967-2023): A LIFE DEDICATED TO HERPETOLOGY

Mauricio Ocampo^{1*}, Álvaro Aguilar-Kirigin¹, Bruno Miranda-Calle¹, Marita Paredes¹, Paola De la Quintana¹, Leslie Zegada¹ & Jehan Ninon Ríos-Ríos¹

¹Red de Investigadores en Herpetología Bolivia, Los Pinos Zona Sur, Av. José Aguirre 260, La Paz, Bolivia.

*Correspondence: mauiocampo@gmail.com

Received: 2023-11-21. Accepted: 2023-11-27. Published: 2023-12-01.

Editor: Leticia M. Ochoa-Ochoa, México.

James Komarov Aparicio Effen (Fig.1), uno de los biólogos bolivianos más reconocidos en el ámbito nacional e internacional por su incansable trabajo y aporte a la ciencia y al desarrollo de la herpetología en Bolivia, nació en la ciudad de La Paz (Bolivia) un 25 de abril de 1967 y falleció en la ciudad de Sao Paolo (Brasil) el 18 de abril del 2023 a la edad de 55 años. Desde muy joven mostró mucho interés hacia las ciencias biológicas, siempre impulsado por el apoyo de su familia, quienes lo alentaron en todas sus decisiones. También se destacó como un deportista de renombre tanto a nivel nacional como internacional,

sobresaliendo en la disciplina de esgrima y logrando el título de campeón sudamericano. Además de sus habilidades en el terreno deportivo, demostró una disciplina ejemplar, consolidando así su reputación como un atleta destacado y comprometido.

James estudio su pregrado en la Universidad Mayor de San Andrés (UMSA) en Bolivia donde obtuvo el grado de Bachiller Superior en Ciencias Biológicas y Licenciatura en Biología, asimismo realizó cursos de postgrado sobre ecología tropical, conservación, manejo y monitoreo de la diversidad biológica en

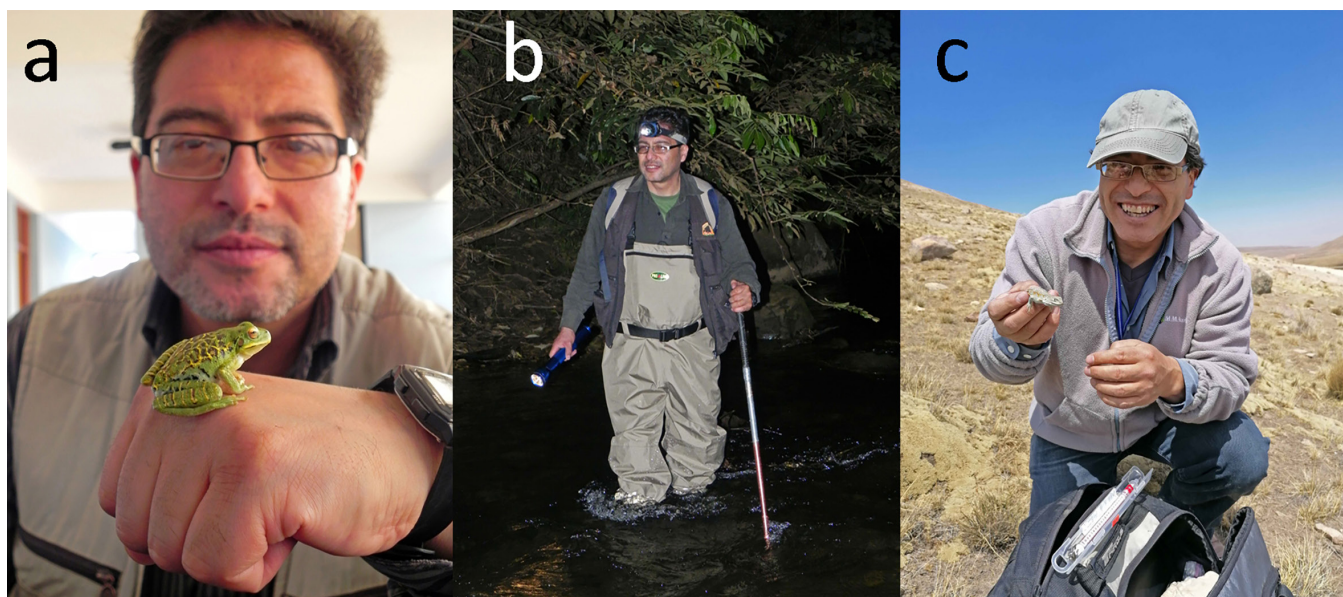


Figure 1. James in different contexts of the projects in which he participated, a) Norte Potosí Project, b) Madidi Identity Project, c) Rock Paper and Scissors Study in *Liolaemus forsteri* (master's thesis).

Figura 1. James en diferentes contextos de los proyectos en el que participó, a) Proyecto Norte Potosí, b) Proyecto Identidad Madidi, c) Estudio Piedra papel y tijera en *Liolaemus forsteri* (tesis de maestría).



Figure 2. James Aparicio in his office in the Herpetology Area of the National Museum of Natural History. Behind him, more than 3,000 scientific articles donated by various researchers are stored in boxes.

Figura 2. James Aparicio en su oficina del Área de Herpetología del Museo Nacional de Historia Natural. Detrás de él, se encuentran resguardadas en cajas más de 3,000 artículos científicos donados por diversos investigadores.

diferentes instituciones académicas de Estados Unidos, Costa Rica, Brasil y Colombia. También realizó la maestría en Biología de la Universidad Mayor de San Andrés (UMSA). Además de ser un gran herpetólogo, fue docente de pregrado y asesor científico de órganos consultivos especializados en biodiversidad del estado, así como tutor de muchos estudiantes bolivianos y extranjeros en sus investigaciones.

Durante su etapa universitaria, se involucró activamente en diversas investigaciones en colaboración con destacados científicos nacionales e internacionales, entre ellos Luis Pacheco, Mario Baudoin, Teresa Tarifa, Erik Jensen, John Thorbjarnarson, Ted Parker, Al Gentry, Louise Emmons, Esteban Lavilla entre muchos otros. A lo largo de estas experiencias, no solo adquirió valioso conocimiento, sino que también compartió activamente su aprendizaje, consolidando así una sólida base de intercambio de ideas y colaboración en el ámbito científico.

Fue el encargado de unir las colecciones científicas del Instituto de Ecología perteneciente a la UMSA y del Museo Nacional de Historia Natural (Fig. 2), para estructurar las colecciones científicas del área de herpetología pertenecientes a la Colección Boliviana de Fauna (CBF) llegando a constituirse en uno de los pilares más fuerte de esta institución. Por 25 años fue jefe y Curador del Área de Herpetología de la Colección Boliviana de Fauna (CBF) y por más de 20 años fue jefe de la Unidad de Zoología del Museo Nacional de Historia Natural (MNHN). Durante su liderazgo, las colecciones científicas experimentaron un notable aumento, pasando de 1,000 ejemplares a más de 12,000. Entre estos, se incluyen alrededor de 230 especies de anfibios y 258 de reptiles, logrando así una representatividad del 75% de la diversidad biológica de Bolivia. Este destacado incremento no solo evidencia la dedicación de James a la expansión del conocimiento científico, sino también su contribución significativa a la preservación y comprensión de la

Figure 3. James with his area assistants and the participants of the "Herpetology Course, Laboratory and Field Techniques" (2016).

Figura 3. James junto a sus ayudantes del área y los participantes del "Curso de Herpetología, Técnicas de laboratorio y de campo" (2016).



biodiversidad boliviana. Gracias a este trabajo invaluable la CBF cuenta actualmente con 40 holotipos, 164 paratipos, un neotipo, un paratopotipo y cuatro ejemplares de referencia del neotipo. Llegó a describir 10 especies nuevas para la ciencia.

Se embarcó en la ambiciosa tarea de construir la biblioteca especializada en Herpetología más extensa y completa de todo el país. Para lograrlo, dedicó recursos personales al envío de solicitudes a numerosas instituciones en todo el mundo, incluyendo museos, organizaciones no gubernamentales (ONG),

revistas y directamente a los propios autores. El resultado de sus esfuerzos fue impresionante, logrando reunir un total de 321 libros, dos series de revistas científicas y alrededor de 3.000 artículos científicos impresos que abarcan diversas temáticas en la investigación de la herpetología.

Con todos estos recursos conformó el laboratorio herpetológico más destacado a nivel nacional, donde llegó a guiar numerosos estudiantes interesados en el campo de la herpetología y logrando publicar 194 trabajos científicos, bajo su dirección se realizaron



Figure 4. First Bolivian Congress of Herpetology (2018). / **Figura 4.** Primer Congreso Boliviano de Herpetología (2018).



Figure 5. James in the project Conservation status of *Yunganastes bisignatus* (2016).

Figura 5. James en el proyecto Estado de conservación de *Yunganastes bisignatus* (2016)

24 tesis de licenciatura, seis de maestría, siete de doctorado y 13 pasantías de investigación (Fig. 3). La característica más notable de su laboratorio radicaba en que las puertas siempre estaban abiertas para cualquier estudiante interesado en llevar a cabo investigaciones en herpetología. De esta manera, James logró inspirar a estudiantes de diversas disciplinas, como veterinaria, informática e incluso derecho, quienes, desde sus áreas de formación, dirigieron sus estudios de tesis hacia temas herpetológicos. Una de las últimas iniciativas bajo su liderazgo fue la organización del Primer Congreso Boliviano de Herpetología, destacándose la asistencia masiva de herpetólogos y estudiantes de 12 nacionalidades y dos continentes (Fig. 4).

En 2019 James dejó de ser parte del Museo Nacional de Historia Natural. A partir de ese año fundó y fue CEO de la Red de Investigadores en Herpetología-Bolivia (RIHB), donde llegó a participar en la mayoría de los más de 15 artículos científicos publicados en 13 revistas especializadas realizadas por sus

investigadores. También fue fundador y vicepresidente de la Asociación Boliviana de Herpetología (ABH), Miembro del Grupo de Especialistas en Cocodrilos de la UICN (CSG), y Miembro de la Comisión Mundial de Áreas Protegidas de la UICN, llegando a desempeñar con una impecable diligencia en todas sus labores encomendadas.

Fue un gran profesional, profesor, amigo, hermano, padre, y esposo, quien con su desbordada alegría supo entrar en los corazones de quienes lo conocimos.

Nunca olvidaremos su amable sonrisa y mirada soñadora que inspiraba confianza y calidez, invitándonos a conocer el maravilloso mundo de la investigación herpetológica (Fig. 5).

Te extrañaremos James, dejás lo mejor de ti en todos nosotros.

Vuela alto, como siempre.



DEPREDACIÓN DE *INCILIUS CRISTATUS* (ANURA: BUFONIDAE) POR *LEPTODEIRA SEPTENTRIONALIS* (KENNICOTT, 1859) (SQUAMATA: COLUBRIDAE) EN SAN ANDRÉS TZICUILAN, MUNICIPIO DE CUETZALAN DEL PROGRESO, PUEBLA

PREDATION OF *INCILIUS CRISTATUS* (ANURA: BUFONIDAE) BY *LEPTODEIRA SEPTENTRIONALIS* (KENNICOTT, 1859) (SQUAMATA: COLUBRIDAE) IN SAN ANDRÉS TZICUILAN, MUNICIPALITY OF CUETZALAN DEL PROGRESO, PUEBLA

Javier Matías-Vázquez¹, Martha Anahí Güizado-Rodríguez^{2*} & Uri Omar García-Vázquez³

^{1,2}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.

³Laboratorio de Sistemática Molecular, Unidad de Investigación Multidisciplinaria de Investigación Experimental Zaragoza, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México.

*Correspondence: martha.gr@zacapoaxtla.tecnm.mx

Received: 2023-10-11. Accepted: 2023-10-18. Published: 2023-12-06.

Editor: Rodrigo Macip Ríos, México.

Abstract.– The diet of colubrid snakes is based mainly on birds, small mammals, lizards, and in some cases, eggs and invertebrates. There is evidence that snakes of the genus *Leptodeira*, a group of nocturnal arboreal snakes, feed primarily on amphibians. However, few aspects of the natural history of the snake *Leptodeira septentrionalis* are known. Based on a photographed observation in the community of San Andrés Tzicuilan, Cuetzalan, Puebla, we report the first record of *L. septentrionalis* depredating on *Incilius cristatus*.

Key words.– Snakes, diet, colubrids.

Resumen.– La dieta de los colubridos se basa principalmente en aves, pequeños mamíferos, lagartijas y en algunos casos de huevos e invertebrados. Existe evidencia de que el género *Leptodeira*, un grupo de serpientes nocturnas arborícolas se alimenta principalmente de anfibios. Sin embargo, pocos aspectos sobre la historia natural de la serpiente *Leptodeira septentrionalis* se conocen en la actualidad. Con base en una observación registrada en fotografía en la comunidad de San Andrés Tzicuilan, Cuetzalan, Puebla reportamos el primer registro de *L. septentrionalis* depredando a *Incilius cristatus*.

Palabras clave.– Serpientes, dieta, colúbridos.

La serpiente *Leptodeira septentrionalis* (Kennicott, 1859) es una serpiente ovípara de amplia distribución que se extiende desde el extremo sur de Texas en la vertiente Atlántica, hasta el Salvador en el Pacífico y Honduras en el Atlántico (Costa et al., 2022). En México se puede encontrar en elevaciones que van desde el nivel del mar hasta los 1500 m en hábitats húmedos en las vertientes del Caribe y el Pacífico Mexicano (Barrios-Amorós, 2019). Este género de serpientes tiene hábitos nocturnos y arborícolas y se alimenta principalmente de anfibios (Savage, 2002; Dehling, 2009; Hernández-Ríos et al., 2011; Engeman & Engeman, 2015; Aguilar-López, 2019), aunque también hay registros de ofiofagia (Cantor & Pizzato, 2008; McKelvy et al., 2013).

El día 11 de Julio de 2023, a las 20:17 h, en la comunidad de San Andrés Tzicuilan, en el municipio de Cuetzalan del Progreso, Puebla. (19.997201° N, 97.502165° W; WGS84) a 1,101 m s.n.m. en un clima semicálido húmedo, se observó un ejemplar de *L. septentrionalis* depredando a un individuo de *I. cristatus*. El lugar donde se observó esta interacción fue un remanente de bosque mesófilo de montaña en buen estado de conservación, con presencia abundante de helechos.

La depredación de *I. cristatus* por *L. septentrionalis* tuvo una duración aproximada de 40 minutos. Durante el proceso, la serpiente reconoció a su presa guiándose con sus órganos sensoriales hasta que finalmente pudo sostener al sapo mediante



Figure 1. Left) *Leptodeira septentrionalis* during the initial capture, holding an individual of *Incilius cristatus* by the head. Right) Note that *L. septentrionalis* is swallowing *I. cristatus* by the head. Photo: Javier Matías Vázquez.

Figura 1. Izquierda) *Leptodeira septentrionalis* durante la captura inicial, sosteniendo a un individuo de *Incilius cristatus* por la cabeza. Derecha) Nótese que *Leptodeira septentrionalis* está engullendo a *Incilius cristatus* por la cabeza. Foto: Javier Matías Vázquez.

una mordida rápida y eficaz, ambos organismos permanecieron inmóviles durante aproximadamente 10 minutos (Fig. 1). Posteriormente, la serpiente comenzó a arrastrar al sapo lentamente hacía la vegetación circundante, fue entonces que el sapo intentó liberarse saltando de un lado a otro, escena que se mantuvo durante 5 minutos. En la etapa final, *I. cristatus* quedó inmóvil ante su depredador y fue arrastrada a un lugar con más vegetación, finalmente *L. septentrionalis* engulló a su presa *I. cristatus* iniciando por la cabeza. La ingestión duró 25 minutos. Esta observación es el primer registro gráfico de depredación de *I. cristatus* por *L. septentrionalis*. La identificación de las especies fue verificada por Juan Carlos Sánchez-García.

LITERATURA CITADA

- Aguilar-López, J. 2019. Four cases of prey-predator interaction (anuran-snake) through their geographical distribution. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 2:31-34.
- Barrio-Amorós, C.L. 2019. On the taxonomy of snakes in the genus *Leptodeira*, with an emphasis on Costa Rican species. *IRCF Reptiles & Amphibians* 26:1-15.
- Cantor, M. & L. Pizzato. 2008. *Leptodeira annulata*. Dieta. *Herpetological Review* 39:470-471.
- Costa, J.C., R. Graboski, F.G. Grazziotin, H. Zaher, M.T. Rodrigues & A.L.D.C. Prudente. 2022. Reassessing the systematics of *Leptodeira* (Serpentes, Dipsadidae) with emphasis in the South American species. *Zoologica Scripta* 51:415-433.
- Dehling, D.M. 2009. *Leptodeira septentrionalis*. Prey. *Herpetological Review* 40:356.
- Engeman, R.M. & C. Engeman. 2015. *Leptodeira septentrionalis* (Northern Cat-eyed snake). Diet and Predation. *Herpetological Review* 46:104-105.
- Hernández-Ríos, A., H.S. Luna-Alcantara & E. García-Padilla. 2011. *Leptodeira septentrionalis polysticta* (Central American Cat-eye snake). *Herpetological Review* 42:100.
- McKelvy, A.D., A. Figureoa & T.R. Lewis. 2013. First record of ophiophagy in the widely distributed snake *Leptodeira septentrionalis* (Kennicott, 1859) (Ophidia, Colubridae). *Herpetology Notes* 6:177-178.
- Savage, J.M. 2002. The Amphibians and Reptiles of Costa Rica: A Herpetofauna Between Two Continents, Between Two Seas. Chicago, The University of Chicago Press.



MORTALIDAD EN *TRIMORPHODON BISCUTATUS* (COLUBRIDAE) ASOCIADA A LA INGESTA DE UNA *CTENOSAURA PECTINATA* (IGUANIDAE) EN MICHOACÁN DE OCAMPO, MÉXICO

MORTALITY IN *TRIMORPHODON BISCUTATUS* (COLUBRIDAE) ASSOCIATED WITH THE INGESTION OF A *CTENOSAURA PECTINATA* (IGUANIDAE) IN MICHOACÁN DE OCAMPO, MEXICO

Luis Eduardo Bucio Jiménez^{1*} & Leonardo Fernández-Badillo^{2,3}

¹Av. Francisco Villa #91, Col. Los Héroes Tecámac Sexta Sección, 55764, Tecámac, México.

²Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, km 4.5 carretera Pachuca-Tulancingo, s/n, Mineral de la Reforma, Hidalgo, 42184, México.

³Predio Intensivo de Manejo de Vida Silvestre X-Plora Reptilia, carretera México-Tampico, s/n, Pilas y Granadas, Metztitlán, Hidalgo, 43350, México.

*Correspondence: lebj26@gmail.com

Received: 2023-10-22. Accepted: 2023-10-26. Published: 2023-12-06.

Editor: Leticia M. Ochoa-Ochoa, México.

Abstract.— Although most snakes are adapted to consume large preys, misjudging the size limit of the prey that they are capable of consuming can result in the death of the snake. Herein we present the third case of incidental death of an adult *Trimorphodon biscutatus* due to the predation of a juvenile specimen of *Ctenosaura pectinata*.

Key words.— Predation, large prey, death, diet.

Resumen.— Aunque la mayoría de las especies de serpientes están adaptadas para consumir presas grandes, la evaluación errónea del límite del tamaño de la presa que son capaces de ingerir, puede ocasionar la muerte de la serpiente. Aquí presentamos el tercer caso de muerte incidental en un adulto de *Trimorphodon biscutatus* a causa de la depredación de un ejemplar juvenil de *Ctenosaura pectinata*.

Palabras clave.— Depredación, presas grandes, muerte, dieta.

Las serpientes presentan adaptaciones anatómicas que les permiten ingerir presas muy grandes que pueden representar hasta el 150% de su masa corporal (Shine, 1991; Arnold, 1993; Greene, 1992). Sin embargo, la ingesta de presas exageradamente grandes puede ocasionarles la muerte en ciertos casos (Cavalcanti et al., 2012). En distintas especies de serpientes se han registrado eventos de mortalidad causados por la ingesta de presas excesivamente grandes, muchos de ellos en boas y pitones (Aceituno & Trochez, 2017), así como en algunos vipéridos (Bryson et al., 2006; Fernández-Badillo et al., 2012; Domínguez-Godoy et al., 2017), colúbridos y dipsáridos (Sazima y Martins, 1990; Ramírez-Bautista & Uribe, 1992; Lara-Reséndiz et al., 2016). Aunque la mayoría de los eventos de depredación fallidos resultan en la regurgitación de la presa (Fong et al., 2013;

Vargas-Salinas & Aponte-Gutiérrez, 2013), se han registrado observaciones de serpientes muertas con presas grandes dentro de su cuerpo o con presas que sobresalen de su boca y que no pudieron ser regurgitadas (Caramaschi & Niemeyer, 2012; Menezes et al., 2013; Nogueira et al., 2014; Gavira et al., 2015; Carilo Filho et al., 2017). Para el caso particular de *Trimorphodon biscutatus* (culebra lira o ilamacoa de noche), la cual se alimenta de lagartijas, mamíferos y aves (Heimes, 2016), existen por lo menos dos registros previos (Ramírez-Bautista & Uribe, 1992; Lara-Reséndiz et al., 2016) de ejemplares adultos que intentaron consumir organismos muy grandes de iguana negra (*Ctenosaura pectinata*) y murieron. En el presente trabajo se presenta otra observación de muerte en *T. biscutatus* causada por la ingesta del mismo tipo de presa.

El 17 de agosto de 2020, a las 09:00 h, durante los recorridos en campo realizados en el ejido Acalpican, en el municipio de Lázaro Cárdenas, Michoacán, México (18.03143° N, 102.34566° O, WGS 84, 105 m s.n.m.), encontramos un individuo adulto de *T. biscutatus* expuesto en el suelo de una zona agrícola que presentaba indicios de haber ingerido una presa voluminosa (Fig. 1). Éste se mostraba muy débil y moviéndose con dificultad. Se decidió capturar al ejemplar para reubicarlo, pero al poco tiempo murió. Con la finalidad de identificar la presa ingerida por la serpiente, realizamos un corte ventral en el individuo y encontramos un ejemplar juvenil de *C. pectinata* (Iguana Negra) (Fig. 2). Ambos ejemplares fueron fotografiados junto a una medida de referencia para posteriormente tomar sus medidas empleando el software en línea Serpentine Widgets (Charles Pritzel, 2000-2011). El manejo de la serpiente se llevó a cabo mediante el permiso de colecta SGPA/DGVS/13338/19, sin embargo, debido a la falta de material para la adecuada recolección y fijación de los ejemplares, éstos fueron enterrados en el campo.

La serpiente, un individuo macho, tenía una longitud total (LT) de 1,575.3 mm, mientras que la iguana tuvo una LT de 775 mm, lo cual representa el 49% del total de la serpiente, lo que seguramente dificultó la digestión y ocasionó la muerte de la serpiente. También es posible, que la serpiente haya muerto a causa de heridas internas causadas al tratar de regurgitar a la presa, como se ha documentado en especies como *Boa imperator* (Aceituno & Trochez, 2017).

Los depredadores como las serpientes, deben seleccionar de manera óptima sus presas y su tamaño debe ser adecuado para proporcionar suficiente energía y al mismo tiempo permitir su manejo (Rodríguez-Forti et al., 2018). En este sentido, resulta interesante que existan otros dos casos documentados de mortalidad de *T. biscutatus* debidos a la ingesta de presas muy grandes de *C. pectinata* (Ramírez-Bautista & Uribe, 1992; Lara-Reséndiz et al., 2016), por lo que es posible que estos eventos sean más comunes de lo que se conoce. Cabe destacar que el tamaño relativo de la presa de nuestro registro, es más grande



Figure 1. Adult organism of *Trimorphodon biscutatus*. / Figura 1. Ejemplar adulto de *Trimorphodon biscutatus*.



Figure 2. Adult specimen of *Trimorphodon biscutatus* with their prey, a juvenil of *Ctenosaura pectinata*.

Figura 2. Ejemplar adulto de *Trimorphodon biscutatus* muerto con su presa, un juvenil de *Ctenosaura pectinata*.

(1,575 mm) que en los casos registrados por Ramírez-Bautista & Uribe en 1992 (760 mm) y Lara-Reséndiz y colaboradores en 2016 (1,210 mm); ocupando un 49% de la longitud total de la serpiente, lo que representa la mitad de su tamaño. Eventos como estos podrían indicarnos que las iguanas son una fuente importante en el desarrollo de *T. biscutatus* y debido a esto es que no seleccionan de manera eficiente el tamaño de la presa, ocasionándoles la asfixia.

LITERATURA CITADA

- Aceituno F. & D. Trochez. 2018. Natural History Notes: *Boa imperator* Daudin, 1803. Diet. Mesoamerican Herpetology 4:936-937.
- Arnold, S.J. 1993. Foraging theory and prey-size-predator-size relations in snakes. p. 87-115. In: R.A. Seigel & J.T Collins (Eds.). Snakes: Ecology and Behavior. McGraw-Hill, Inc., New York, USA.
- Bryson R.W. JR., F. Mendoza-Quijano, R.F. Mendoza-Paz & J. Pacheco. 2006. *Crotalus intermedius gloydi*. Diet. Herpetological Review 37:350-351.
- Caramaschi, U. & H. Niemeyer. 2012. Unsuccessful predation of *Elapomorphus quinquelineatus* (Serpentes: Colubridae) on *Amphisbaena microcephala* (Amphisbaenia: Amphisbaenidae). Evolution 1:217-227.
- Carilo-Filho, L.M., D.G. Nascimento & A.J.S. Argôlo. 2017. Death of *Oxyrhopus petolarius* (Linnaeus, 1758) (Serpentes: Dipsadidae) after an unsuccessful predation event on *Tropidurus torquatus* (Wied-Neuwied, 1820) (Sauria: Tropiduridae). Herpetology Notes 10:71-73.
- Cavalcanti, L., A. Santos-Protázio, R. Albuquerque, C.K.B. Pedro & D.O. Mesquita. 2012. Death of a coral snake *Micrurus ibiboboca* (Merrem, 1820) (Elapidae) due to failed predation on bigger

- prey: a cat-eyed night snake *Leptodeira annulata* (Linnaeus, 1758) (Dipsadidae). *Herpetology notes* 5:129-31.
- Charles Pritzell. 2000-2011. Serpentine Widgets. Último acceso: Octubre de 2022. <http://serpwidgets.com/main/index>.
- Domínguez-Godoy, M.A., R. Barrios-Montiel, A. Bautista & A.H. Díaz de la Vega-Pérez. 2017. Natural History Notes: *Crotalus ravus*. Diet and accidental mortality involving a *Sceloporus spinosus*. *Mesoamerican Herpetology* 4:426-428.
- Fernández-Badillo L., N. Morales-Capellán & I. Goyenechea. 2012. *Crotalus aquilus* (Queretaran Dusky Rattlesnake) Diet. *Herpetological Review* 43:658.
- Fong, A.G., I.B. Giró & K.M. García. 2013. Unsuccessful predation on the toad *Peltophryne peltoccephala* (Bufonidae) by the Cuban snake *Tropidophis melanurus* (Tropidophiidae). *Herpetology Notes* 6:73-75.
- Gavira, R.S.B., A. Fabrício-Neto & D.V. Andrade. 2015. Death of a juvenile false-coral snake, *Oxyrhopus guibei* (Hoge & Romano, 1977) (Serpentes: Dipsadidae), after ingesting a Tropical House gecko, *Hemidactylus mabouia* (Moreau de Jonnés, 1818) (Sauria: Gekkonidae). *Herpetology Notes* 8:153-154.
- Greene H.W. 1992. The ecological and behavioral context of pitviper evolution. Pp. 107-117. En J. A. Campbell & E. D. Jr. Brodie (Eds.), *Biology of the Pitvipers*. Selva, Tyler, Texas.
- Heimes, P. 2016. *Herpetofauna Mexicana Vol. 1. Snakes of Mexico*. Editorial Chimaira. Frankfurt am Main, Alemania.
- Lara-Reséndiz R.A. & A.H. Díaz de la Vega-Pérez. 2016. *Trimorphodon biscutatus*. Diet, prey size and accidental mortality (*Ctenosaura pectinata*). *Mesoamerican Herpetology* 3:750-751.
- Menezes, L.M.N., P.M.A.G. Reis, K. Souza, I.C. Urias, F.M. Walker & L.B. Ribeiro. 2013. Death of a snake *Philodryas nattereri* (Squamata: Dipsadidae) after predation on a large-sized lizard *Tropidurus hispidus* (Squamata: Tropiduridae). *Herpetology Notes* 6:55-57.
- Nogueira, C.H., C.A. Figueiredo-de-Andrade & N.N. de Freitas. 2014. Death of a juvenile snake *Oxyrhopus petolarius* (Linnaeus, 1758) after eating an adult house gecko *Hemidactylus mabouia* (Moreau de Jonnés, 1818). *Herpetology Notes* 6:39-43.
- Ramírez-Bautista, A. & Z. Uribe-Peña. 1992. *Trimorphodon biscutatus* (Lyre snake). Predation fatality. *Herpetological Review* 23:82.
- Rodríguez-Forti, L., R. Marques da Silva, P.R. Manzani & L.F. Toledo. 2018. Snake vs. porcupines: when preys leave mortal injuries. *Herpetology notes* 11:715-718.
- Shine, R. 1991. Why do large snakes eat large prey items? *Functional Ecology* 5:493-502.
- Sazima, I. & M. Martins. 1990. Presas grandes e serpentes jovens: quando os olhos são maiores que a boca. *Memorias do Instituto Butantan* 52:73-79.
- Vargas-Salinas, F. & A. Aponte-Gutiérrez. 2013. A race for survivorship: failed predation on the toad *Rhinella humboldti* (Gallardo, 1965) by the Cat-eyed snake *Leptodeira septentrionalis* (Kennicott, 1859). *Herpetology Notes* 6:189-191.



FACTORES AMBIENTALES QUE FAVORECEN LA REPRODUCCIÓN DEL AXOLOTE DE XOCHIMILCO BAJO CUIDADO HUMANO: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA

ENVIRONMENTAL FACTORS THAT PROMOTE THE REPRODUCTION OF THE XOCHIMILCO AXOLOTL UNDER HUMAN CARE: A SYSTEMATIC REVIEW

Sergio García-Dávila^{1*} & Valeria Aguilar-Sánchez²

¹Programa Propedéutico en Medicina de Fauna Silvestre, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, C.P. 04510, Ciudad de México, México.

²Departamento de Etología, Fauna Silvestre y Animales de Laboratorio, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, C.P. 04510, Ciudad de México, México.

*Correspondence: sergio.garciadav@gmail.com

Received: 2023-07-18. Accepted: 2023-10-16. Published: 2023-12-06.

Editor: Ana Gatica Colima, México.

Abstract.— The Xochimilco's Axolotl is a critically endangered amphibian, and its population has been declining due to habitat loss from anthropogenic activities. Currently this situation has resulted in ex-situ conservation efforts by creating breeding axolotl colonies under professional care. Therefore, the objective of this systematic review was to answer the question: what are the environmental factors that promote the Xochimilco Axolotl's reproduction under professional care? For this, a systematic review was carried out using inclusion and exclusion criteria filters that were previously established specifically for document selection describing environmental factors focused on the Xochimilco Axolotl. The following bibliographic data base were used: ScienceDirect, RedALYC, sciELO. Also three search engines were used: Google Scholar, BIDIUNAM and ResearchGate from November to December 2022. As a result, a total of 6,049 documents were gathered, of which 19 documents were eligible for the systematic review considering the inclusion and exclusion criteria filters. The environmental factors reported that promote Xochimilco Axolotl reproduction are temperature, water quality, dimensions and environmental enrichment, axolotl characteristics and photoperiod. Most of the authors concur that these factors should be used together for successful reproduction. However, qualitative studies are necessary to better establish scientific evidence at the time of evaluating these environmental factors. The aim of the present review is to inform the reader about the factors that allow successful axolotl reproduction under professional care and to improve its conservation.

Keywords.— *Ambystoma mexicanum*, photoperiod, temperature, water quality.

Resumen.— El Axolote de Xochimilco es un anfibio en peligro de extinción, endémico del Lago de Xochimilco. Su población ha disminuido debido a la pérdida de su hábitat ocasionado por factores antropogénicos. Esto ha llevado a que se realicen esfuerzos de conservación ex-situ en colonias de axolotes mediante su reproducción bajo cuidado humano. Por ello, el propósito de esta revisión sistemática es responder a la pregunta ¿Cuáles son los factores y parámetros ambientales que favorecen la reproducción del Axolote de Xochimilco bajo cuidado humano? Se elaboró una revisión sistemática con base a criterios de inclusión y exclusión que se establecieron previamente para la selección de documentos enfocados únicamente en la descripción de factores ambientales

relacionados con la reproducción del Axolote de Xochimilco. Para ello, se utilizaron los siguientes tres motores de búsqueda: Google Académico, ResearchGate y BIDIUNAM. Y tres bases de datos bibliográficas: ScienceDirect, RedALYC y sciELO. Esta revisión se realizó de noviembre a diciembre del 2022. Se obtuvieron un total de 6,049 resultados, de los cuales se incluyeron 19 documentos finales de acuerdo con los criterios de inclusión y exclusión utilizados. De esta búsqueda, los factores encontrados que influyen en la reproducción del axolote son: temperatura, calidad del agua, dimensiones y ambientación del alojamiento, características de los ejemplares y fotoperiodo. La mayoría de los autores coinciden en el manejo de dichos factores para obtener un éxito reproductivo. Sin embargo, es necesario realizar un estudio cuantitativo para establecer evidencia estadística que genere un grado de confianza mayor respecto al éxito reproductivo. La finalidad de la revisión es informar al lector los factores que facilitan la reproducción con éxito del axolote bajo cuidado humano y motivar a su conservación.

Palabras clave.— *Ambystoma mexicanum*, calidad del agua, fotoperiodo, temperatura.

INTRODUCCIÓN

Shaw y Nodder describieron al Axolote de Xochimilco por vez primera en el año de 1798 clasificándolo dentro del Reino: Animalia, Clase: Amphibia, Orden: Caudata, Familia: Ambystomatidae, Género: *Ambystoma*, bajo el nombre de *Gyrinus mexicanum* (hoy bajo el nombre de *Ambystoma mexicanum*). Es un anfibio, perteneciente al orden de las salamandras y comparte el género con otras 32 especies de *Ambystoma* (AmphibiaWeb, 2022; ITIS, 2022).

En México, la distribución de la familia Ambystomatidae se resume en la presencia de un solo género, *Ambystoma*, en el que se encuentran 18 especies en territorio mexicano, de las que 16 especies son endémicas. Lo que representa un 88.8% de endemismo del género *Ambystoma* (Parra-Olea et al., 2014). Actualmente, 15 de las 16 especies endémicas se encuentran enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 en alguna categoría de riesgo; tres especies se encuentran clasificadas como amenazadas, 11 como sujetas a protección especial, y una sola especie (*A. mexicanum*) se encuentra clasificada como en peligro de extinción (SEMARNAT, 2010). La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN, por sus siglas en español) dentro de la Lista Roja lo enlista como en “Peligro Crítico” (UICN, 2020). Mientras que la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES, por sus siglas en inglés) lo clasifica dentro del Apéndice II (CITES, 2022).

Por otra parte, el Axolote de Xochimilco ha sido una especie de interés científico debido a su asombrosa capacidad de regeneración tisular, lo que lo ha convertido en un modelo de investigación biomédica (Molina Vázquez, 2010). Para realizar dichas investigaciones o mantener programas de conservación se necesitan colonias de axolotes con condiciones específicas para permitir la reproducción de la especie. Se tiene conocimiento que en su hábitat natural la temperatura del Lago

de Xochimilco se encuentra en un rango de 16-20°C y un pH de 7.4-8.2 (Shaffer, 1989). Podría considerarse que estos serían los únicos factores ambientales que se encuentran reportados en vida libre a conocimiento del autor. Por lo tanto, se infiere que la presencia de estos factores en el hábitat natural de esta especie permite la reproducción del Axolote de Xochimilco y que la presencia de estos factores bajo cuidado humano debería de impactar de igual forma.

Por otra parte, Ramos et al. (2021) reporta que los factores de pH, temperatura, salinidad y niveles de oxígeno en el agua permiten el apareamiento de los ejemplares, fertilización y ovoposición, así como el desarrollo embrionario de forma exsitu. Es importante destacar que ambos trabajos se hicieron en lagos, con la distinción de que el primero se realizó en el hábitat natural de la especie y el segundo de forma ex-situ en condiciones naturales en un medio controlado. Se piensa por lo tanto que estos factores podrían estar presentes en laboratorios o colecciones de axolotes y no precisamente estar descritos como factores necesarios para llevarse a cabo la reproducción del Axolote de Xochimilco.

Por otra parte Aguilar-Miguel et al. (2009) reporta mantener en un rango de temperatura de 15-25°C en época reproductiva para la colonia de axolotes que aloja bajo condiciones de laboratorio para las especies *A. granulosum* y *A. lermaense*. Sin embargo, no utiliza un método experimental para comprobarlo, si no una observación personal que tuvo como resultado la reproducción de los axolotes. En cuanto a características físicas que permitan determinar si los ejemplares se encuentran en etapa reproductiva y aptos para ser seleccionados como pie de cría, se reporta en el macho se observa la inflamación de los márgenes cloacales con un cuerpo delgado. En el caso de la hembra la presencia de un abdomen abultado (Khattak et al., 2014). De esta manera, estas características también se consideran como un factor que

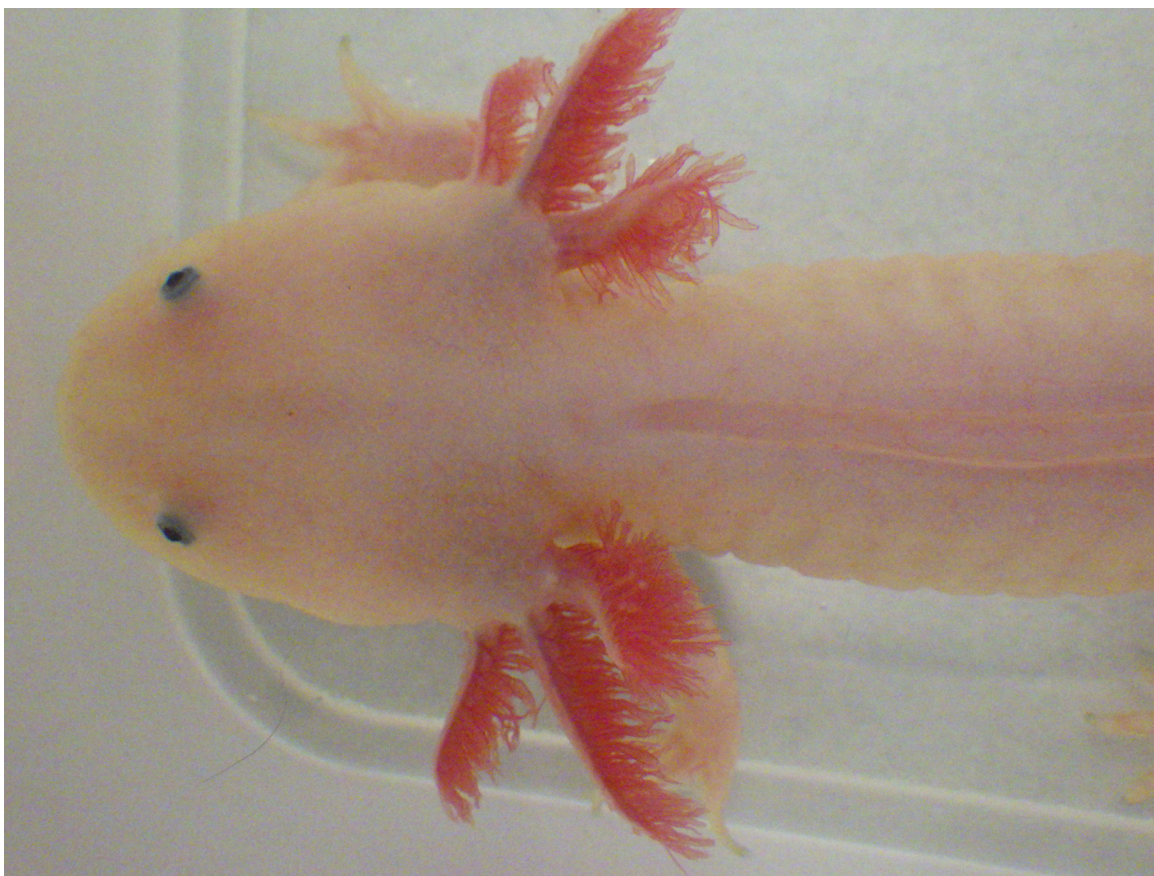


Figura 1. Axolote de Xochimilco o Mexicano, *Ambystoma mexicanum*.

Figure 1. Xochimilco or Mexican axolotl, *Ambystoma mexicanum*.

indica que están listos para reproducirse (Estrada Romero, 2015; Gresens, 2004; Jacinto López, 2022; Khattak et al., 2014; Mena González & Montes de Oca, 2014; Mena González & Zamora, 2014).

Es así, que el propósito de esta revisión sistemática es proveer la información existente en los medios electrónicos acerca de cuáles son los factores ambientales que impactan de manera positiva en la reproducción bajo cuidado humano del Axolote de Xochimilco, y de qué manera los autores miden este impacto.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se partió de la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuáles son los factores y parámetros ambientales que favorecen la reproducción del Axolote de Xochimilco bajo cuidado humano? Así, se llevó a cabo una revisión sistemática durante los meses noviembre a diciembre del año 2022 en la que se realizó la búsqueda de información relacionada con la reproducción del

A. mexicanum bajo cuidado humano. Para ello, se utilizaron las siguientes palabras clave que fueron elegidas mediante la inclusión de las diferentes formas de nombrar al axolote: “*Ambystoma mexicanum*”, “Ajolote Xochimilco”, “Ajolote mexicano”, “Axolote mexicano”, “Axolote Xochimilco”, “Mexican axolotl”. Así mismo se utilizaron únicamente las palabras “Reproducción” y “Reproduction” como claves para encontrar información pertinente al tema de reproducción y de esta manera obtener los factores que describieran los autores como esenciales para lograr la reproducción del Axolote de Xochimilco. Así, se formularon ecuaciones de búsqueda unidas por el operador booleano “AND” que en la investigación se reemplazó por el símbolo de “+” seguido de la palabra “Reproducción” o “Reproduction” resultando en la siguiente forma: “*Ambystoma mexicanum*” + “Reproducción”, “Ajolote Xochimilco” + “Reproducción”, “Ajolote mexicano” + “Reproducción”, “Axolote mexicano” + “Reproducción”, “Axolote Xochimilco” + “Reproducción”, “Mexican axolotl” + “Reproduction”, “*Ambystoma mexicanum*” + “Reproduction”. En estas dos últimas ecuaciones se agregó el

Table 1. Exclusion and inclusion criteria filters for the document selection in the electronic media.**Tabla 1.** Criterios de inclusión y exclusión para la selección de documentos en los medios electrónicos.

Criterios inclusión	Criterios exclusión
Documentos que describan factores ambientales que favorezcan la reproducción solamente del <i>Ambystoma mexicanum</i> .	Documentos sobre factores ambientales que favorezcan la reproducción en otras especies de <i>Ambystoma</i> sp. distintas al <i>A. mexicanum</i> .
Idioma español e inglés.	Idioma que no sean español e inglés.
Artículos de divulgación y científicos, tesis de pre y posgrado, libros completos, informes, manuales, comunicaciones personales y páginas web de fácil acceso.	Artículos o libros incompletos, y sin accesibilidad.
Referencias primarias de los documentos seleccionados.	Documentos que no presentaran las referencias primarias utilizadas.
Cualquier periodo de tiempo.	Archivos que hablan sobre la reproducción del axolote, pero mediante la implementación de tratamientos hormonales, técnicas de inseminación artificial, fertilización in vitro u otros factores artificiales.

operador booleano “NOT” utilizando el símbolo “-” seguido de la palabra “Regeneration” debido a que durante la investigación la gran mayoría de los resultados obtenidos hacían referencia al tema de regeneración. Por lo que se redefinieron las siguientes ecuaciones: “Mexican axolotl” + “Reproduction” - “Regeneration”, “*Ambystoma mexicanum*” + “Reproduction” - “Regeneration”. Como criterios de inclusión, se aceptaron artículos científicos, de divulgación, tesis, informes o reporte de actividades relacionados con el manejo para la reproducción del Axolote de Xochimilco mediante factores ambientales, notas científicas y documentos en los que reportaran la experiencia personal del investigador. No se estableció un periodo estricto de tiempo, por lo que la información podía abarcar cualquier año. Así mismo, los idiomas establecidos fueron el inglés y español, ya que son los idiomas de dominio por parte de los autores. Como criterios de exclusión se descartaron aquellos documentos que no fueran accesibles, estuvieran incompletos o no se encontraran las referencias primarias dentro del documento.

De acuerdo con estos criterios, se realizó un primer filtrado de la información mediante el descarte de aquellos resultados que no contuvieran las palabras clave o que utilizaran palabras relacionadas con el uso de fármacos artificiales para permitir la reproducción del Axolote de Xochimilco. Posteriormente, se realizó un segundo filtrado con el descarte de aquellos documentos que en el resumen o mediante la búsqueda de las palabras clave dentro del documento no hablaran de la reproducción del Axolote de Xochimilco respecto al manejo de los ejemplares y tampoco describieran factores ambientales que permitieran la reproducción del axolote. Posteriormente, se seleccionaron los

documentos relacionados al tema mediante la lectura completa de los mismos. Se desearon los documentos seleccionados duplicados. Esta búsqueda se realizó mediante los siguientes tres motores de búsqueda: Google Académico, Biblioteca Digital Universidad Nacional Autónoma de México (BIDI UNAM) y ResearchGate. Y en tres bases de datos bibliográficas, RedALYC, SciELO y ScienceDirect (ver Tabla 1). Esta revisión fue realizada por un solo autor.

La literatura recabada fue documentada mediante el gestor de referencias Mendeley[®] Reference Manager (Elsevier, 2022) para asegurar el citado correcto de las referencias utilizadas. Por otra parte, se realizó una bitácora en Microsoft[®] Excel (Microsoft[®] 365) cuyo propósito fue el de realizar una clasificación de los documentos encontrados de acuerdo con la ecuación de búsqueda empleada, motor de búsqueda utilizado y características del archivo (autor, título, año y tipo de publicación) fungiendo como respaldo de la información encontrada, así como contabilizar el total de archivos obtenidos y duplicados. Cabe destacar que no en todos los motores de búsqueda o bases de datos se obtuvieron documentos para el uso de ellos en la revisión sistemática. En la sección de resultados se describe en Tabla 2 los documentos más representativos de cada motor de búsqueda o base de datos bibliográfica utilizada.

RESULTADOS

Se obtuvieron seis documentos de 6049 resultados por las ecuaciones de búsqueda incluyendo 12 documentos consecuentes

Table 2. Key documents found according to search engine and key word applied.**Tabla 2.** Documentos clave encontrados de acuerdo con el motor de búsqueda utilizado junto con la palabra clave utilizada.

Motor de búsqueda	Documento clave	Palabra clave
Google Académico	Manual de mantenimiento en cautiverio y medicina veterinaria aplicada al ajolote de Xochimilco (<i>Ambystoma mexicanum</i>) en el zoológico de Chapultepec (Servín Zamora, 2011)	" <i>Ambystoma mexicanum</i> " + "reproducción"
ResearchGate	Manual básico para el cuidado en cautiverio del axolote de Xochimilco (<i>Ambystoma mexicanum</i>) (Mena González & Zamora, 2014)	" <i>Ambystoma mexicanum</i> " + "reproducción"
BIDIUNAM	El ajolote <i>Ambystoma mexicanum</i> : Su manejo y reproducción en cautiverio (Estrada Romero, 2015)	" <i>Ambystoma mexicanum</i> " + "reproducción"

de la búsqueda manual de las referencias primarias de los documentos encontrados, una página de internet y un repositorio dedicados a difundir información exclusivamente del Axolote de Xochimilco. En total se consideraron 19 documentos dentro de la revisión, seleccionados con rigurosidad con base en los niveles de evidencia de investigación actuales que rigen a los documentos publicados, ya que, aunque la finalidad de la revisión era brindar al lector la cantidad de información disponible en los medios electrónicos, así también tuvo por objetivo el dar a conocer la calidad de esta.

A continuación, se precisa el tipo de información encontrada y su proporción numérica en forma de porcentaje. De los 19 documentos recopilados, uno (5.26%) es un informe de servicio social para obtención del grado de licenciatura, dos (10.52%) corresponden a tesis de licenciatura, dos (10.52%) corresponden a manuales de trabajo, uno (5.26%) a libro electrónico, cinco (26.31%) corresponden a artículos de divulgación, tres (15.78%) a informes científicos, cuatro (21.05%) a artículos de investigación científica y por último una (5.26%) página web. Cabe mencionar que la metodología empleada se encuentra contenida y detallada en el diagrama de flujo de la Figura 1.

Con ello, se encontraron seis factores ambientales reportados comúnmente por la mayoría de los autores que influyen en la reproducción del Axolote de Xochimilco bajo cuidado humano. Por lo que se presentan a continuación en forma de apartados con subtítulos.

Temperatura

Este parámetro fue reportado en 11 de 19 documentos representando el 57.89% de los resultados obtenidos (Clare, 2019; Duhon, 1987; Estrada Romero, 2015; Farkas & Monaghan,

2015; Fox, 1984; Hincapie et al., 2022; Jacinto López, 2022; Khattak et al., 2014; Mena González & Montes de Oca, 2014; Mena González & Zamora, 2014; Ramos et al., 2021; Servín Zamora, 2011). Así mismo, se encuentran reportados distintas mediciones de temperatura como propicias para que se lleve a cabo la reproducción del Axolote de Xochimilco. Sin embargo, al realizar la revisión de estos documentos se obtuvo como promedio una temperatura de 15.91°C, mientras que la máxima fue de 20°C y la mínima de 10°C. Sin embargo, ningún autor refiere a la temperatura como el factor principal para que se lleve a cabo la reproducción de los ejemplares. Pero sí un parámetro determinante para que se lleve a cabo el cortejo entre macho y hembra.

Enriquecimiento ambiental

En 13 de 19 documentos, que representa el 68.42% de documentos mencionan el enriquecimiento ambiental como factor determinante para que se lleve a cabo la reproducción del Axolote de Xochimilco (Estrada Romero, 2015; Farkas & Monaghan, 2015; Gresens, 2004; Hincapie et al., 2022; Khattak et al., 2014; Mena González & Montes de Oca, 2014; Mena González & Zamora, 2014; Ramos et al., 2021; Rosales-Peña & Ríos Vargas, 2021; Servín Zamora, 2011; Stephan Otto & Ensástigue López, 2001; Zambrano et al., 2007). En específico, hacen referencia al sustrato o algún tipo de material sobre el que el espermatóforo liberado por el macho pueda depositarse y sea recolectado con mayor facilidad por la hembra.

En cuanto al tipo de material mencionado con mayor frecuencia es la colocación de vegetación natural o de plástico que representa el 66.66% de los materiales utilizados para que se pueda llevar a cabo la reproducción de los ejemplares (Hincapie et al., 2022; Khattak et al., 2014; Mena González & Zamora, 2014;

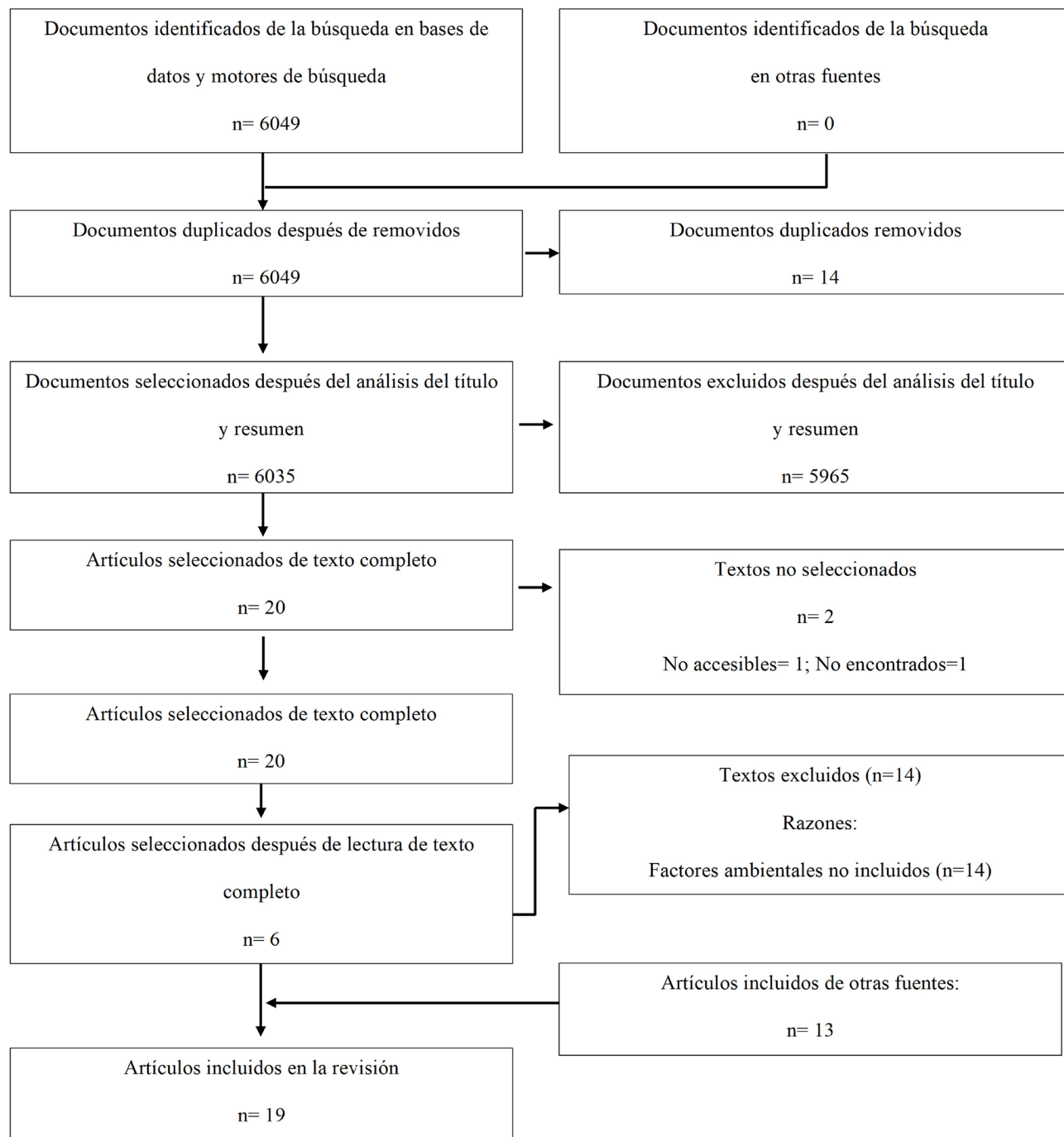


Figure 1. Flowchart scheme of the systematic review in the electronic media for the Xochimilco Axolotl (*Ambystoma mexicanum*) reproduction.

Figure 1. Diagrama de flujo de revisión sistemática en medios electrónicos sobre la reproducción del Axolote de Xochimilco (*Ambystoma mexicanum*).

Ramírez Bautista et al., 2009; Ramos et al., 2021; Rosales-Peña & Ríos Vargas, 2021; Stephan Otto & Ensástigue López, 2001; Zambrano et al., 2007).

Dimensiones

En 10 de 19 documentos que representa el 52.63% del total de documentos reportan las dimensiones del albergue como un factor ambiental para favorecer la reproducción del Axolote de Xochimilco (Clare, 2019; Estrada Romero, 2015; Farkas & Monaghan, 2015b; Fox, 1984; Gresens, 2004; Hincapie et al., 2022; Mena González & Montes de Oca, 2014; Mena González & Zamora, 2014; Rosales-Peña & Ríos Vargas, 2021; Servín Zamora, 2011). Cabe destacar, que se proponen dos tipos de dimensiones dependiendo del número de ejemplares alojados. Por ejemplo, en 9 de los 10 documentos (90%) reportan que para albergar a dos ejemplares en un solo acuario es posible utilizar 30.23 L de agua en promedio. Reportando también un máximo de 75.7 L y un mínimo de 2 L de capacidad para albergar dos ejemplares y permitir la reproducción de los ejemplares (Fox, 1984; Gresens, 2004). Mientras que para alojar entre 5-13 ejemplares es posible utilizar un acuario con una capacidad de 300 L en promedio.

Agua

En 8 de 19 documentos que representa el 36.84%, los autores coinciden en mantener ciertos parámetros del agua y cuidados necesarios para permitir la reproducción del Axolote de

Table 3. Chemistry water reference values for the Xochimilco's Axolotl maintenance under professional care at Ecologic Restoration Laboratory; UNAM Biology Institute (Mena González & Zamora, 2014).

Tabla 3. Parámetros químicos de agua en alojamiento bajo cuidado humano del Axolote de Xochimilco en el Laboratorio de Restauración Ecológica Instituto de Biología UNAM (Mena González & Zamora, 2014).

Parámetro	Valor ideal
pH	6.5-8
Cloro	0 mg/L
Dureza general (GH)	6-16° DH
Dureza carbono (KH)	3-10° DH
Nitritos (NO_2^-)	> 3 mg/L
Amoniaco	0% ó 0 mg/L
Densidad	1.000
Concentración CO_2	<5 mg/L
O_2 disuelto	>80% de saturación
Temperatura	10-18° C

Xochimilco (Clare, 2019; Farkas & Monaghan, 2015; Hincapie et al., 2022; Khattak et al., 2014; Mena González & Zamora, 2014; Ramos et al., 2021; Rosales-Peña & Ríos Vargas, 2021; Servín Zamora, 2011). Entre los parámetros que los autores coinciden son la medición de pH, oxígeno disuelto en agua, salinidad del agua, conductividad, medición de nitritos, nitratos y amoniaco, el uso de filtros y los recambios parciales de agua. En la tabla 3 se muestra un cuadro de los parámetros establecidos en una colonia de axolotes.

Fotoperiodo

En 6 de 19 documentos (31.57%) se reporta el uso del fotoperiodo como un factor ambiental para reproducir al Axolote de Xochimilco. Propiamente el permitir 12 horas luz y 12 horas oscuridad a los ejemplares a lo largo del año (Estrada Romero, 2015; Farkas & Monaghan, 2015; Fox, 1984; Khattak et al., 2014; Mena González & Montes de Oca, 2014; Servín Zamora, 2011). Sin embargo, Fox (1984) quien no describe un fotoperiodo de horas preciso, pero sí reporta que un ciclo de 24 horas luz inhibe los desoves.

Ejemplares

En 8 de 19 documentos (42.10%) se reporta las características físicas y edad de los ejemplares necesaria para considerarse como ejemplares aptos para iniciar la etapa reproductiva (Clare, 2019; Gresens, 2004; Hincapie et al., 2022; Khattak et al., 2014; Mena González & Montes de Oca, 2014; Mena González & Zamora, 2014; Rosales-Peña & Ríos Vargas, 2021; Servín Zamora, 2011). En 7 de los 8 documentos (87.5%) destacan las características del macho en el que se debe observar un abultamiento de la zona pericloacal, mientras que en el caso de la hembra un aumento de volumen del abdomen que tiene que observarse redondeado. Mientras que la edad promedio para iniciar la etapa reproductiva es de 12 meses.

Cabe destacar que los resultados reportados, en ninguno de los documentos se refieren a un factor ambiental como el principal para permitir la reproducción del Axolote de Xochimilco. Sino que todos en su conjunto son requeridos para establecer las condiciones necesarias y desencadenar el cortejo entre los ejemplares.

DISCUSIÓN

El objetivo de esta revisión sistemática es dar a conocer aquellos factores ambientales que impactan de forma positiva en la reproducción del Axolote de Xochimilco bajo cuidado humano, desde la calidad del agua hasta la forma de conformar los grupos reproductivos para favorecer la reproducción.

Temperatura

Se reporta que el mantener un rango de temperatura del agua de 12-18°C prolongado durante todo el año, favorece que los axolotes se reproduzcan (Duhon, 1987; Fox, 1984). Mientras que en otros dos documentos se reporta que el recinto donde alojan a los ejemplares para la reproducción se mantiene en un rango de 15-18°C (Nugas & Bryant, 1996; Servín Zamora, 2011). Por lo tanto, es posible inferir que de acuerdo con las temperaturas reportadas en los documentos encontrados y lo descrito en el apartado de resultados en donde se aloja y reproduce al Axolote de Xochimilco, el parámetro ideal de la temperatura es cercano a los 18°C para mantener a los ejemplares en condiciones óptimas (Mena González & Montes de Oca, 2014).

No obstante, otra forma de utilizar la temperatura como factor ambiental en la reproducción del axolote, es que al seleccionar al pie de cría, se mantienen separados a macho y hembra en contenedores individuales a una temperatura de agua de 21°C. Posteriormente se colocan a ambos ejemplares en un mismo alojamiento produciendo una disminución de la temperatura de 21°C a 8-11°C. Esta técnica es utilizada por Mena González & Montes de Oca (2014) para desencadenar la reproducción en los axolotes, junto con la modificación de otros factores como el fotoperiodo (Estrada Romero, 2015; Farkas & Monaghan, 2015; Fox, 1984; Khattak et al., 2014; Mena González & Montes de Oca, 2014; Ramírez Bautista et al., 2009; Servín Zamora, 2011). Así como la selección de grupos reproductivos de acuerdo con las características físicas de los ejemplares (Estrada Romero, 2015; Farkas & Monaghan, 2015; Gresens, 2004; Jacinto López, 2022; Khattak et al., 2014b; Mena González & Montes de Oca, 2014; Mena González & Zamora, 2014; Servín Zamora, 2011).

Por otro lado, Khattak et al., (2014) describe que normalmente mantienen a los axolotes reproductores en un mismo alojamiento a una temperatura de 18-20°C, pero observaron que el separar a macho y hembra en alojamientos individuales dos días antes de juntarlos en un mismo alojamiento a una temperatura de 15-16°C estimulaba el apareamiento de los axolotes y favorecía el éxito reproductivo provocado por el descenso en la temperatura.

En ninguno de estos documentos existe un análisis estadístico que permita brindar un mayor grado de confianza en la evidencia en cuanto que al provocar un descenso abrupto en la temperatura del agua de los ejemplares, incite al cortejo entre macho y hembra. Pero es interesante que únicamente Khattak et al. (2014), Mena González & Montes de Oca (2014) y Clare (2019) coinciden que, al realizar esta técnica, ambos autores observaron, que fue posible provocar el cortejo de los ejemplares al provocar un cambio súbito en la temperatura. De esta forma, estos

autores midieron la efectividad de esta técnica al modificar este factor ambiental. No obstante, no reportan un dato cuantitativo como es la cantidad de huevos o espermatozoides liberados. Por lo tanto, esta evidencia permanece como una cuestión anecdótica que sería interesante constatar mediante un estudio experimental que permita conocer si provocar este descenso en la temperatura es estadísticamente significativo. Ya que lo reportado por (Duhon, 1987; Fox, 1984) en cuanto a mantener un rango de temperatura de 12-18°C durante todo el año también permitió que los axolotes se reprodujeran sin problema alguno. Por lo que provocar el descenso abrupto podría impactar o no en la reproducción de los ejemplares. Pero no se aportan datos específicos del grado de éxito a diferentes temperaturas.

Enriquecimiento ambiental

De acuerdo con la naturaleza de la especie, la hembra suele depositar sus huevos en la vegetación de forma natural y en el caso de los machos, los espermatozoides (Stephan Otto & Ensástigue López, 2001). Por lo tanto, la colocación de plantas acuáticas, piedras lisas y hojas plásticas en las peceras facilita que la hembra pueda realizar la fecundación de sus huevos mediante la introducción del espermatozoides del macho a través de su apertura cloacal (Khattak et al., 2014; Stephan Otto & Ensástigue López, 2001). Así mismo, Zambrano et al. (2007) refiere que los axolotes necesitan de vegetación para realizar la puesta de huevos y que puede existir una preferencia por ciertas estructuras de vegetación.

Contrario a lo reportado por Gresens (2004) quien describe que los espermatozoides no se adhieren correctamente a superficies lisas y que, por lo tanto, requieren de superficies rugosas como piedras de esta textura. Por otra parte Ayala et al. (2019) realizan un estudio experimental que destaca el uso de vegetación como un factor ambiental importante para el desarrollo del Axolote de Xochimilco. De manera que es posible inferir con lo reportado en los documentos anteriores que el uso de vegetación ya sea artificial o natural, rocas, tubos de PVC, entre otros materiales. Dentro de sus finalidades, la destacada para esta investigación, sería el uso de estas estructuras para el desove y liberación del espermatozoides por parte de la hembra y macho respectivamente.

Aunque tampoco se encontró evidencia cuantitativa de la cantidad de huevos o espermatozoides son liberados con la presencia de estas estructuras. Estos autores únicamente midieron el impacto por parte de este factor ambiental mediante la liberación de huevos y espermatozoides, además de la facilidad de la hembra para coleccionar el espermatozoides.

Dimensiones

Según lo reportado por Mena González & Zamora (2014) las dimensiones mínimas para uno o dos individuos adultos son las de un acuario que deben corresponder a una pecera de 40 litros. Por otra parte, es importante destacar que, dependiendo del tamaño de la pecera, el mantenimiento de la calidad del agua deberá tener un control más estricto para evitar realizar cambios de líquido más frecuentes mayor a 15 días, para favorecer el ahorro de agua (Rosales-Peña & Ríos Vargas, 2021).

Se reporta que el diseño circular de las peceras permite un desplazamiento ideal para los axolotes, lo que favorece una disminución en el estrés de los ejemplares, siempre y cuando la densidad poblacional dentro de la pecera sea la adecuada; en peceras de 120 L que no superen la cantidad de 10 a 13 individuos alojados en el recinto (Jacinto López, 2022; Mena González & Montes de Oca, 2014). Empero, Fox (1984) y Gresens (2004) reportan que es posible el alojamiento de los axolotes en pares, hasta en grupos de cuatro individuos en peceras de 37.85L-75.7L (10-20 Galones estadounidenses) como factor que influye en la producción de huevos, la fertilización de los huevos por medio de la recolección del espermátforo por parte de la hembra y el desove de los huevos fertilizados. Sin embargo, existe el riesgo de pérdida de las branquias a causa de mordeduras infligidas entre congéneres, al alojar un grupo de axolotes mayor a dos individuos en un solo albergue.

Comparando la información descrita por Fox (1984), Gresens (2004) y Mena González & Zamora (2014) parece ser que el parámetro estándar para alojar a los axolotes va de los 30-40 litros de capacidad para uno hasta cuatro ejemplares. No obstante, existen diversas relaciones entre cantidad de ejemplares y espacio del alojamiento reportadas por los autores en cuanto a su experiencia.

Agua

Todos los autores coinciden en que el tratamiento adecuado del agua para proveer un ambiente saludable, es eliminar de manera total el cloro presente en ella, mediante la utilización de productos químicos anticloro o mantener el agua en aireación en recipientes o cubetas de 24-48 horas al aire libre o expuesta al sol, como tratamiento físico (Estrada Romero, 2015; Farkas & Monaghan, 2015; Gresens, 2004; Hincapie et al., 2022a; Khattak et al., 2014; Mena González & Zamora, 2014; Rosales-Peña & Ríos Vargas, 2021; Servín Zamora, 2011). Solamente un documento destaca el uso de cristales de tiosulfato sódico para la eliminación del cloro por cada 3.78 L (un galón estadounidense) de agua permitiendo que se asiente durante la noche (Duhon, 1987).

Al contrario de lo que sucede con el uso de la solución de Holtfreter's, donde sólo cuatro autores describen el uso de este compuesto en sus centros de reproducción (Duhon, 1987; Farkas & Monaghan, 2015; Nugas & Bryant, 1996; Servín Zamora, 2011). Sin embargo, no existe un reporte exacto sobre cuál de los dos medios tiene un impacto en la reproducción del axolote, pero sí en cuanto un mejor desarrollo de las crías según lo descrito por Robles Mendoza et al. (2009) quien reporta que al comparar el uso de la solución de Holtfreter's y el uso de agua de la llave sin cloro, observó un crecimiento del 40% mayor de biomasa corporal en las larvas alojadas en la primer solución en comparación con las larvas alojadas en el segundo ambiente, respectivamente.

Respecto a la utilización de sistemas de filtración, dos documentos (10.52%) destacan el uso de sistemas de filtración Milipore (Hincapie et al., 2022; Nugas & Bryant, 1996). Mientras tanto seis documentos (31.57%) coinciden en la utilización de un sistema de filtración mecánico, biológico y químico como un componente esencial del albergue de los axolotes, que permita brindar un ambiente sano con niveles de amoníaco reducidos, corrientes de agua lentas a nulas, niveles de oxigenación mayores al 80% y calidad de agua adecuada para la especie (Farkas & Monaghan, 2015; Mena González & Montes de Oca, 2014; Mena González & Zamora, 2014). Así también lo reportado por Hincapie et al. (2022) que refiere que las corrientes de agua deben ser lentas a nulas.

Por otra parte, respecto a los parámetros fisicoquímicos del agua, Estrada Romero (2015), Mena González & Zamora (2014) y Servín Zamora (2011) coinciden en que el pH debe mantenerse en un rango de 6.5-8.0. Mientras que Hincapie et al. (2022) y Khattak et al. (2014) describen un rango similar de 7.0-8.0, similar a lo reportado por Farkas & Monaghan (2015) quien utiliza un pH de 7.0-7.5. En cuanto a los nitratos se recomienda que su nivel sea de cero y que los nitritos se mantengan en niveles menores a 100 mg por cada litro de agua para tener un estado de salud óptimo de su colonia de axolotes (Khattak et al., 2014). A diferencia de lo reportado por Servín Zamora (2011) quien describe que para brindar un medio óptimo para los axolotes, se requiere mantener niveles de nitritos menores a 3 mg por cada litro de agua.

A pesar de los documentos recabados, solamente son dos los documentos que describen con mayor detalle los niveles de los otros parámetros del agua como lo son: la dureza general (GH), dureza en cuanto a carbono (KH), concentración de nitritos y nitratos, concentración de CO₂, porcentaje de oxigenación y temperatura (Mena González & Zamora, 2014; Servín Zamora, 2011).

Fotoperiodo

Todos los autores coinciden en que el proporcionar un ciclo de 12 horas luz y 12 horas oscuridad es adecuado para la reproducción de los axolotes (Estrada Romero, 2015; Farkas & Monaghan, 2015; Khattak et al., 2014; Mena González & Montes de Oca, 2014; Servín Zamora, 2011).

De acuerdo con Fox (1984), también se puede acortar el ciclo de horas luz dado que estimula a los ejemplares a entrar en etapa reproductiva. Al completarse esta etapa, el alargamiento de las horas luz aumenta el número de apareamientos y desoves por parte de los axolotes. No obstante, en este reporte por parte del autor no menciona por medio de resultados cuantitativos la efectividad de este factor ambiental, únicamente destaca los efectos cualitativos mediante observación personal. Caso contrario a lo descrito por Mena González & Montes de Oca (2014) quienes reportan que una semana antes de colocar en una misma pecera a macho y hembra, el proporcionar un fotoperiodo 12 horas luz y 12 horas oscuridad constante en peceras individuales a los ejemplares, y una vez pasado este tiempo, al colocar a ambos ejemplares en un mismo alojamiento, el realizar una reducción en el fotoperiodo a 10 horas luz y el aumento a 14 horas de oscuridad ocasionará un estímulo en la pareja para iniciar la reproducción. Sin embargo, no se hace un énfasis esencial del fotoperiodo como factor ambiental principal para provocar el desove por parte de la hembra, liberación de mayor espermatozoides del macho o inicio del cortejo entre los ejemplares. Pero permite entender que se requieren de otros factores para desencadenar la reproducción del Axolote de Xochimilco. Aun así, se infiere que los acortamientos en el fotoperiodo para inducir al axolote a reproducirse se encuentra relacionado con la estacionalidad. Por ejemplo, durante los meses de primavera suele ser cuando se presenta la etapa reproductiva en los axolotes (Ramírez Bautista et al., 2009).

Ejemplares

Los autores coinciden en que la edad de los axolotes es un factor que influye directamente en la elección de los ejemplares para ser pie de cría. Los axolotes que tengan entre un año y un año y medio de edad se consideran aptos para iniciar la etapa reproductiva que es cuando alcanzan la madurez sexual (Estrada Romero, 2015; Gresens, 2004; Jacinto López, 2022; Mena González & Montes de Oca, 2014; Mena González & Zamora, 2014). Por su parte, los machos pueden alcanzar la madurez sexual a los 10 meses de edad y hembras entre los 12-18 meses de edad (Farkas & Monaghan, 2015a), esto es similar a lo reportado por Khattak et al. (2014) que considera que las hembras están listas para aparearse a partir de los 12-15 meses de edad, mientras que los machos lo están entre los 9-12 meses de edad. De manera que,

al seleccionar a ejemplares mayores a un año y medio edad la reproducción será más exitosa (Servín Zamora, 2011).

Solamente dos documentos (10.52%) reportan la talla del ejemplar como un factor que influye en la reproducción. Estos autores recomiendan elegir al macho como reproductor cuando alcance una talla de 23 cm y la hembra una talla de 21 cm (Mena González & Montes de Oca, 2014) y que tengan un peso mínimo de 50 gramos ambos ejemplares (Servín Zamora, 2011).

Por otro lado, el mantener separado a macho y hembra por lo menos dos semanas antes de juntarlos en un mismo acuario eleva la posibilidad de que el macho reaccione con mayor vigor frente a la hembra. Esta afirmación parte de lo observado cuando se aloja un grupo de machos en un solo acuario, ya que tienden a cortejarse entre ellos y depositar sus espermatozoides como si lo hicieran con una hembra (Gresens, 2004). Por lo tanto, separar al macho en el tiempo señalado permitirá eliminar este comportamiento y se cree que podría asegurar que el macho reaccione con una mayor atracción por la hembra (Gresens, 2004). De modo similar lo realizado por Mena González & Montes de Oca (2014) quienes mantienen separados en alojamientos individuales a macho y hembra una semana antes de presentarlos en un mismo alojamiento para aumentar la intensidad de la conducta de cortejo y elevar el éxito reproductivo. Contrastando con lo reportado por Khattak et al. (2014) quien aloja de manera individual a macho y hembra dos días antes de colocarlos en un mismo albergue.

Después de realizar esta revisión, es posible concluir que no existe un factor ambiental único del cual dependa el éxito reproductivo del Axolote de Xochimilco, si no es el conjunto de ellos que hacen posible el fenómeno descrito. A pesar de las diferentes maneras de los autores de documentar la información observada sobre de los factores ambientales principales para desencadenar la reproducción, es difícil dar un grado de incertidumbre bajo, debido a que son pocos los artículos científicos que miden los parámetros de forma experimental o que miden el grado de éxito o proporcionan información cuantitativa sobre el éxito reproductivo.

Ramos et al. (2021) reportan la cantidad de ovoposiciones realizados por la hembra 48 horas después de haber alojado a macho y hembra en un espacio delimitado forma exsitu en un lago artificial. Estas ovoposiciones fueron asociadas a los parámetros fisicoquímicos del agua del lago, los cuales fueron: pH, oxígeno disuelto en agua, salinidad y temperatura, en este estudio los autores reportaron que, de las cinco parejas distribuidas a lo largo del cuerpo de agua, encontraron que a un pH mayor a 9 las

ovoposiciones eran menores en uno de los grupos en comparación con los otros grupos cuyo pH era menor a 8. Asimismo, sucedió que en este grupo observaron que la temperatura era mucho menor comparada con los otros grupos, a pesar de estar dentro del rango de temperatura que era de 18-20°C; los investigadores asocian también que un límite bajo en la temperatura puede impactar de manera negativa en la reproducción del axolote. Por ejemplo, una de las parejas sometidas a estas condiciones obtuvo cero ovoposiciones. Mientras que una de las parejas cuyo pH menor a 8 y temperaturas mayores a 18°C, pero menores a 20°C ovopositaron hasta 634 huevos. Con esto, es importante destacar que tanto el pH como la temperatura influyen en conjunto para proveer las condiciones necesarias para el desove de los huevos y por ende la fecundación de estos.

Es importante mencionar, que además de los resultados cualitativos reportados, el único resultado cuantitativo reportado en común por diversos autores es la cantidad de huevos depositados por la hembra. Por ejemplo, Mena González & Montes de Oca (2014) reporta que al proveer de la temperatura, fotoperiodo y condiciones de agua adecuados pueden recolectarse de 50 a 100 huevos. Con ello, se piensa que la ovoposición puede ser la forma más cuantificable de conocer si hay un impacto positivo de los factores ambientales. Así, que existan diversas cantidades de huevos depositados por la hembra reportados, como Mena González & Zamora (2014) quien reporta la cantidad de 100 hasta 600 huevos y Gresens (2004) quien describe la ovoposición de 100 a 400 huevos. Sin embargo, este último autor hace énfasis en las características morfológicas de los ejemplares como factor para favorecer la reproducción del Axolote de Xochimilco.

Adicionalmente, los factores reportados por los autores tienen una estrecha relación con ciertos factores observados en vida libre. Tal es el caso de la temperatura del agua y el pH donde Shaffer (1989) reporta una temperatura en vida libre para el axolote de Xochimilco de 16-20°C que es similar a los rangos reportados bajo cuidado humano. En el caso del pH, el autor reporta los rangos de 7.4-8.2 que es equiparable a los reportados por la literatura encontrada. No obstante, esto no sucede en el resto de los factores ambientales que se encuentran documentados, ya que en vida libre no se han evaluado o por lo menos no se encuentran reportados en la literatura.

De manera que, según lo observado en la revisión de los documentos, no existe un factor que actúe por sí sólo para permitir la reproducción del axolote. Son un conjunto de ellos para que el Axolote de Xochimilco pueda reproducirse bajo cuidado humano.

Por estas razones, con base en la literatura revisada, los factores ambientales reportados por los autores parecen ser los más importantes para permitir la reproducción del axolote. Cabe destacar que estos reportes están basados en la experiencia y observaciones de cada uno de los autores. Así pues, es necesario evaluar los factores restantes mediante un estudio que utilice el método científico para que mediante un análisis estadístico permita establecer con una mejor evidencia científica el uso de estos factores y así obtener un mayor grado de confianza en ello. Es importante destacar que, para el desarrollo de una mejor evidencia, siempre es necesario considerar el bienestar animal de los ejemplares involucrados en el estudio. Por consiguiente, se sugiere prescindir estudiar aquellos factores que ya han sido evaluados u observados en vida libre y que son equiparables con lo utilizado bajo cuidado humano, como son el pH y temperatura. Apegándose también dicho estudio a las cuestiones legales que competen a cada país, siendo para México el desarrollo de una investigación experimental apegada a la NOM-062-ZOO-1999 (SADER, 2001). Para así reducir el tiempo del estudio, el número de ejemplares y sobre todo el estrés al que pudieran estar sujetos los axolotes al realizar la evaluación.

CONCLUSIONES

El Axolote de Xochimilco, de acuerdo con la literatura revisada, parece ser una especie de fácil reproducción siempre y cuando se brinden los requerimientos ambientales necesarios descritos anteriormente. Es importante mencionar, que ningún factor por sí solo logra la reproducción del axolote bajo cuidado humano. Por consiguiente, es necesario ofrecer cada uno de ellos en los rangos y características descritas en la literatura encontrada a través de esta revisión sistemática. Cabe destacar que estos resultados se encuentran basados en la experiencia de los investigadores, medidos con el éxito reproductivo reportado a partir del inicio del cortejo entre machos y hembras, los desoves, la fertilización de los huevos y el nacimiento de crías.

El éxito reproductivo está basado en hechos cualitativos y, por lo tanto, sería idóneo comprobar estos factores ambientales a través del método científico, tomando como base la experiencia reportada por los autores. Sin embargo, las mediciones de estos factores deberían evaluarse individualmente para establecer si impactan positiva o negativamente en la reproducción del axolote. No obstante, esto es algo complicado de realizar debido a que, según lo reportado, estos factores en su conjunto permiten la reproducción del *A. mexicanum*. Por lo tanto, es necesario desarrollar una propuesta sumamente detallada en cuanto a las variables que podrían impactar de forma negativa o positiva a los ejemplares.

Agradecimientos.– Agradecemos al Dr. Ricardo Itzcóatl Maldonado Reséndiz, al Dr. René Oswaldo Silva Castillo y a la Dra. Dulce María Brousset Hernández-Jáuregui.

Consideraciones éticas.– Al ser un trabajo de revisión sistemática, se aclara que no existió colecta ni manipulación de ningún ejemplar para la elaboración de este manuscrito.

LITERATURA CITADA

- Aguilar-Miguel, X., G. Legorreta & G. Casas-Andreu, 2009. Reproducción ex situ en *Ambystoma granulosum* y *Ambystoma lermaense* (Amphibia: Ambystomatidae). *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.) 25:443–454.
- AmphibiaWeb. 2022. Ambystomatidae. <https://amphibiaweb.org/lists/Ambystomatidae.shtml> [Consultado en noviembre 2022]
- Ayala, C., A.G. Ramos, Á. Merlo & L. Zambrano. 2019. Microhabitat selection of axolotls, *Ambystoma mexicanum*, in artificial and natural aquatic systems. *Hidrobiología* 828:11–20.
- CITES. 2022. *Ambystoma mexicanum*. <https://cites.org/esp/app/appendices.php> [Consultado en noviembre 2022]
- Clare, J.P. 2019. Axolotls. Breeding. <http://www.axolotl.org/breeding.htm> [Consultado en noviembre 2022]
- Duhon, S. 1987. The I.U. Axolotl colony's short guide to the care and feeding of axolotls. An overview of the methods used at the Indiana University Axolotl colony.
- Estrada Romero, R.M. 2015. El Ajolote *Ambystoma mexicanum*: su Manejo y Reproducción en Cautiverio. Tesis de Licenciatura en Biología. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Farkas, J.E. & J.R. Monaghan. 2015. Housing and Maintenance of *Ambystoma mexicanum*, the Mexican Axolotl. Pp. 27–43. En A. Kumar & A. Simon (Eds.) *Salamanders in Regeneration Research Methods and Protocols*. 1era edición. Humana Press. Londres, Reino Unido.
- Fox, W.F. 1984. Factors influencing axolotl spawnings at developmental biology center. University of California. C.A. Irvine. https://ambystoma.uky.edu/genetic-stock-center/newsletters/Older_archive/Issues-13-23/issues13-23.php [Consultado en noviembre 2022]
- Graue Wiechers, V. 1998. Estudio genético y demográfico de la población del anfibio *Ambystoma mexicanum* (Caudata: Ambystomatidae) del lago de Xochimilco. Tesis de Doctorado en Ciencias del Mar (Oceanografía Biológica y Pesquera) Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Gresens, J. 2004. An Introduction to the Mexican Axolotl (*Ambystoma mexicanum*). *LabAnimal* 33:41–47.
- Hincapie, M., B. Carbonell-Medina, C.M. Arenas-Gómez & J.P. Delgado. 2022. *Ambystoma mexicanum*, A model organism in developmental biology and regeneration: a colombian experience. In *Acta Biológica Colombiana*, Universidad Nacional de Colombia 27:113–126.
- ITIS. 2022. *Ambystoma mexicanum*. https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=586244#null [Consultado en noviembre 2022]
- Jacinto López, B.V. 2022. Diagnóstico, conservación y rescate de Xochimilco con énfasis en el manejo de *Ambystoma mexicanum*. Tesis de Licenciatura. División de Ciencias Biológicas y de la Salud, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco. México.
- Khattak, S., P. Murawala, H. Andreas, V. Kappert, M. Schuez, T. Sandoval-Guzmán, K. Crawford & E. M. Tanaka. 2014. Optimized axolotl (*Ambystoma mexicanum*) husbandry, breeding, metamorphosis, transgenesis and tamoxifen-mediated recombination. *Nature Protocols* 9:529–540.
- Mena González, H., & K. Montes de Oca. 2014. Manual de procedimientos para el manejo y mantenimiento de la colonia de axolotes del Laboratorio de Restauración Ecológica. Instituto de Biología UNAM.
- Molina Vázquez, A. 2010. El ajolote de Xochimilco. *Ciencias* 98:54–59.
- Parra-Olea, G., O. Flores-Villela & C. Mendoza-Almeralla. 2014. Biodiversidad de anfibios en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85:460–466.
- Ramírez Bautista, A., U. Hernández Salinas, U.O. García Vázquez, A. Leyte Manrique & L. Canseco Márquez. 2009. Herpetofauna del Valle de México: Diversidad y Conservación. Reproducción de Anfibios. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.



- Ramos, A.G., H. Mena-González & L. Zambrano. 2021. The potential of temporary shelters to increase survival of the endangered Mexican axolotl. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 31:1535–1542.
- Robles Mendoza, C., C.E. García Basilio & R.C. Vanegas Pérez. 2009. Maintenance media for the axolotl *Ambystoma mexicanum* juveniles (Amphibia: Caudata). *Hidrobiológica* 19:205–210.
- Rosales-Peña, M. & A.D. Ríos Vargas. 2021. Manejo y cuidados del *Ambystoma mexicanum* en el acuario del CCH-Vallejo. *Revista del Siladin del CCH. Consciencia* 5:21–36.
- SADER. 2001. Norma Oficial Mexicana NOM-062-ZOO-1999, Especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/203498/NOM-062-ZOO-1999_220801.pdf [Consultado en enero 2023]
- Secretaría de Cultura. 2020. El dios perro Xólotl. <https://www.gob.mx/cultura/articulos/el-dios-perro-xolotl?idiom=es> [Consultado en enero 2023]
- SEDEMA. n.d. El Axolotl, una criatura fantástica. <http://www.data.sedema.cdmx.gob.mx:8081/culturaambiental/index.php/el-axolotl-una-criatura-fantastica> [Consultado en diciembre 2022]
- SEMARNAT. 2010. 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 https://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/435/1/NOM_059_SEMARNAT_2010.pdf [Consultado en noviembre 2022]
- Servín Zamora, E. 2011. Manual de mantenimiento en cautiverio y medicina veterinaria aplicada al ajolote de Xochimilco (*Ambystoma mexicanum*) en el zoológico de Chapultepec. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Shaffer, B.H. 1989. Natural History, Ecology, and Evolution of the Mexican “Axolotls.” *Axolotl Newsletter* 18:15–11.
- Stephan Otto, E. & J. Ensástigue López. 2001. EL ajolote, otro regalo de México al mundo. *Biodiversitas* 35:7–11.
- UICN. 2020. Axolotl *Ambystoma mexicanum*. <https://www.iucnredlist.org/es/species/1095/53947343> [Consultado en noviembre 2022]
- Zambrano, L., E. Vega, M.L.G. Herrera, E. Prado & V.H. Reynoso. 2007. A population matrix model and population viability analysis to predict the fate of endangered species in highly managed water systems. *Animal Conservation* 10:297–303.



SERPIENTES DE CHIPAUQUIL, MESETA DE SOMUNCURA, PATAGONIA ARGENTINA

CHIPAUQUIL SNAKES, SOMUNCURA PLATEAU, ARGENTINE PATAGONIA

Vera, David Gustavo^{1*}, Rocío Nigro², Igor Berkunsky³, Damián Fortunato², Melina Velasco¹, Sofía Quiroga⁴, Hernán Povedano⁵, Jorge Daniel Williams¹, Germán Tettamanti¹, Federico Pablo Kacoliris¹ & Diego Omar Di Pietro¹

¹Sección Herpetología, División Zoología Vertebrados, Museo de La Plata, Universidad Nacional de La Plata, Paseo del Bosque s/n, 1900, La Plata, Buenos Aires, Argentina.

²Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata, Avda 122 y 60 s/n, 1900, La Plata, Argentina.

³Instituto Multidisciplinario sobre Ecosistemas y Desarrollo Sustentable-CICPBA, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Arroyo Seco s/n, 7000, Tandil, Argentina.

⁴Centro de Investigaciones y Transferencia de Río Negro-CONICET, Viedma (R8500), Río Negro, Argentina.

⁵Fundación Somuncura, Colonia Pastoril s/n, Las Grutas (R8521), Río Negro, Argentina.

*Correspondence: davidgvera@fcnym.unlp.edu.ar

Received: 2023-08-29. Accepted: 2023-11-22. Published: 2023-12-06.

Editor: Adriana Manzano, Argentina.

Abstract.— The Somuncura Plateau, located in northern Argentine Patagonia, is a globally significant conservation site. While the herpetofauna of this area has been studied, there are still no specific works on the snakes present in the area. In this study, we report on the snakes of the Chipauquil locality, situated on the Somuncura Plateau. The records are based on casual encounters obtained within the framework of research projects conducted in Chipauquil. For their identification, we utilized patterns of dorsal scales and coloration. In total, we report five snake species: *Oxyrhopus rhombifer*, *Philodryas patagoniensis*, *Philodryas trilineata*, *Tachymenis trigonatus*, and *Xenodon semicinctus*. All recorded species are categorized as "Least Concern" by the IUCN. These records represent the first snake report in Chipauquil, providing new locations and distribution extensions within the Río Negro province and filling gaps in their geographical distribution.

Keywords.— Protected areas, biodiversity, steppe, distribution range.

Resumen.— La Meseta de Somuncura, ubicada en el norte de la Patagonia Argentina, es un sitio de conservación de importancia global. La herpetofauna de esta área ha sido estudiada, sin embargo, aún no hay trabajos específicos sobre las serpientes presentes en el área. En este trabajo reportamos las serpientes de la localidad de Chipauquil, ubicada en la Meseta de Somuncura. Los registros pertenecen a encuentros casuales obtenidos en el marco de proyectos de investigación realizados en Chipauquil. Para su identificación utilizamos los patrones de escamas dorsales y la coloración. En total reportamos cinco especies de serpientes: *Oxyrhopus rhombifer*, *Philodryas patagoniensis*, *Philodryas trilineata*, *Tachymenis trigonatus* y *Xenodon semicinctus*. Todas las especies registradas están categorizadas como "Preocupación Menor" por la UICN. Estos registros representan el primer reporte de serpientes en Chipauquil, proporcionando nuevas localidades y extensiones de distribución dentro de la provincia de Río Negro, y llenando vacíos en su distribución geográfica.

Palabras clave.— Áreas protegidas, biodiversidad, estepa, extensión de distribución.

La Meseta de Somuncura es un área importante de conservación, considerada sitio prioritario a escala global por la Alliance for Zero Extinction (Langhammer et al., 2021). Esta meseta se ubica en el norte de la Patagonia Argentina, entre los 40° 20' y 41° 30' S y

entre los 65° 55' y 70° 10' O, y es el punto de encuentro de especies de dos ecorregiones: el monte y la estepa patagónica (Cei, 1969a; León et al., 1998). Desde el punto de vista de la herpetofauna, se ha reportado la presencia de anuros y lagartijas, que incluyen



Figure 1. Photographs of (a) *Oxyrhopus rhombifer*, (b) *Philodryas patagoniensis*, (c) *Philodryas trilineata*, (d) *Tachymenis trigonatus* and (e) *Xenodon semicinctus* in Chipauquil, Somuncura Plateau, Northern Patagonia, Argentina.

Figura 1. Fotografías de a) *Oxyrhopus rhombifer*, (b) *Philodryas patagoniensis*, (c) *Philodryas trilineata*, (d) *Tachymenis trigonatus* y (e) *Xenodon semicinctus* en Chipauquil, Meseta de Somuncura, Patagonia Norte, Argentina.

varias especies endémicas (e.g., Cei et al., 1969b; Cei & Scolaro, 1999; Scolaro & Cei, 2003; Scolaro & Ibargüengoytia 2007; Ávila et al., 2007; Pérez et al., 2011; Velasco et al., 2016). Sin embargo,

aún no hay trabajos específicos sobre reportes de serpientes residentes en el área. El objetivo de este trabajo es reportar cinco especies de culebras (Dipsadidae) en Chipauquil, localidad

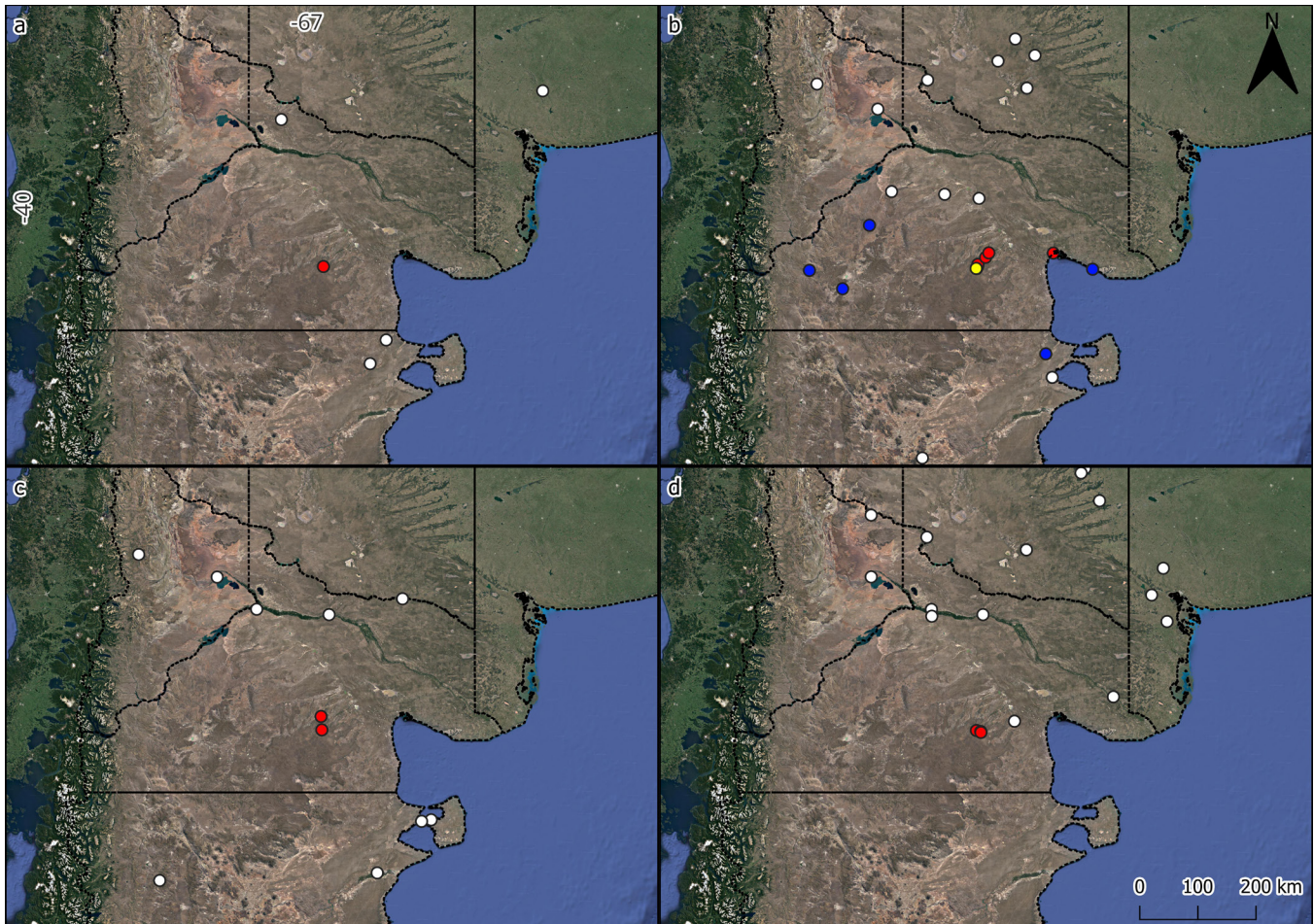


Figure 2. Historical (white and blue dots) and new (red and yellow) records of the snakes of Chipauquil, Somuncura Plateau: (a) *Oxyrhopus rhombifer*, (b) *Philodryas patagoniensis* (blue and yellow dots) and *Philodryas trilineata* (white and red dots), (c) *Tachymenis trigonatus*, and (d) *Xenodon semicinctus*.

Figura 2. Registros históricos (puntos blancos y azules) y nuevos (puntos rojos y amarillos) de las serpientes de Chipauquil, Meseta de Somuncura: (a) *Oxyrhopus rhombifer*, (b) *Philodryas patagoniensis* (puntos azules y amarillos) y *Philodryas trilineata* (puntos blancos y rojos), (c) *Tachymenis trigonatus*, and (d) *Xenodon semicinctus*.

ubicada dentro de la Meseta de Somuncura, como un primer paso hacia el desarrollo de una lista de ofidios para esta región de la estepa patagónica.

Entre 2018 y 2023, compilamos registros fotográficos de serpientes producto de encuentros casuales, la mayoría de ellos en el marco de proyectos de investigación que se llevan adelante en los alrededores de Chipauquil, en la Meseta de Somuncura. Las especies fueron determinadas en base al diseño dorsal de escamas y al patrón de coloración (Ceí, 1986, Ceí, 1993, Williams & Vera, 2023). Para todas las especies obtuvimos al menos una fotografía y registramos el hábitat en el que se encontraba. Las fotografías fueron depositadas en el Repositorio Digital de la Naturaleza Argentina de la Fundación de Historia Natural Félix de Azara (CFA) o en el Repositorio Digital de la Colección del

Museo de La Plata (CF). Los hábitats fueron clasificados en tres categorías: 1) monte, dominado por arbustos del género *Larrea*; 2) pastizal (situados en valles, a mediana altura cercanos a cursos de agua) y 3) roquedal (con escasa cobertura vegetal). Para conocer las localidades más cercanas de cada especie en el sur de la Argentina, revisamos la siguiente bibliografía: Ceí, 1986, 1993; Scrocchi & Cruz, 1993; Vega & Bellagamba, 1994; Tiranti & Ávila 1997; Ávila & Morando 1999; Kacolis et al., 2006; Sclaro & Iburgüengoytia, 2007, 2008; Carrera & Ávila, 2008a, b; Scrocchi et al., 2010; Pérez et al., 2013; Minoli et al., 2015; Williams et al., 2021; Trevine et al., 2022; Williams & Vera, 2023.

En total obtuvimos registros de un ejemplar de *Oxyrhopus rhombifer*; uno de *Philodryas patagoniensis*; seis de *Philodryas trilineata*; dos de *Tachymenis trigonatus* y tres de *Xenodon*

Table 1. Records of snakes (Dipsadidae) found between 2018 and 2023 in the locality of Chipauquil, Valcheta Department, Río Negro Province, Northern Patagonia, Argentina. It includes the date of photographic registration, geographic coordinates, and the catalog number of the photographic collection where it was deposited. CFA: Photographic Collection of the Felix de Azara Natural History Foundation; CF: Photographic Collection of the La Plata Museum.

Tabla 1. Registros de culebras (Dipsadidae) encontradas entre 2018 y 2023 en la localidad de Chipauquil, Departamento de Valcheta, Provincia de Río Negro, Patagonia Norte, Argentina. Se indican fecha de registro fotográfico, coordenadas geográficas, y número de catálogo de colección fotográfica donde fue depositada. CFA: Colección Fotográfica de la Fundación de Historia Natural Félix de Azara; CF: Colección de Fotografía del Museo de la Plata.

Especie	Fecha	Latitud	Longitud	Hábitat	Número de catálogo
<i>Philodryas trilineata</i>	3-mar-2018	41.002312° S	66.664467° O	Monte	CFA-109
	2-feb-2023	40.973692° S	66.644105° O	Pastizal	
	25-nov-2022	40.962297° S	66.638862° O	Monte	
	30-abr-2022	40.934064° S	66.636365° O	Roquedal	
	29-mar-2023	40.819901° S	66.467987° O	Pastizal	
	16-feb-2023	40.746221° S	66.399244° O	Pastizal	
<i>Tachymenis trigonatus</i>	9-sep-2018	40.771858° S	66.694009° O	Monte	
	8-sep-2018	40.990262° S	66.677581° O	Pastizal	CF. 001
<i>Xenodon semicinctus</i>	12-ene-2022	41.031426° S	66.570131° O	Pastizal	CF. 002
	10-mar-2023	41.000792° S	66.666298° O	Roquedal	
	10-mar-2023	41.016502° S	66.573903° O	Roquedal	
<i>Oxyrhopus rhombifer</i>	30-ene-2023	40.968658° S	66.643102° O	Pastizal	CFA-108
<i>Philodryas patagoniensis</i>	6-dic-2022	40.999953° S	66.666201° O	Pastizal	CFA-110

semicinctus (Figs. 1 y 2; Tabla 1). Nuestros registros de *X. semicinctus* representan una extensión de distribución desde la localidad más austral reportada, Aguada Cecilio en la provincia de Río Negro (Scrocchi & Cruz, 1993), unos 64 km hacia el sudoeste. En el caso de *P. trilineata* y *T. trigonatus* ambas especies estaban citadas para la parte más septentrional de la Provincia de Río Negro (Ceí, 1986; Scrocchi et al., 2010). Nuestro registro de *T. trigonatus* representa el registro más austral en la provincia de Río Negro y se encuentra a 187 km hacia el sur de Chelforó, Departamento de Avellaneda, provincia de Río Negro (Trevine et al., 2022).

En el caso de *P. trilineata*, nuestros registros extienden su distribución 128 km hacia el sur dentro de la provincia de Río Negro. La falsa coral, *O. rhombifer*, está citada desde el norte de Argentina hasta la provincia de Chubut (Tiranti & Ávila, 1997; Ávila & Morando, 1999; Kacoliris et al., 2006; Carrera & Ávila, 2008a,

b; Minoli et al., 2015; Williams et al., 2021), por lo que nuestro registro completa un vacío de distribución de esta última especie entre Viedma, Chubut y General Roca, Río Negro (Minoli et al., 2015). De igual forma, el registro de *P. patagoniensis* representa una nueva localidad y completa un vacío de distribución entre las localidades de Viedma (Chubut) y Río Chasicó (Río Negro).

Todas las serpientes registradas en Chipauquil están categorizadas como Preocupación Menor (Least Concern) por la IUCN (Arzamendia et al., 2016a, b; Arzamendia et al., 2019a, b; Giraudo, 2017) y en la categoría No Amenazada a nivel nacional, con la excepción de *T. trigonatus* que presenta categoría de Insuficientemente Conocida (Giraudo et al., 2012). Estos 13 registros de serpientes constituyen el primer reporte de ofidios para la Meseta de Somuncura y todos ellos nuevas localidades y extensión de distribución dentro de la provincia de Río Negro. Además, las nuevas localidades aportan información referente

al rango de distribución de estas especies en las provincias de Río Negro y Chubut, y en el caso de *X. semicinctus*, además, representan los registros más australes de la especie.

Agradecimientos.— Agradecemos a Don Rodrigo “Bolsa” Gutiérrez-Cordero y a los guardaparques del Área Natural Protegida Meseta de Somuncura por aportar registros. DGV y SQ son becarios Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas de Argentina (CONICET), MV, JDW, DOD, FPK e IB son miembros CONICET.

LITERATURA CITADA

- Arzamendia, V., L. Fitzgerald, A. Giraudo, F. Kacoliris, R. Montero, N. Pelegrin, G. Scrocchi & J. Williams. 2016a. *Pseudotomodon trigonatus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016:e.T56039543A56039563. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-1.RLTS.T56039543A56039563.en>. [Consultado en agosto 2023].
- Arzamendia, V., L. Fitzgerald, A. Giraudo, F. Kacoliris, R. Montero, N. Pelegrin, G. Scrocchi & J. Williams. 2016b. *Philodryas trilineata*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016:e.T15182225A15182278. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-1.RLTS.T15182225A15182278.en>. [Consultado en agosto 2023].
- Arzamendia, V., L. Fitzgerald, A. Giraudo, R. Montero & J. Williams. 2019a. *Oxyrhopus rhombifer*. The IUCN Red List of Threatened Species 2019:e.T15179513A15179518. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2019-3.RLTS.T15179513A15179518.en>. [Consultado en agosto 2023].
- Arzamendia, V., A. Giraudo, N. Scott & G. Scrocchi. 2019b. *Philodryas patagoniensis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2019:e.T15182036A15182048. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2019-3.RLTS.T15182036A15182048.en>. [Consultado en agosto 2023].
- Ávila, L.J. & M. Morando. 1999. Geographic distribution. *Serpentes: Oxyrhopus rhombifer bachmanni*. Herpetological Review 30:114.
- Ávila, L. J., N. Frutos, C. H. Pérez & M. Morando. 2007. Reptilia, Iguania, Liolaemidae, *Liolaemus somuncurae*: distribution extension. Check List 3:11-13.
- Carrera H.M. & L.J. Ávila. 2008a. *Oxyrhopus rhombifer bachmanni* (False Coral Snake). Distribution. Herpetological Review 39:242.
- Carrera H.M. & L.J. Ávila. 2008b. *Oxyrhopus rhombifer bachmanni* (False Coral Snake). Predation/ Scavenging. Herpetological Review 39:356.
- Cei, J.M. 1969 a. La meseta basáltica de Somuncura, Río Negro, herpetofauna endémica y sus peculiares equilibrios biocenóticos. Physis 28:1-18.
- Cei, J.M. 1969 b. The Patagonian Telmatobiid fauna of the volcanic Somuncura Plateau of Argentina. Journal of Herpetology 3:257-271.
- Cei, J.M. 1986. Reptiles del Centro, Centro-Oeste y Sur de la Argentina. Herpetofauna de las Zonas Áridas y Semiáridas. Monografía IV, Museo regionale di scienze naturali, Torino, Italia.
- Cei, J.M. 1993. Reptiles del Noroeste, Nordeste y Este de la Argentina. Herpetofauna de las Selvas Subtropicales, Puna y Pampas. Monografía IV, Museo Regionale di Scienze Naturali, Torino, Italia.
- Cei, J.M. & Scolaro J.A. 1999. Speciation of the “darwinii complex” (genus *Liolaemus*, “patch group”) in the southernmost area of its distribution (Reptilia: Tropiduridae). Revue Française d’Aquariologie 26:79-82.
- Giraudo, A.R., V. Arzamendia, G.P. Bellini, C.A. Bessa, C.C. Calamante, G. Cardozo, M. Chiaraviglio, M.B. Costanzo, E.G. Etchepare, V. Di Cola, D.O. Di Pietro, S. Kretzschmar, S. Palomas, S.J. Nenda, P.C. Rivera, M.E. Rodríguez, G.J. Scrocchi & J.D. Williams. 2012. Categorización del estado de conservación de las Serpientes de la República Argentina. Cuadernos de Herpetología 26:303-326.
- Giraudo, A. 2017. *Xenodon semicinctus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2017:e.T176857A15183683. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2017-2.RLTS.T176857A15183683.en>. [Consultado en agosto 2023].
- Kacoliris, F.P., I. Berkunsky & J.D. Williams. 2006. Herpetofauna of the Argentinean Impenetrable Great Chaco. Phyllomedusa 5:149-157.
- Langhammer, P.F., R.A. Mittermeier, A. J. Plumptre, Z. Waliczky & W. Sechrest. 2021. Key Biodiversity Areas. Cemex & Earth in Focus Inc, Canada.

- León R. J. C., D. Bran, M. Collantes, J. M. Paruelo & A. Soriano. 1998. Grandes unidades de vegetación de la Patagonia extra andina. *Ecología Austral* 8:125-144.
- Minoli, I., M. Morando & L.J. Ávila. 2015. Reptiles of Chubut province, Argentina: richness, diversity, conservation status and geographic distribution maps. *ZooKeys* 103-126.
- Pérez, C.H.F., N. Frutos, M. Kozykariski, M. Morando, D.R. Pérez & L.J. Ávila. 2011. Lizards of Rio Negro Province, northern Patagonia, Argentina. *Check List* 7:202-219.
- Pérez, M. A., C.E. Borghi & V.A. Beninato. 2013. *Phymaturus extrilidus* predation. *Herpetological Review* 44:679
- Scolaro, J.A., & J.M. Cei. 2003. Una excepcional nueva especie de *Phymaturus* de la precordillera de Chubut, Argentina (Liolaemidae, Iguania, Lacertilia, Reptilia). *Facena* 19:107-112.
- Scolaro, J.A. & N.R. Ibargüengoytia. 2007. A new species of *Phymaturus* from rocky outcrops in the central steppe of Rio Negro province, Patagonia Argentina (Reptilia: Iguania: Liolaemidae). *Zootaxa* 1524:47-55.
- Scolaro, J.A. & N.R. Ibargüengoytia. 2008. A new fragment for the understanding of the puzzling evolutive process of the *Phymaturus* genus: a new species of the patagonicus group from Patagonia, Argentina (Reptilia: Iguania: Liolaemidae). *Zootaxa* 1939:38-50.
- Scrocchi, G.J. & F.B. Cruz. 1993. Description of a new species of the genus *Lystrophis* Cope and a revalidation of *Lystrophis pulcher* (Jan, 1863) (Serpentes: Colubridae). *Papéis Avulsos de Zoologia* 38:171-186.
- Scrocchi, G.J., C.S. Abdala, J. Nori & H. Zaher. (Eds.). 2010. Reptiles de la provincia de Río Negro, Argentina. Fondo Editorial Rionegrino, Viedma, Río Negro, Argentina.
- Tiranti, S.I. & L.J. Ávila. 1997. Reptiles of La Pampa province, Argentina: an annotated checklist. *Bulletin of Maryland Herpetological Society* 33:97-117.
- Trevine, V.C., F.G. Grazziotin, A. Giraudo, N. Sallaberry-Pincheira, J.A. Vianna & H. Zaher. 2022. The systematics of Tachymenini (Serpentes, Dipsadidae): an updated classification based on molecular and morphological evidence. *Zoologica Scripta* 51:643-663.
- Vega, L.E. & P.J. Bellagamba. 1994. Reptiles de la reserva de usos múltiples Caleta de los Loros, Río Negro, Argentina. *Cuadernos de Herpetología* 8:141-145.
- Velasco, M.A., F.P. Kacoliris, I. Berkunsky, S. Quiroga & J.D. Williams. 2016. Current distributional status of the Critically Endangered Valcheta frog: implications for conservation. *Neotropical Biology and Conservation* 11: 110-113.
- Williams, J.D., D.G. Vera & D.O. Di Pietro. 2021. Lista comentada de las serpientes de la Argentina, con referencias a su sistemática, distribución geográfica, dieta, reproducción, potencial peligrosidad y etimologías. *Revista del Museo de La Plata* 6:26-124.
- Williams, J.D. & D.G. Vera. 2023. Serpientes de la Argentina. Ediciones LBN, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina.



PRIMER CASO DE ECTROMELIA EN *CORYTOPHANES CRISTATUS* (SQUAMATA: CORYTOPHANIDAE)

FIRST CASE OF ECTROMELIA IN *CORYTOPHANES CRISTATUS* (SQUAMATA: CORYTOPHANIDAE)

Jorge Alberto Zúñiga-Baos^{1*} & Díaz-García Juan Manuel²

¹Investigador independiente, Carrera 2ª 0-16 Vereda Pomona, Popayán, Colombia.

²Centro Tlaxcala de Biología de la Conducta, Universidad Autónoma de Tlaxcala. Km 1.5 Carretera Tlaxcala-Puebla S/N, La Loma Xicoténcatl, C.P. 90070, Tlaxcala, Tlaxcala, México.

*Correspondence: anfiredtiles@gmail.com

Received: 2023-10-06. Accepted: 2023-11-14. Published: 2023-12-08.

Editor: Marissa Fabrezi, Argentina.

Abstract. – We report a case of an anomaly in a hind limb of an adult female *Corytophanes cristatus* recorded in Risaralda, Colombia.

Keywords. – Morphological anomaly, incomplete limb, Colombia, reptile.

Resumen. – Reportamos un caso de una anomalía en una extremidad posterior de una hembra adulta de *Corytophanes cristatus* registrada en Risaralda, Colombia.

Palabras clave. – Anomalía morfológica, extremidad incompleta, Colombia, reptil.

Los reportes de anomalías morfológicas han aumentado significativamente en los últimos años principalmente en anfibios y reptiles (Rebouças et al., 2019; Veneroso-Tlázalo et al., 2022; Díaz-Marín et al., 2023). En los reptiles, las anomalías en extremidades son comunes (Gleed-Owen, 2012; Kolenda et al., 2017; Mora et al., 2020; Díaz-Marín et al., 2023), y pueden ser de origen genético (i.e. mutaciones) o ambiental (i.e., exposición a contaminantes o luz ultravioleta, infección por endoparásitos o depredación selectiva; Rothschild et al., 2012; Christopoulos & Pafilis, 2020).

Una de las anomalías más reportadas en reptiles es la ectromelia, definida como la presencia de una extremidad incompleta o no desarrollada según Rothschild et al. (2012). A pesar del incremento en número de reportes de anomalías en reptiles, en la mayoría de los casos no es posible identificar el origen, tal como el reciente caso de ectromelia documentado en el lagarto *Phrynosoma orbiculare* en México (Díaz-Marín et al., 2023). Es importante seguir documentando y describiendo las características en las que se registran anomalías en reptiles para ampliar el conocimiento de las mismas. En esta nota registramos el primer caso reportado de ectromelia en un individuo de la iguana de casco liso *Corytophanes cristatus*.

La iguana de casco liso *C. cristatus*, es una especie de amplia distribución que habita en bosques tropicales y subtropicales entre los 600 y 1,600 m s.n.m. en México, Belice, Guatemala, El Salvador, Nicaragua, Honduras, Costa Rica, Panamá y Colombia (Bolívar et al., 2016). Es de hábitos principalmente diurnos y arbóreos, utiliza frecuentemente los tallos verticales de los árboles y arbustos del sotobosque (McDiarmid & Savage, 2005), donde permanece en posición vertical sujetado de sus extremidades (Townsend et al., 2005). Las hembras de *C. cristatus* bajan al suelo únicamente en temporada reproductiva, para colocar sus huevos en huecos poco profundos (Bolívar et al., 2016).

El 14 de junio de 2023 a las 18:45 horas durante un monitoreo de herpetofauna en un bosque de galería del municipio de La Virginia, Risaralda, Colombia (4.8797263° N, 75.8498135° W, WGS84, 991 m s.n.m.), encontramos un individuo adulto hembra de la iguana de casco liso *C. cristatus* (Longitud total = 170 mm) perchedo sobre el pecíolo de una hoja en un arbusto a 150 cm del suelo. Cuando observamos al individuo, notamos que no presentaba el segmento distal de la extremidad posterior derecha. Según Rothschild et al. (2012), esta anomalía morfológica se define como ectromelia de los huesos tibia-peroné, donde ambos huesos están ausentes o incompletos, y



Figure 1. Female individual of the smooth helmeted iguana *Corytophanes cristatus* with the presence of ectromelia of the tibia-fibula on the right hind limb found in a riparian forest in the municipality of La Virginia, Risaralda, Colombia. Photos: Jorge Alberto Zúñiga-Baos (LACM PC - 3016 y 3017).

Figura 1. Individuo hembra de iguana de casco liso *Corytophanes cristatus* con presencia de ectromelia de tibia-peroné en la extremidad posterior derecha encontrado en un bosque de galería del municipio de La Virginia, Risaralda, Colombia. Fotos: Jorge Alberto Zúñiga-Baos (LACM PC - 3016 y 3017).

por lo tanto no se presentan las falanges (Fig. 1a). Posteriormente capturamos al individuo y revisamos la extremidad incompleta, la cual presentaba escamas que recubrían el hueso sin aparente lesión reciente (Fig. 1b). Al momento de la captura el individuo utilizaba la extremidad incompleta para sostenerse del tallo. Sin embargo, presentaba una locomoción reducida con movimientos desequilibrados y dificultad para perchar en posición vertical. Posterior al registro, fotografiamos y liberamos al individuo en el mismo lugar de encuentro. Dos fotografías del individuo con ectromelia fueron depositadas en la colección digital del Natural History Museum of Los Angeles, California (LACM PC - 3016 y 3017).

Basándonos en una búsqueda bibliográfica en Web of Science y Google Scholar, donde utilizamos las siguientes palabras y sus combinaciones: “anomalía morfológica”, “anomaly”, “ectromelia”, “ectromely”, “Corytophanidae” y “Corytophanes”, podemos mencionar que este reporte representa el primer caso de ectromelia para una especie de la familia Corytophanidae, y suma una especie a la lista de reptiles en Latinoamérica con presencia de algún tipo de anomalía morfológica. Teniendo en cuenta que este reporte es una observación ocasional, desconocemos la causa directa de ectromelia en *C. cristatus*. Desconocemos si este tipo de anomalía en *C. cristatus* tiene

incidencia a nivel poblacional, por lo cual es importante seguir documentando y describiendo las observaciones.

LITERATURA CITADA

- Bolívar, W., J. Caicedo, P. Gutiérrez-Cárdenas & G. Rivas. 2016. *Corytophanes cristatus*. En: IUCN 2016, IUCN Red List of Threatened Species. Versión 2016. <http://www.iucnredlist.org>, [Consultado en septiembre de 2023]
- Christopoulos, A. & P. Pafilis. 2020. Hindlimb malformation in a widely distributed skink, *Chalcides ocellatus*. Herpetology Notes 13:16-17.
- Díaz-Marín, C.A., T. Carmona-Zamora, C. Mendoza-Almeralla & A. Ramírez-Bautista. 2023. First record of ectromely in *Phrynosoma orbiculare* (Squamata: Phrynosomatidae). Revista Latinoamericana de Herpetología 6:172-175.
- Gleed-Owen, C. 2012. *Zootoca vivipara* (common or viviparous lizard): Injury or pathology? Herpetological Bulletin 120:35-36.
- Kolenda, K., M. Wiczorek, A. Najbar, B. Najbar & T. Skawiński. 2017. Limb malformation and tail bifurcation in sand lizards

- (*Lacerta agilis*) and common lizards (*Zootoca vivipara*) from Poland. Herpetology Notes 10:713-716.
- McDiarmid, R.W. & J.M. Savage. 2005. The herpetofauna of the Rincón area, Peninsula de Osa, Costa Rica, a Central American lowland evergreen forest site. Pp. 366-427. En M.A. Donnelly, B.I. Crother, C. Guyer, M.H. Wake & M.E. White (Eds.). Ecology and Evolution in the Tropics. A herpetological Perspective. University of Chicago Press, Chicago, USA.
- Mora, J.M., L.I. López & N. Campos-Loría. 2020. An adult male *Basiliscus plumifrons* (Cope, 1875) without an arm survives in the tropical rainforest of Costa Rica. Revista Latinoamericana de Herpetología 3:123-125.
- Rothschild, B.M., H.P. Schultze & R. Pellegrini. 2012. Herpetological Osteopathology: Annotated Bibliography of Amphibians and Reptiles. Springer Science and Business Media, New York, USA.
- Townsend, J. H., H.C. Aldrich, L.D. Wilson & J.R. Mc-Cranie. 2005. First report of sporangia of a myxomycete (*Physarum pusillum*) on the body of a living animal, the lizard *Corytophanes cristatus*. Mycologia 97:346-348.
- Venerozo-Tlazalo, D.G., V. Vásquez-Cruz, D. Medina-Nogueira & J.A. de la Rosa-Pérez. 2022. Lista actual de anomalías morfológicas en anfibios mexicanos, con dos casos nuevos en el centro-oeste del estado de Veracruz. Revista Latinoamericana de Herpetología 5:15-21.



DEPREDACIÓN DE *CONIOPHANES FISSIDENS* (SQUAMATA: COLUBRIDAE) SOBRE *CRAUGASTOR RHODOPIS* (ANURA: CRAUGASTORIDAE) EN LA REGIÓN MONTAÑOSA CENTRAL DE VERACRUZ

PREDATION OF *CONIOPHANES FISSIDENS* (SQUAMATA: COLUBRIDAE) ON *CRAUGASTOR RHODOPIS* (ANURA: CRAUGASTORIDAE) IN THE CENTRAL MOUNTAINOUS REGION OF VERACRUZ

José Luis Aguilar López^{1,*} & Pedro A. Aguilar-Rodríguez²

¹Instituto de Ecología A.C., Carretera antigua a Coatepec 351, El Haya, Xalapa Veracruz, México. C.P. 91073.

²Instituto de Investigaciones Forestales, Universidad Veracruzana, Parque Ecológico “El Haya”, Xalapa, Veracruz, C.P. 91070, México.

*Correspondence: jlal.herp@gmail.com

Received: 2023-09-21. Accepted: 2023-11-17. Published: 2023-12-11.

Editor: Jorge Eufrales Morales Mávil, México.

Abstract.– We report for the first time a predator-prey interaction between *Coniophanes fissidens* and *Craugastor rhodopis* in the mountainous central Veracruz region, Mexico.

Keywords.– Anuran, cloud forest, snake, trophic interaction.

Resumen.– Reportamos por primera vez, la interacción trófica entre *Coniophanes fissidens* y *Craugastor rhodopis* en la región montañosa central de Veracruz, México.

Palabras clave.– Anuro, bosque mesófilo de montaña, interacción trófica, serpiente.

La rana *Craugastor rhodopis* (Anura: Craugastoridae) y la serpiente *Coniophanes fissidens* (Squamata: Colubridae) se encuentran entre las especies más abundantes de herpetozoos en algunos de los ecosistemas donde habitan (Seib, 1985; Meza-Parral & Pineda, 2015), los cuales incluyen el bosque mesófilo de montaña del centro de Veracruz, México, donde ambas especies cohabitan. Las presas consumidas por *C. fissidens* se han documentado en algunos puntos de la amplia distribución de esta especie de serpiente (Tabla 1), que va desde el norte de Hidalgo y Veracruz en México, hasta el norte de Ecuador (Uetz & Hosek, 2015). En el caso de *C. rhodopis*, el área de distribución de esta especie se restringe a la parte norte de Hidalgo, porción oriental de Puebla y a la porción montañosa central de Veracruz (Streicher et al., 2014), y no existe información publicada sobre los depredadores que consumen este anuro. En este estudio se reporta la depredación de *C. rhodopis* por la serpiente *C. fissidens*.

El 17 de enero de 2023 a las 14:00 h, en el camino de acceso principal, que atraviesa el fragmento de bosque mesófilo de montaña perteneciente al predio del Vivero Francisco Javier

Clavijero (19.514434° N; 96.944384° O; WGS 84; 1,349 m s.n.m.), se encontró un ejemplar de *C. fissidens* (CARIE-1409; LHC = 315 mm, LC= 97 mm) muerta con heridas en la cabeza, y con un abultamiento en el estómago indicando la presencia de una presa (Fig. 1A). Al realizar la disección del estómago de la serpiente se encontró un ejemplar de *C. rhodopis* (CARIE-1410; LHC = 45 mm, longitud de la tibia = 24 mm, dedo de la mano I más grande que el II; terminación de los dedos sin ensanchamiento; Fig. 1B). Ambos ejemplares fueron preservados e ingresados en la colección de anfibios y reptiles del Instituto de Ecología (CARIE).

La identidad de la serpiente fue corroborada con base en características morfológicas y de coloración de acuerdo a Campbell (1998). En el caso de la rana las características morfológicas indicadas coinciden con lo propuesto por Ramírez-Bautista et al. (2014), Streicher et al. (2014) y Jameson et al. (2022) para la especie y que la diferencian de otras especies del género *Craugastor* que habitan en la región como *C. berkenbuschii*, *C. mexicanus* y *C. pygmaeus*.

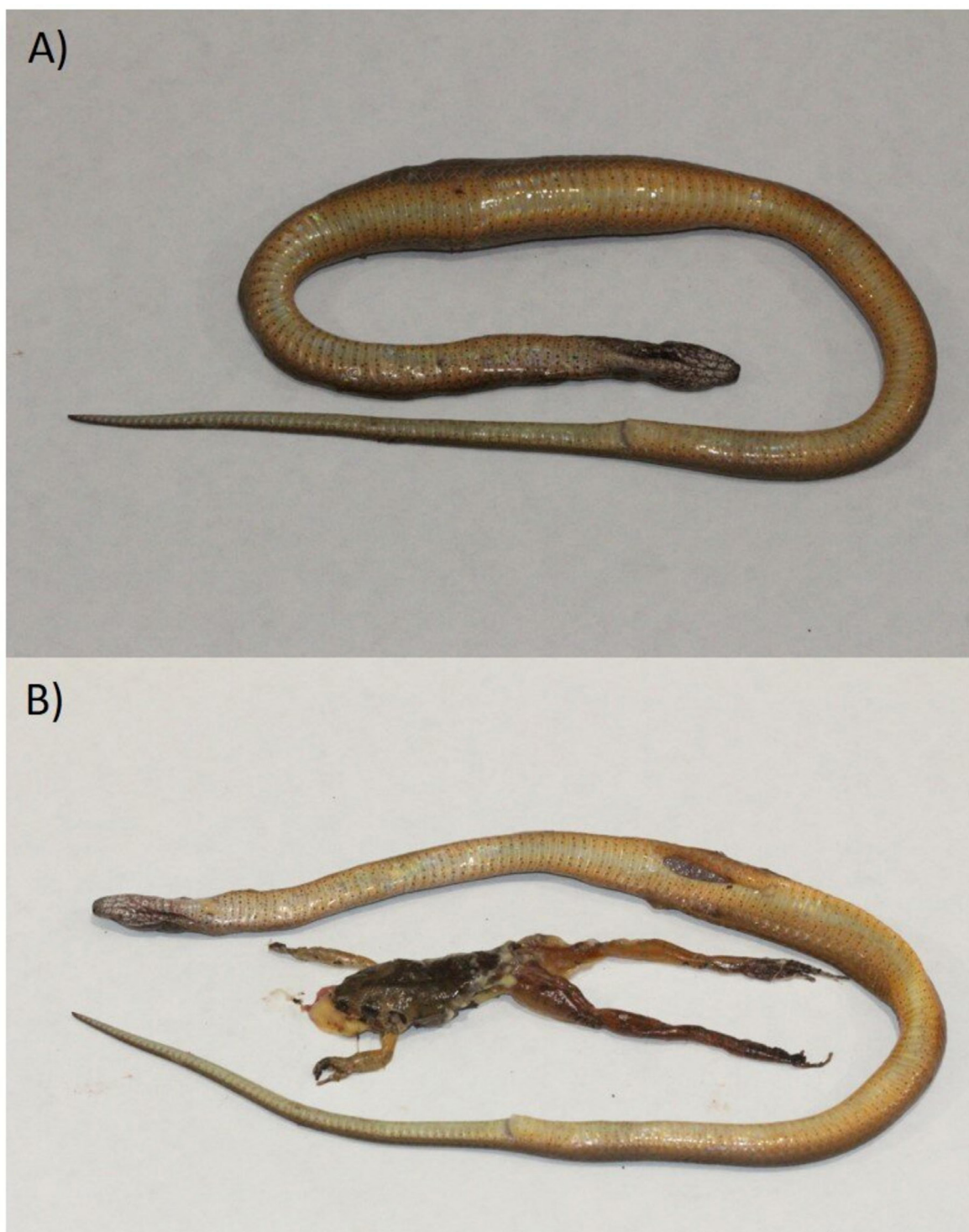


Figure 1. A) Ventral view of *Coniophanes fissidens* specimen, and B) comparative image of the snake and *Craugastor loki* specimens contained in its stomach. Photos: José Luis Aguilar López.

Figura 1. A) Vista ventral del ejemplar de *Coniophanes fissidens* y B) imagen comparativa de los ejemplares de serpiente y de *Craugastor loki* que contenía en su estómago. Fotos: José Luis Aguilar López.

Tabla 1. Especies de presas reportadas para *Coniophanes fissidens* en distintos sitios de su distribución.

Table 1. Prey species reported for *Coniophanes fissidens* in different sites of its distribution

Clase	Orden/ suborden	Especies de presa
Anfibios	Caudata	<i>Bolitoglossa salvini</i> ¹
	Anura	<i>Eleutherodactylus rhodopsis</i> [<i>Craugastor loki</i>] ¹
		<i>Eleutherodactylus rugulosus</i> [<i>Craugastor rugulosus</i>] ¹
		huevos de <i>Eleutherodactylus</i> ¹
		<i>Gastrophryne usta</i> [<i>Hypopachus ustus</i>] ¹
		<i>Bufo canaliferus</i> [<i>Incilius canaliferus</i>] ¹
		<i>Leptodactylus melanonotus</i> ³
		<i>Leptodactylus</i> sp. ⁴
		<i>Colostethus nubicola</i> [<i>Silverstoneia nubicola</i>] ⁵
Reptiles	Squamata/ Lacertilia	<i>Anolis</i> spp. ¹
		<i>Sphenomorphus assata</i> [<i>Scincella assata</i>] ¹
		<i>Holcosus parvus</i> ²
		<i>Lepidoblepharis xanthostigma</i> ⁵
		<i>Echinosaura</i> sp. ⁶
	Squamata/ Lacertilia	<i>Adelphicos quadrivirgatus</i> ¹
		<i>Coniophanes fissidens</i> ¹
		<i>Geophis nasalis</i> ¹
		<i>Ninia sebai</i> [<i>Ninia sebae</i>] ¹
		<i>Rhadinaea hanni</i> ¹
Anélidos / Clitellata	Squamata/ indeterminado	<i>Tantilla tayrae</i> ¹
	Opisthopora/ indeterminado	lombriz de tierra, género <i>Pheretima</i> ¹
Insectos	Lepidoptera/ indeterminado	larvas de lepidóptero ¹

¹Seib, 1985 (Chiapas, Guatemala); ²Javier-Vázquez & Vázquez-Cruz, 2020 (Chiapas);

³Landy et al., 1966 (Chiapas); ⁴Minton & Smith, 1960 (Costa Rica); ⁵Myers, 1969 (Panamá);

⁶colección digital de Universidad de Michigan; quod.lib.umich.edu; número de catálogo: 128828-pd (Ecuador).

Este registro representa la primera interacción depredador-presa entre *C. fissidens* y *C. rhodopsis*. Aunque Seib (1985) reporta a *C. rhodopsis* como presa de *C. fissidens* en sitios de Chiapas y Guatemala, con base en la distribución de las especies del grupo *C. rhodopsis* reportada por Streicher et al. (2014), es probable que dichos registros correspondan a *C. loki*, especie similar a *C. rhodopsis* y con distribución coincidente con ambos sitios.

Este reporte se adiciona a las presas reportadas en la literatura científica para *C. fissidens* a través de su área de distribución (ver Tabla 1). Por otra parte, el presente reporte documenta el primer depredador conocido (*C. fissidens*) para *C. rhodopsis*, ya que, aunque previamente se reportó a un ejemplar de *C. rhodopsis* siendo consumido por un ejemplar de *Bothrops asper* en la Sierra de Los Tuxtlas (Buttenhoff & Vogt, 1997), de acuerdo al estudio de Streicher et al., (2014), *C. rhodopsis* no se distribuye en la Sierra de Los Tuxtlas, por lo que el ejemplar de anuro reportado por Buttenhoff & Vogt (1997) podría corresponder a *C. loki* o una especie aún no descrita del género, ambas similares a *C. rhodopsis*.

La información bibliográfica indica que *C. fissidens* tiene una dieta generalista consumiendo una variedad notable de presas de diversos grupos biológicos, y el estudio de Seib (1985) en sitios de Chiapas y Guatemala indica que la dieta de esta serpiente se compone mayormente por anuros. Estudios que aborden las interacciones tróficas de especies abundantes como *C. fissidens* (Aguilar-López, obs. pers.; Seib, 1985) y *C. rhodopsis* (Meza-Parral & Pineda, 2015), pueden ayudarnos a entender su papel en el flujo de energía de los ecosistemas de los que forman parte.

LITERATURA CITADA

Buttenhoff, P.A. & R.C. Vogt. 1997. Historia Natural de Especies (*Bothrops asper*). Pp. 478-480. En E. González-Soriano, E., R. Dirzo & R.C. Vogt (Eds.), Historia Natural de Región de los Tuxtlas. Universidad Nacional Autónoma de México, Distrito Federal, México.

Campbell, J. 1998. Amphibians and Reptiles of Northern Guatemala, the Yucatán, and Belize. University of Oklahoma Press, USA.

Jameson, T.J.M., J.W. Streicher, L. Manuelli, J.J. Head & E.N. Smith. 2022. Miniaturization in direct-developing frogs from Mexico with the description of six new species. *Herpetological Monographs* 36:1-48.

Javier-Vázquez, E. & V. Vázquez-Cruz. 2020. *Coniophanes fissidens* (Yellow-bellied Snake). Diet. *Herpetological Review* 51:861-862.

- Landy, M.J., D.A. Langebartel, E.O. Moll & H.M. Smith. 1966. A collection of snakes from Volcan Tacaná, Chiapas, Mexico. *Journal of the Ohio Herpetological Society* 5:93-101.
- Meza-Parral, Y. & E. Pineda. 2015. Amphibian diversity and threatened species in a severely transformed neotropical region in Mexico. *PLoS ONE* 10: e0121652.
- Minton, S.A. & H.M. Smith. 1960. A new subspecies of *Coniophanes fissidens* and notes on Central American amphibians and reptiles. *Herpetologica* 116:103-111.
- Myers, C.W. 1969. Snakes of the genus *Coniophanes* in Panama. *American Museum Novitates* 2372:1-28.
- Ramírez-Bautista, A., U. Hernández-Salinas, R. Cruz-Elizalde, C. Berriozabal-Islas, D. Lara-Tufiño, I. Goyenechea & J.M. Castillo-Cerón. 2014. Los Anfibios y Reptiles de Hidalgo, México: Diversidad, Biogeografía y Conservación. Sociedad Herpetológica Mexicana, A.C. Hidalgo, México.
- Seib, R.L. 1985. Euryphagy in a tropical snake, *Coniophanes fissidens*. *Biotropica* 17:57-64.
- Streicher, J.W., U.O. García-Vázquez, P. Ponce-Campos, O. Flores-Villela, J.A. Campbell & E.N. Smith. 2014. Evolutionary relationships amongst polymorphic direct-developing frogs in the *Craugastor rhodopsis* species group (Anura: Craugastoridae). *Systematics and Biodiversity* 12:1-22.
- Uetz, P. & J. Hosek (Eds.). 2015. The Reptile Database. <http://www.reptile-database.org>, [Consultado 02 septiembre 2023].



A BRIEF REVIEW OF LIMB ANOMALIES IN LIZARDS AND PRESENCE OF ECTRODACTILY IN *ASPIDOSCELIS COSTATUS* (SQUAMATA: TEIIDAE)

UNA BREVE REVISIÓN DE LAS ANOMALÍAS DE LAS EXTREMIDADES EN LAGARTIJAS Y PRESENCIA DE ECTRODACTILIA EN *ASPIDOSCELIS COSTATUS* (SQUAMATA: TEIIDAE)

Edgar De La Rosa-Silva^{1*}, Aldo Gómez-Benítez¹, Daniel Sánchez-Manjarrez¹, Edgar Oviedo-Hernández¹, Gabriel Andrade-Soto¹, James M. Walker² & Oswaldo Hernández-Gallegos¹

¹Laboratorio de Herpetología, Instituto Literario 100, Colonia Centro, C. P. 50000. Toluca, Universidad Autónoma del Estado de México, México.

²Department of Biological Sciences, University of Arkansas, Fayetteville, Arkansas 72701, United States of America.

*Correspondence: edgardelarosasilva@gmail.com

Received: 2023-08-02. Accepted: 2023-10-25. Published: 2023-12-11.

Editor: Jimena Grosso, Chile.

Resumen.– Las lagartijas cola de látigo sobreviven a heridas graves infligidas durante la colecta por el ser humano y ataques de depredación fallidos. Así, parece que estas lagartijas pueden sobrevivir a una variedad de lesiones específicas a sus extremidades, aún cuando el movimiento rápido es una adaptación clave para muchos teíidos. Examinamos el tema poco conocido de anomalías en las extremidades de lagartijas, estimulado en parte por el descubrimiento de la primera anomalía natural en un individuo de entre cientos de lagartijas del género *Aspidoscelis* y *Cnemidophorus* (Familia Teiidae, Orden Squamata) examinados en América. Es plausible que un deterioro tan severo afectaría negativamente la supervivencia al reducir la movilidad; sin embargo, esa suposición requiere más estudios. Aunque nombramos a la condición descrita aquí como ectrodactilia severa en una hembra adulta de *Aspidoscelis costatus* (Huico Llanero), es posible que la condición resultara de un intento de depredación o un fenómeno ambiental.

Palabras clave.– Huico Llanero, pérdida de dígitos, lagartija, México, anomalía morfológica.

Abstract.– Whiptail lizards have been reported to survive serious wounds inflicted during collection by humans and failed predation attacks. Thus, it appears that these lizards can survive a variety of limb-specific injuries, though rapid movement is a key adaptation in many teiid lizards. We herein review the little-known subject of extremity abnormalities in lizards, stimulated in part by the discovery of the first profound naturally occurring limb anomaly among hundreds of lizards of the genera *Aspidoscelis* and *Cnemidophorus* (Family Teiidae, Order Squamata) examined from the Americas. It seems likely that such a severe impairment would negatively affect survival by reducing mobility; however, that assumption requires further study. Although we term the condition described herein as severe ectrodactily within an adult female of *Aspidoscelis costatus* (Western México Whiptail), it is possible that the condition resulted from either a predation attempt or another environmental occurrence.

Keywords.– Western México Whiptail, loss of digits, lizard, Mexico, morphological anomaly.

Naturally occurring limb anomalies are rarely reported in lizards. Such conditions may result from either genetic or environmental factors (e.g., predation attempts or developmental problems arising from the effects of temperature, humidity levels, toxins, etc.; Rothschild et al., 2012; Kolenda et al., 2017; Mora et al., 2020). Such morphological departures from the usual body plan may present themselves in different forms, with some, but not all, being described in the next paragraph. Brachydactyly is the development of digits that are shorter than normal, ectrodactily

is a condition when one or more digits are absent from an extremity, aphalangia is the term applied when there is skin but a lack of phalanges or finger bones, and adactyly denotes the absence of all phalanges or finger bones from a sole digit (Rothschild et al., 2012; Martínez et al., 2017; Sánchez-Manjarrez et al., 2022). In addition, as Kolenda et al. (2017) and Rothschild et al. (2012) discuss, there are conditions that affect a significant section or the whole limb, including ectomely, where a portion of the limb is missing, particularly where it pertains to the



Figure 1. Leg anomaly in an adult female of *Aspidoscelis costatus*, found within the municipality of Tonalico, Estado de México, Mexico. (A) Ventral view of the specimen lacking the distal section of the right hind limb. Note the presence of the sole fifth digit and the reduction in musculature. (B) Close-up of the right hind limb, seen through a dorsal view.

Figura 1. Anomalía en la pierna en una hembra adulta de *Aspidoscelis costatus*, encontrada al interior del municipio de Tonalico, Estado de México, Mexico. (A) Vista ventral del espécimen al cual le falta la sección distal de la extremidad posterior derecha. Nótese la presencia de un solo quinto dígito y la reducción en la musculatura. (B) Acercamiento de la extremidad posterior derecha vista de forma dorsal.

more distal parts. This is further subdivided into amely when the entire limb is absent, hemimely when the tibia or fibula are either reduced or not present, though the distal parts still may be seen, and meromely when all digits are missing. Such limb abnormalities to varying degrees have been observed in various squamate families, including Corytophanidae (Mora et al., 2020), Gymnophthalmidae (Tipantiza-Tuguminago et al., 2021), Lacertidae (Gkourtsouli-Antoniadou et al., 2017; Kolenda et al., 2017), Mabuyidae (Martínez et al., 2017), and Phrynosomatidae (Díaz-Marín et al., 2023a; b).

Aspidoscelis costatus (Western México Whiptail) is the available name for an assemblage of Whiptail lizards in western Mexico, which, according to genetic analyses, are paraphyletic (Reeder et al., 2002; Barley et al., 2019). It has been reported in Estado de México within different habitats and elevations (Granados-González et al., 2020), reaching an average snout-vent length (SVL) of 101.8 ± 14.5 mm for males and 89.5 ± 10.4 mm for females (Aguilar-Moreno et al., 2010). It is oviparous, with the largest mean clutch size (7.7 eggs) thus far documented for the genus *Aspidoscelis* (López-Moreno et al., 2016). Rapid movement is a characteristic of Whiptail lizards; thus, it is not surprising that *A. costatus* has an active foraging mode and a speedy retreat from threats of all kinds (Hernández-Gallegos & Domínguez-Vega, 2012). The alternative to rapid locomotor performance is crypsis, as the dorsal color pattern is subject to ontogenetic (Gómez-Benitez et al., 2020) and seasonal variations (Hernández-Gallegos & Domínguez-Vega, 2012). Therefore, the anomaly reported herein would likely have seriously reduced the ability to move rapidly.

There are virtually no reports of limb anomalies in lizards within Mexico in general, except for a pair of recent scientific notes by Díaz-Marín et al. (2023a; b), which describe the presence of ectrodactily and brachydactily in individuals of the Graphic Spiny Lizard (*Sceloporus grammicus*), as well as ectomely in a female Mountain Horned Lizard (*Phrynosoma orbiculare*). To our knowledge, no information on such a condition has been published concerning *Aspidoscelis* or *Cnemidophorus*, even though hundreds of individuals belonging to both genera have been examined from the Americas. That said, it has been noted that Whiptail lizards housed in the laboratory for extended periods of time often develop malformed digits on the hindlimbs, and in the field, Whiptail lizards are apparently able to endure significant damage caused by unsuccessful predator attacks and capture by investigators (Walker J.M., *com. pers.*). Thus, here we discuss the first natural occurrence of missing digits and part of the foot, discovered in an individual of *A. costatus*.

At 12:45 h, on 16 June 2022, we encountered an adult female of *A. costatus*, which possessed a SVL of 77 mm, a tail length of 155 mm, and mass of 13 g. We determined its sexual development in accord with López-Moreno et al. (2016). This, while we were sampling an area of approximately 22,000 m², in the municipality of Tonatico, Estado de México, Mexico (18.794167° N, 99.611944° W; 1646 m a.s.l.). The vegetation within the study site mainly consisted of grasses and herbaceous plants, though we noted the presence of thorny bushes (*Acacia* sp.) and a few corn plants (*Zea mays*). The lizard was captured manually with the assistance of a drift fence trap as it tried to escape once it detected our presence. After taking its biometric data: temperature with a cloacal thermometer, SVL via a ruler, mass through a spring scale, and sexing it according to the number and morphology of the scales underneath the cloaca, as per Ashton (2003), along with stimulating it to vocalize (the individual produced a total of two vocalizations in a span of three minutes), which was the goal of our project, we released the adult female back to its habitat where we found it. While we examined the specimen, we discovered it was missing a significant section of its right hind limb, lacking all digits and metatarsals except for the fifth one (Fig. 1). A noticeable stump could be seen near the end of the tarsals, with the scales at this zone being tightly clumped together, lacking a regular shape, and with a darker coloration compared to the normal scalation of the extremity. Also, in contrast to the healthy left hind limb, the right one had a reduced diameter, which most likely stemmed from a loss in musculature due to a lack of activity from that leg.

Based on this, we classify the condition as severe ectrodactily, according to the definition provided by Rothschild et al. (2012). However, it is difficult to assert with certainty if the condition was caused by a predatory event or if it is a malformation related to genetic factors. However, we would argue that the former is more likely based on the presence of asymmetric, grey-black scales that covered the stump. It was similar to the outgrowths described by Alibardi (2017), seen after the amputation of a lizard's limb, and characterized by being short or flat as well as having a dense, hard, and scaled structure. It is also difficult to determine what may have caused the possible injury. There is little knowledge about probable predators for *A. costatus*, though recent evidence suggests that both Coachwhip snakes (*Masticophis* spp.; Hernández-Gallegos & Domínguez-Vega, 2012) and the Thornscrub Vine Snake (*Oxybelis* spp.; Bucio-Jiménez & Flores-Loyola, 2021) may feed on several species of *Aspidoscelis*. Another likely culprit is the Ringtail (*Bassariscus astutus*), as this mammal also preys upon diverse species of lizards (Rodríguez-Estrella et al., 2000; Herrera-Flores, 2018), or perhaps feral dogs or cats, though we saw none of these predators in the study site.

Of course, we wish to reiterate that without x-rays or a way to examine the area of the affected extremity more closely, the nature of the ectrodactily seen in the specimen remains as a hypothesis.

From the six individuals of *A. costatus* we captured that day, this female was the only one that presented the described condition. Though it may seem as if the lack of a fully functional limb could impact the fitness of an individual (Díaz-Marín et al., 2023a), we consider that overall, the specimen was not seriously adversely affected by its loss. The development of scar tissue and a stump, along with the noticeable lack of musculature on the limb, is evidence that it survived for some time before we encountered it. Indeed, we captured a healthy adult male with similar proportions (SVL of 76 mm, tail length of 144 mm, and mass of 12.8 g) to the previously described female. This discovery indicates that an individual with ectrodactily was able to properly forage for food, as it seemingly was not underweighted. The vocalizations produced by the female could also indicate that the specimen was in good condition, as *A. costatus* does not tend to vocalize when infirm, as we saw with an extremely thin male found in a population within Ixtapan de la Sal (De La Rosa-Silva E., *com. pers.*). Furthermore, it proved to be quite elusive, and we struggled to capture it on site, something that may indicate its rapid locomotor performance was not substantially hindered by its condition. More studies are required to determine how limb anomalies in lizards affect the behavior of individuals who possess such disabilities and to what extent they alter their behavior to persist.

Acknowledgements.— We thank the Mexican government (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, SEMARNAT) who provided the capture permit (SGPA/DGVS/002491/18) to manipulate the organisms. Support for the related project to this report was provided by the Universidad Autónoma del Estado de México (number 6469/2022CIB).

CITED LITERATURE

- Aguilar-Moreno, M., F.J. Rodríguez-Romero, A. Aragón-Martínez, J.A. Muñoz-Manzano, G. Granados-González & O. Hernández-Gallegos. 2010. Dimorfismo sexual de *Aspidoscelis costata costata* (Squamata: Teiidae) en el sur del Estado de México, México. *Revista Chilena de Historia Natural* 83:585-592.
- Alibardi, L. 2017. Immunodetection of FGF1-2 and FGFR1-2 indicates that these proteins disappear in the wound epidermis blastema of the scarring limb in lizard. *MOJ Biology and Medicine* 1:1-8.
- Ashton, K.G. 2003. Sexing *Cnemidophorus* lizards using a postanal scale character. *Herpetological Review* 34:109-111.
- Barley, A.J., A. Nieto-Montes de Oca, T.W. Reeder, N.L. Manríquez-Morán, J.C. Arenas Monroy, O. Hernández-Gallegos & R.C. Thomson. 2019. Complex patterns of hybridization and introgression across evolutionary timescales in Mexican whiptail lizards (*Aspidoscelis*). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 132:284-295.
- Bucio-Jiménez, L.D. & C.M. Flores-Loyola. 2021. Depredación de la lagartija *Aspidoscelis communis* (Teiidae) por la serpiente *Oxybelis microphthalmus* (Colubridae) en Michoacán, México. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 4:131-132.
- Díaz-Marín, C.A., T. Carmona-Zamora, C. Mendoza-Almeralla & A. Ramírez-Bautista. 2023a. First record of ectomely in *Phrynosoma orbiculare* (Squamata: Phrynosomatidae). *Revista Latinoamericana de Herpetología* 6:172-175.
- Díaz-Marín, C.A., T. Carmona-Zamora & A. Ramírez-Bautista. 2023b. Missing toes in the graphic spiny lizard *Sceloporus grammicus* from central Mexico. *The Herpetological Bulletin* 164:37-38.
- Gkourtsouli-Antoniadou, I., A. Deimezis-Tsikoutas, K. Vassaki, A. Vezyrakis & P. Pafilis. 2017. A tail where it shouldn't be: morphological anomaly in *Podarcis erhardii*. *Herpetology Notes* 10:233-234.
- Gómez-Benitez, A., O. Hernández-Gallegos, B.R. Lovell, P. Kadia & J.M. Walker. 2020. Color pattern and body size variation in live *Aspidoscelis costatus costatus* (Squamata: Teiidae) from a protective enclave in southern Mexico. *Herpetological Conservation and Biology* 15:335-349.
- Granados-González, G., C. Pérez-Almazán, A. Gómez-Benitez, J.M. Walker & O. Hernández-Gallegos. 2020. *Aspidoscelis costatus costatus* (Squamata: Teiidae): high elevation clutch production for a population of whiptail lizards. *Herpetozoa* 33:131-137.
- Hernández-Gallegos, O. & H. Domínguez-Vega. 2012. Cambio estacional en la coloración dorsal de la lagartija *Aspidoscelis costata costata* (Squamata: Teiidae). *Revista de Biología Tropical* 60:405-412.
- Herrera-Flores, R.N. 2018. Análisis de la Dieta del Cacomixtle (*Bassariscus astutus*) en Zapotitlán Salinas, Puebla. Tesis de

- Licenciatura. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla, México.
- Kolenda, K., M. Wieczorek, A. Najbar, B. Najbar & T. Skawiński. 2017. Malformation and tail bifurcation in sand lizards (*Lacerta agilis*) and common lizards (*Zootoca vivipara*) from Poland. *Herpetology Notes* 10:713-716.
- López-Moreno, A.E., J.L. Rheubert, C. Pérez-Almazán, G. Granados-González, L.E. Hernández-Hernández, K.M. Gribbins & O. Hernández-Gallegos. 2016. Female reproductive cycle and clutch size of *Aspidoscelis costata costata* (Squamata: Teiidae) from Tonatico, Estado de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 87:1336-1341.
- Martínez, N., M.E. Tedesco & M. Motte. 2017. First record of ectrodactily in the family Mabuyidae: aphalangia on the posterior extremities of *Notomabuya frenata* (Cope, 1862) from Guairá Department, Paraguay. *Herpetology Notes* 10:621-623.
- Mora, J.M., L.I. López & N. Campos Loría. 2020. An adult male *Basiliscus plumifrons* Cope, 1875 without an arm survives in the tropical rain forest of Costa Rica. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 3:123-125.
- Reeder, T.W., C.J. Cole & H.C. Dessauer. 2002. Phylogenetic relationships of Whiptail Lizards of the genus *Cnemidophorus* (Squamata: Teiidae): a test of monophyly, reevaluation of karyotypic evolution, and review of hybrid origins. *American Museum Novitates* 2002:1-61.
- Rodríguez-Estrella, R., A.R. Moreno & K.G. Tam. 2000. Spring diet of the endemic Ring-tailed Cat (*Bassariscus astutus insucola*) population on an island in the Gulf of California, México. *Journal of Arid Environments* 44:241-246.
- Rothschild, B.M., H.P. Schultze & R. Pellegrini. 2012. *Herpetological Osteopathology: Annotated Bibliography of Amphibians and Reptiles*. Springer Science and Business Media, New York, USA.
- Sánchez-Manjarrez, D., J.F. Méndez-Sánchez, J.R. Flores-Santín, J.L. Rheubert & O. Hernández-Gallegos. 2022. Limb deformities in *Ambystoma rivulare* (Caudata: Ambystomatidae), a microendemic and threatened Mexican salamander. *Herpetological Conservation and Biology* 17:442-450.
- Tipantiza-Tuguminago, L., P. Medrano-Vizcaíno & C. Catota. 2021. *Riama unicolor* (Unicolored Lightbulb-lizard). Limb Malformation and Ectrodactily. *Herpetological Review* 52:653.



FIRST RECORD OF ALBINISM AND PIEBALDISM IN *ATELOGNATHUS PATAGONICUS* (GALLARDO, 1962) (ANURA: BATRACHYLIDAE), LAGUNA BLANCA NATIONAL PARK, ARGENTINIAN PATAGONIA

PRIMER REGISTRO DE ALBINISMO Y PIEBALDISMO EN *ATELOGNATHUS PATAGONICUS* GALLARDO, 1962 (ANURA: BATRACHYLIDAE), PARQUE NACIONAL LAGUNA BLANCA, PATAGONIA ARGENTINA

Melisa Celia Jazmín Rolón^{1*}, Facundo Leonel De Los Santos², Micaela Harkes¹, Melina Alicia Velasco¹, Sofía Jones¹, Germán Tettamanti¹, Rodrigo Calvo¹, David Gustavo Vera¹, Diego Di Pietro¹, Jorge Daniel Williams¹ & Federico Pablo Kacoliris¹

¹Sección Herpetología, División Zoología Vertebrados, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata, La Plata, Argentina.

²Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata, La Plata, Argentina.

*Correspondence: melisa.rolon@fcnym.unlp.edu.ar

Received: 2023-10-19. Accepted: 2023-11-28. Published: 2023-12-11.

Editor: Adriana Manzano, Argentina.

Resumen.— Entre los distintos tipos de anomalías pigmentarias, el albinismo es la más frecuente en anfibios. La Críticamente Amenazada ranita patagónica (*Atelognathus patagonicus*) es endémica del noroeste de la Patagonia Argentina, donde habita pequeñas lagunas temporarias aisladas entre sí. Durante el monitoreo de dos sub-poblaciones de la especie, encontramos 32 individuos (4.5%; N = 714) con anomalías pigmentarias en la laguna Antiñir, dentro del Parque Nacional Laguna Blanca. Entre ellos, 31 fueron albinos (cinco renacuajos, dos metamorfos y 24 juveniles) reconocidos por poseer la piel transparente y los ojos rojos. Un individuo fue hallado con piebaldismo, presentando parches sin pigmentación y ojos de coloración normal. Este es el primer registro de anomalías pigmentarias para *A. patagonicus*, las cuales pueden tener implicancias ecológicas y de conservación para la especie.

Palabras clave.—Anfibios, anomalías cromáticas, mutación, Neuquén

Abstract.— Among the different types of pigmentary anomalies, albinism is the most common in amphibians. The Critically Endangered Patagonia frog (*Atelognathus patagonicus*) is endemic to the northwest Argentinian Patagonia, and inhabits small temporary lagoons isolated from each other. During the monitoring of two sub-populations of the species, we found 32 individuals (4.5%; N = 714) with pigmentary anomalies in Antiñir lagoon, inside Laguna Blanca National Park. Among them, 31 were albinos (five tadpoles, two metamorphs and 24 juveniles) recognized for having transparent skin and red eyes. One individual was found with piebaldism, presenting patches without pigmentation and eyes of normal color. This is the first record of pigmentary anomalies for *A. patagonicus*, which may have ecological and conservation implications for the species.

Keywords.—Amphibians, chromatic anomalies, mutation, Neuquén.

Albinism is defined as the absence of pigmentation in animals that are normally pigmented (Lawrence, 2005). This anomaly is usually attributed to genetic mutations that affect the production and distribution of melanocytes (Miura, 2018). The term albinism is often used in a narrow or a broader sense (Dyrkacz, 1981; Henle et al., 2017). Many times the terms ‘complete albinism’ or ‘partial albinism’ are used in the literature but they are inaccurate. What was once called ‘partial albinism’ is now better classified

as either ‘leucism’ or ‘piebaldism’ (Summers, 2009; Abreu et al., 2013). The term leucism refers to the lack of melanin in the entire body, except for eyes which retain normal coloration; in piebaldism certain patches or parts of the animal lack melanin; while true albinism can be recognized by the white phenotype in the whole body and reddish eyes (Abreu et al., 2013; Lucati & López-Baucells, 2017). Some authors use the expression ‘partial



Figura 1. Metamorfo albino de *Atelognathus patagonicus* en el centro, renacuajo normal a la izquierda y metamorfo normal a la derecha.

Figure 1. Albino metamorph of *Atelognathus patagonicus* in the center, normal tadpole on the left and normal metamorph on the right..

leucism' to refer what in here is denominated as piebaldism (Neff et al., 2015; Thomas & Follum, 2016).

Albinism is one of the most commonly reported color anomalies in amphibians (Henle et al., 2017). Within this group, albinism cases have been cited in caecilians (Bhatta et al., 2007; Venu et al., 2021), urodels (Flindt, 1985; Mitchell & Church, 2002; Diego-Rasilla et al., 2007) and anurans (Eales, 1933; Gill et al., 1970; Mitchell, 2005; Jiménez-Cazalla, 2011; Barros et al., 2018; Culebras & Angiolani-Larrea, 2023). In Argentina, few records of albinism in broader sense were reported for anurans species (Barg & Canepuccia 2003; Sanabria et al., 2010; López

& Ghirardi, 2011; Martinuzzi et al., 2016). The aim of this article is to present the first record of albinism and piebaldism in *Atelognathus patagonicus* (Gallardo, 1962), a Critically Endangered species (IUCN, 2019), endemic to the lagoons in the Northwest of Patagonian steppe, Argentina (Gallardo, 1962; Cei & Roig, 1968).

We conducted field surveys over a period of 24 days between January and March of 2023 in Laguna Blanca National Park, searching for *A. patagonicus*. We focused our sampling efforts on two lagoons within the park: Jabón lagoon (38.97931° S, 70.37423° W) and Antiñir lagoon (38.98402° S, 70.39712° W).



Figura 2. Juvenil albino de *Atelognathus patagonicus* a la izquierda, juvenil normal a la derecha.

Figure 2. Albino juvenile of *Atelognathus patagonicus* on the left, normal juvenile on the right.

We repeatedly register many cases of albinism only for the Antiñir lagoon sub-population. In Jabón lagoon, out of a total of 812 individuals observed and individually marked, none exhibited albinism. In the other hand, in Antiñir Lagoon, 32 individuals displayed pigmentary anomalies (4.5%; $N = 714$). Among these, 31 had true albinism, consisting of five tadpoles, two metamorphs, and 24 juveniles ($25.15 \pm 1.98\text{mm SVL}$). These specimens lacked the typical coloration of the species (greenish-brown with spots) and had a rather orange-yellowish color with red eyes (Figs 1-2). One juvenile was found with signs of piebaldism, presenting patches without pigmentation and normal coloration in the eyes (Fig. 3). None of these individuals showed signs of weakness or illness.

Albinism might increase selective predation pressure against these individuals as mentioned by Childs (1953), Petrovic (1973) and Toledo et al. (2011). We observed a relative high number of

albino metamorphosed individuals, indicating that predation on albinos' tadpoles is not total. Furthermore, most reported cases are linked to retarded growth (Childs, 1953; Rose, 1962; Sazima, 1974) or developmental abnormalities (Smallcombe, 1949; Browder, 1972; Smith-Gill et al., 1972). Considering that tyrosine, the precursor of melanin, is also a precursor of thyroid growth hormones, a defect in tyrosine would affect both coloration and growth (Bagnara et al., 1978). This might explain the finding of only small individuals. However, definitive conclusions are elusive, as this may stem from growth limitations, predation, non-survival due to various causes, or simply undetection.

When albino gene is present in an isolated population, the frequency of albinism may increase as a consequence of isolation and inbreeding (Russell et al., 2011; Gilhen et al., 2012; Prado-Martinez et al., 2013). In this case, the sub-population is related to an isolated small lagoon which can enhance inbreeding.



Figura 3. Individuo juvenil de *Atelognathus patagonicus* con piebaldismo, nótese los ojos normales y parches sin pigmentación.

Figure 3. Juvenile individual of *Atelognathus patagonicus* with piebaldism, note normal eyes and patches without pigmentation.

Among vertebrates, frequency of albinism varies between 1:10000 and 1:30000 individuals (Bechtel, 1995). Henle et al. (2017) compiled reports in amphibians ranging from 0.000005% to 1% ($N > 5000$). However, large numbers of albino tadpoles (21%) were observed by Childs (1953) in *Spea hammondi*. Corn (1986) reported an atypical high frequency from 7% to 12% for *Pseudacris triseriata* adults. The presence of so many individuals of *A. patagonicus* with this condition could indicate that this is not an exceptional case, but rather that albinism might be a relatively frequent phenomenon for this sub-population in Antiñir lagoon. However, samplings across successive reproductive events will be necessary to confirm this hypothesis. Likewise, future studies on the ecological implications of this condition in this sub-population would be of great relevance.

Acknowledgements.– We thank to Administración de Parques Nacionales, Laguna Blanca National Park and all park

rangers for the necessary permits and help in this work (N° IF-2022-68047807). We would like to express our appreciation for the valuable support rendered by the volunteers who contributed to the surveys. This study was supported by Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET PIP. 11220150100598CO; 11220200100803CO), Fondo para la Investigación Científica y Tecnológica (PICT-2020-02428), Fundación Somuncura, The Mohamed bin Zayed Species Conservation Fund, Idea Wild and Herpetological Conservation International.

CITED LITERATURE

Abreu M.S.L., R. Machado, F. Barbieri, N.S. Freitas & L.R. Oliveira. 2013. Anomalous colour in Neotropical mammals: a review with new records for *Didelphis* sp. (Didelphidae, Didelphimorphia)

- and *Arctocephalus australis* (Otariidae, Carnivora). Brazilian Journal of Biology 73:185-194.
- Bagnara J.T., S.K. Frost & J. Matsumoto. 1978. On the development of pigment patterns in amphibians. American Zoologist 18:301-312.
- Barg M. & A.D. Canepuccia. 2003. Albinismo en una larva de *Bufo arenarum*. Boletín de la Asociación Herpetológica Española 14:29-30.
- Barros L.P.V., R.F. Muniz, J.P. Kloss-Degen, T.M. de Castro, J.C.F. Oliveira & C.F.D. Rocha. 2018. Albinism in a juvenile of *Rhinella crucifer* Wied-Neuwied, 1821 (Anura: Bufonidae) from southeastern Brazil. Herpetology Notes 11:599-600.
- Bechtel H.B. 1995. Reptile and Amphibian Variants: Colors, Patterns, and Scales. Krieger Publishing Company, Malabar Fla.
- Bhatta G., K.P. Dinesh, P. Prashanth & N.U. Kulkarni. 2007. A new species of the Indian caecilian genus *Gegeneophis* Peters (Amphibia: Gymnophiona: Caeciliidae) from the surroundings of Mahadayi Wildlife Sanctuary, Western Ghats. Current Science 93:1442-1445.
- Browder L.W. 1972. Genetic and embryological studies of albinism in *Rana pipiens*. Journal of Experimental Zoology 180:149-155.
- Cei J.M. & V.G. Roig. 1968. Telmatobiinos de las lagunas basálticas de Neuquén (Anura, Leptodactylidae). Physis 27:265-284.
- Childs Jr H.E. 1953. Selection by predation on albino and normal spadefoot toads. Evolution 7:228-233.
- Corn P.S. 1986. Genetic and developmental studies of albino chorus frogs. Journal of Heredity 77:164-168.
- Culebras J. & F.N. Angiolani-Larrea. 2023. First Record of Complete Albinism in a Species of the Genus *Pristimantis* Jiménez de la Espada, 1870 (Anura: Strabomantidae) in the Ecuadorian Andes. Revista Latinoamericana de Herpetología 6:32-35.
- Diego-Rasilla F.J., R.M. Luengo & L. Rodríguez-García. (2007). *Triturus marmoratus* (Marbled Newt). Albinism. Herpetological Review 38:68.
- Dyrkacz S. 1981. Recent instances of albinism in North American amphibians and reptiles. Society for the Study of Amphibians and Reptiles Herpetological Circular 11:1-31.
- Eales N.B. 1933. Albinism in the common frog. Nature 132:278-279.
- Flindt R. 1985. Latenter albinismos und missbildungen bei Kaulquapen von Wechselkröten *Bufo viridis* Laurenti, 1768. Salamandra 21:298-303.
- Gallardo J.M. 1962. Los géneros *Telmatobius* y *Batrachophrynus* (Amphibia, Leptodactylidae) en la Argentina. Neotropica 8:45-68.
- Gilhen J., G. Caswell, C. Drake, M. MacDonald & H. McKinnonramshaw. 2012. A partial albino hatchling Northern Ring-necked Snake, *Diadophis punctatus edwardsii*, from Big Tanook Island, Mahone Bay, Lunenburg County, Nova Scotia, Canada. The Canadian Field-Naturalist 126:336-339.
- Gill S.J., C.M Richards & G.W Nace. 1970. Biochemical and Developmental Studies on Albinism in *Rana pipiens*. American Zoologist 10:529.
- Henle K., A. Dubois & V. Vershinin. 2017. A review of anomalies in natural populations of amphibians and their potential causes. Studies on Anomalies in Natural Populations of Amphibians. Mertensiella 25:57-164.
- IUCN SSC Amphibian Specialist Group. 2019. *Atelognathus patagonicus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2019: e.T56323A101427111. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2019-1.RLTS.T56323A101427111.en>. [Accessed on 21 September 2023].
- Jiménez-Cazalla F. 2011. Albinismo en un adulto de *Pelophylax perezi* en el sur de Cádiz (SO de la Península Ibérica). Boletín de la Asociación Herpetológica Española 22:62-65.
- Lawrence E. 2005. Henderson's dictionary of biology. Pearson/Prentice Hall, London, England.
- López J.A. & R. Ghirardi. 2011. First record of albinism in *Rhinella fernandezae* (Gallardo, 1957). Belgian Journal of Zoology 141:59-61.
- Lucati F. & A. López-Baucells. 2017. Chromatic disorders in bats: a review of pigmentation anomalies and the misuse of terms to describe them. Mammal Review 47:112-123.
- Martinuzzi C., P.M. Peltzer, A.M. Attademo, C.M. Junges & R.C. Lajmanovich. 2016. Albinism in larvae of the Chacoan frog *Leptodactylus chaquensis* (Anura, Leptodactylidae) from an urban lake from Argentina. Cuadernos de herpetología 30:69-73.



- Miura I. 2018. Anomalies in the coloration of Japanese amphibians and their applications in genetic research. *KnE Life Sciences* 4:97-107.
- Mitchell J.C. 2005. Albinism in american bullfrog (*Rana catesbeiana*) tadpoles from Virginia. *Banisteria* 25:51.
- Mitchell J.C. & D.R. Church. 2002. Leucistic Marbled Salamanders (*Ambystoma opacum*) in Virginia. *Banisteria* 20:67-69.
- Neff M, S. Viernum, S. Twichell & J.C. Mitchell. 2015. Three more unusually-colored Salamanders from North America. *Herpetology Notes* 8:599-601.
- Petrovic C.A. 1973. An "Albino" frog, *Eleutherodactylus planirostris* Cope. *Journal of Herpetology* 7:49-51.
- Prado-Martinez J., I. Hernando-Herraez, B. Lorente-Galdos, M. Dabad, O. Ramirez, C. Baeza-Delgado, C. Morcillo-Suarez, C. Alkan, F. Hormozdiari, E. Raineri, J. Estellé, M. Fernandez Callejo, M. Valles, L. Ritscher, T. Schöneberg, E. De la Calle Mustienes, S. Casillas, R. Rubio-Acero, M. Melé, J. Engelken, M. Caceres, J.L. Gomez-Skarmeta, M. Gut, J. Bertranpetit, I.G. Gut, T. Abello, E.E. Eichler, I. Mingarro, C. Lalueza-Fox, A. Navarro & T. Marques-Bonet. 2013. The genome sequencing of an albino Western lowland gorilla reveals inbreeding in the wild. *BMC Genomics* 14:1-8.
- Rose F.L. 1962. A case of albinism in *Rana pipiens* Schreber. *Herpetologica* 18:72.
- Russell R.W., W. Beslin, M. Hudak, A. Ogunbiyi, A. Withrow & J. Gilhen. 2011. A second amelanistic Eastern Red-backed Salamander, *Plethodon cinereus*, from Nova Scotia, Canada. *The Canadian Field-Naturalist* 125:359-362.
- Sanabria E.A., L.B. Quiroga & A. Laspiur. 2010. First record of partial albinism and scoliosis in *Odontophrynus occidentalis* tadpoles (Anura: Cycloramphidae). *Brazilian Archives of Biology and Technology* 53:641-642.
- Sazima I. 1974. An albino hyliid frog, *Phrynohyas mesophaea* (Hensel). *Journal of Herpetology* 8:264-265.
- Smallcombe W.A. 1949. Albinism in *Rana temporaria*. *Journal of Genetics* 49:286-290.
- Smith-Gill S.J., G.M. Richards & G.W. Nace. 1972. Genetic and metabolic bases of two "albino" phenotypes in the leopard frog, *Rana pipiens*. *Journal of Experimental Zoology* 180:157-168.
- Summers C.G. 2009. Albinism: classification, clinical characteristics, and recent findings. *Optometry and vision Science* 86(6): 659-662. <https://doi.org/10.1097/OPX.0b013e3181a5254c>.
- Thomas M.A. & S.C. Follum. 2016. *Anaxyrus americanus* (American Toad). Partial Leucism. *Herpetological Review* 47:102-103.
- Toledo L.F., N. Rodrigues Da Silva & O.G. Dos Santos Araújo. 2011. Albinism in two Amazonian frogs: *Elachistocleis carvalhoi* (Microhylidae) and *Lithobates palmipes* (Ranidae). *Herpetology Notes* 4:145-146.
- Venu G., G.N. Balakrishna, R.K. Browne, N.G. Raju, K. Varadh, S. Ramakrishna & G. Venkatachalaiah. 2021. First record of leucism in the amphibian order Gymnophiona: *Ichthyophis kodaguensis* Wilkinson et al., 2007 from the southern Western Ghats, India. *Herpetology Notes* 14:77-81.



PARASITISMO EN *RHINELLA SPINULOSA* (WIEGMANN, 1834) (ANURA: BUFONIDAE) POR *APLECTANA HYLAMBATIS* (BAYLIS, 1927) (NEMATODA: COSMOCERCIDAE) EN ARGENTINA

PARASITISM IN *RHINELLA SPINULOSA* (WIEGMANN, 1834) (ANURA: BUFONIDAE) BY *APLECTANA HYLAMBATIS* (BAYLIS, 1927) (NEMATODA: COSMOCERCIDAE) IN ARGENTINA

Gabriel Natalio Castillo^{1,2*}, Cynthia Jesica González- Rivas³ & Juan Carlos Acosta^{2,4}

¹CIGEOBIO- CONICET (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas). Av. Ignacio de la Roza 590, San Juan, Argentina.

²Gabinete de investigación DIBIOVA (Diversidad y Biología de Vertebrados del Árido). Universidad Nacional de San Juan. Av. Ignacio de la Roza 590, 5402, San Juan, Argentina.

³Centro de Rehabilitación de Fauna Silvestre, Educación Ambiental y Recreación Responsable, San Juan, Argentina. Ruta Provincial N° 60 KM 14 5400 Rivadavia, San Juan, Argentina.

⁴Departamento de Biología, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de San Juan. Av. Ignacio de la Roza 590, 5402, San Juan, Argentina.

*Correspondence: liolaemusparvus@gmail.com

Received: 2023-05-08. Accepted: 2023-11-08. Published: 2023-12-11.

Editor: Ana Gatica Colima, México.

Abstract.— In Argentina, nine species of nematodes of the genus *Aplectana* are mentioned parasitizing reptiles and Anuran amphibians. We present the first record of *Aplectana hylambatis* parasitizing the amphibian *Rhinella spinulosa* in Quebrada Vallecito, Calingasta department, San Juan province, Argentina. In males, disposition of caudal papillae, presence of gubernaculum, articulated spicules, unpaired papilla in the anterior region of the cloaca and prodelphic females with prebulbar excretory pore with festooned edge of vulva and post-equatorial position allowed its identification as *A. hylambatis*. The following work contributes to the knowledge of amphibian parasitism, mentioning the first record for Argentina of *R. spinulosa* parasitism. Morphometric data and an updated list of parasitic nematodes in Amphibians for the province of San Juan, Argentina are presented.

Keywords.—Parasites, amphibians, Calingasta, San Juan.

Resumen.— En Argentina se mencionan nueve especies de nemátodos del género *Aplectana* parasitando a reptiles y anuros. Presentamos el primer registro de *Aplectana hylambatis* parasitando al anfibio *Rhinella spinulosa* en la Quebrada Vallecito, departamento de Calingasta, provincia de San Juan, Argentina. En machos, la disposición de papilas caudales, presencia de gubernáculo, espículas articuladas, papila no apareada en la región anterior a la cloaca y hembras prodelphicas con poro excretor prebulbar con el borde de la vulva festoneado y en posición pos-ecuatorial permitieron identificarlo como *A. hylambatis*. El siguiente trabajo contribuye al conocimiento del parasitismo en anfibios, mencionando el primer registro para Argentina en el parasitismo de *R. spinulosa*. Se presentan datos morfométricos y una lista del conocimiento de nemátodos parásitos en Anfibios para la provincia de San Juan, Argentina.

Palabras clave.— Parásitos, anfibios, Calingasta, San Juan.

Las especies de nemátodos del género *Aplectana* Railliet & Henry, 1916 son parásitos de anfibios y reptiles de diversas partes del mundo (Anderson et al., 2009). Presentan un ciclo de vida directo. Las hembras producen huevos, con cáscaras delgadas, dando lugar a larvas libres en el útero. Tanto huevos, como

larvas son expulsados al medio acuático a través de las heces del huésped, donde continúan hasta las fases larvarias 2 y 3. Una vez alcanzada la fase infectante, las larvas fase 3 infectan en el huésped definitivo. Estas son ingeridas vía oral, aunque también pudieran ser ingeridas desde la fase de renacuajo en anfibios y



Figura 1. Ejemplar de *Rhinella spinulosa*, provincia de San Juan, Argentina. / **Figure 1.** Specimen of *Rhinella spinulosa*, San Juan province, Argentina.

hasta desarrollar el estadio adulto (Chabaud & Brygoo, 1958; Anderson, 2000; Castillo et al., 2021).

Actualmente en la región Neotropical se encuentran mencionadas 26 especies del género (Bursey et al., 2011), habiendo para Argentina representadas 9 especies: *Aplectana tucumanensis* Ramallo, Bursey & Goldberg, 2008, *A. travassosi* Gomes & Motta, 1967, *A. hylambatis* Baylis, 1927, *A. tarija* Ramallo, Bursey & Goldberg, 2007, *A. adaechevarriae* Ramallo, Bursey & Goldberg, 2008, *A. delirae* Fabio, 1971, *A. fusiforme* Savazzini, 1928, *A. meridionalis* Lent & Teixeira de Freitas, 1948 y *A. nebulosa* Piñeiro-Gómez, González & Sanabria, 2017 (Castillo, 2022). Entre las distintas especies de *Aplectana*, en la provincia de San Juan, hasta el momento solo ha sido mencionado *A. hylambatis* parasitando a *R. arenarum* Hensel, 1867 (González et al., 2013a).

El sapo andino *R. spinulosa* (Wiegmann, 1834) (Figura 1) presenta amplia distribución, abarcando desde el sur de Perú hasta el sur de Argentina, ocupando sitios que van desde los 1500 hasta 5000 m s.n.m. (Quiroga et al., 2008; Vaira et al., 2012; Barrionuevo & Abdala, 2018). Existe poca información ecológica en *R. spinulosa*, sin embargo, algunos estudios mencionan que sus poblaciones son poco abundantes, que se alimentan de

insectos y que habitan en ambientes de humedales (Quiroga et al., 2008). El presente trabajo reporta el primer registro para Argentina de la interacción parásito- huésped del nemátodo *A. hylambatis* con el anfibio anuro *R. spinulosa*.

Un ejemplar de *R. spinulosa* fue capturado en la Quebrada Vallecito (31.216654° S, 69.681305° O; 3,000 m.s.n.m.), departamento de Calingasta, provincia de San Juan, Argentina, el 15 de noviembre del 2019. Esta zona se encuentra en la Cordillera de los Andes, en el límite oeste del Valle de Iglesia-Calingasta-Uspallata. El área de estudio abarca el piedemonte cordillerano y se encuentra entre 2500 y 3000 m s.n.m. (Suvires et al., 1999). Desde el punto de vista fitogeográfico corresponde a la provincia de Puna, zona dominada por matorral bajo y mediano de *Ephedra breana* Philippi 1895, *Lycium tenuispinosum* Hitchc 1932, cactáceas como *Maihueuopsis glomerata* Haw y *Lobivia formosa* (Pfeiff.), y gramíneas como *Stipa ichu* (Ruiz & Pav.) Kunth 1829 y *Aristida mendozaana* Philippi aisladas en estratos inferiores (Cabrera & Willink, 1973).

El ejemplar fue sacrificado con inyección intraperitoneal de solución de pentobarbital sódico (Euthanyle®), después fue fijado en solución Bouin durante 24 horas, etiquetado y conservado en



Figure 2. Female of *Aplectana hylambatis* found in *Rhinella spinulosa*. A, anterior and median view. B, posterior view, showing the eggs. C, front view. D, median view, showing the vulva. e. esophagus, b. bulb, OV. ovary, pe. excretory pore, an. Nerve ring, h. egg, v. vulva.

Figura 2. Hembra de *Aplectana hylambatis* encontrada en *Rhinella spinulosa*. A, vista anterior y media. B, vista posterior, se observan los huevos. C, vista anterior. D, vista media, se observa la vulva. e. esófago, b. bulbo, OV. ovario, pe. poro excretor, an. Anillo nervioso, h. huevo, v. vulva.

etanol al 70%. Posteriormente, se diseccionó para la remoción de endoparásitos a través de una incisión longitudinal ventral hocico-cloaca. Todos los órganos fueron extraídos y examinados utilizando un microscopio binocular estereoscópico Arcano Xsz 100. Los nemátodos encontrados en el estómago se conservaron en etanol al 70%. Para la observación e identificación de nemátodos se realizaron preparaciones semipermanentes

utilizando lactofenol. Para su identificación, seguimos a Piñeiro-Gómez et al. (2017). Los nemátodos estudiados se encuentran depositados en la colección parasitológica del Departamento de Biología de la Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales, Universidad Nacional de San Juan, Argentina (*A. hylambatis*: UNSJPar_288).

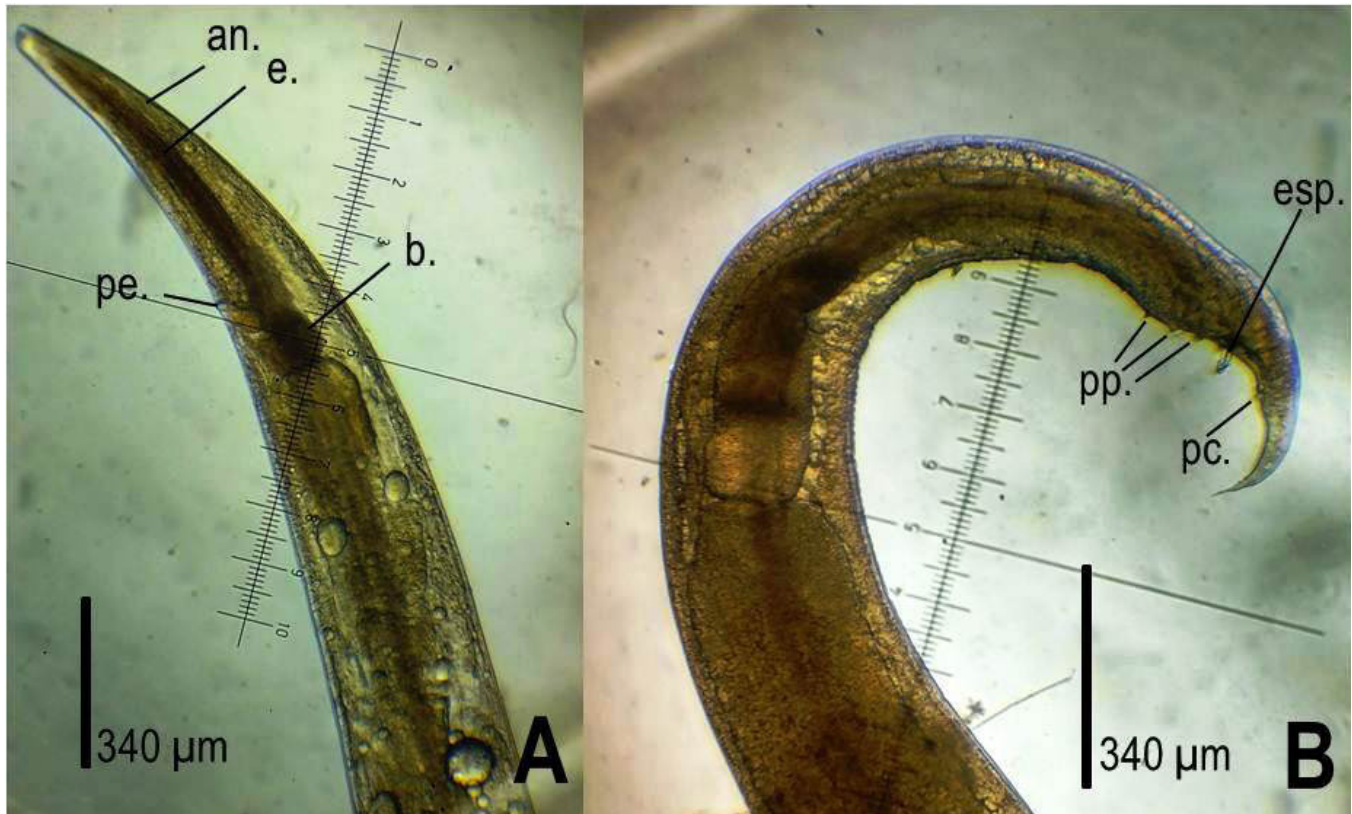


Figure 3. Male of *Aplectana hylambatis* recorded in *Rhinella spinulosa*. A, front view. B, posterior view. e. esophagus, b. bulb, p.e. excretory pore, an. nerve ring, esp. spicule, pp. precloacal papilla, pc. papila poscloacal.

Figure 3. Macho de *Aplectana hylambatis* registrado en *Rhinella spinulosa*. A, vista anterior. B, vista posterior. e. esófago, b. bulbo, pe. poro excretor, an. anillo nervios, esp. espícula, pp. papila precloacal, pc. papila poscloacal.

En el intestino grueso de *R. spinulosa* se aislaron cinco nemátodos adultos correspondientes a *A. hylambatis* (2 machos; 2 hembras grávidas y 1 no grávida).

Descripción

Familia Cosmocercidae Railliet, 1916 (Travassos, 1925)

Género *Aplectana* Railliet & Henry, 1916

Aplectana hylambatis (Baylis, 1927) Travassos, 1931 (Fig. 2 y 3)

General: Nemátodos de color blanco, pequeños y delgados. Exhiben dimorfismo sexual con hembras más grandes que machos. Presentan una boca triangular con tres labios, la dorsal contiene dos papilas cefálicas y las ventrales poseen una papila cada uno. Poro excretor evidenciado y prebulbar. En hembras el borde de la vulva festoneado y en posición pos-ecuatorial, prodélficas y machos con espículas articuladas.

Hembras (basados en 2 hembras grávidas) (μm): longitud máxima $4,997 \pm 4.2$ (4,994 - 5,000); ancho máximo 568 ± 2.1 (567 - 570); longitud del esófago (incluido el bulbo) 648 ± 16.2 (637 - 660); longitud del bulbo 138 ± 2.1 (137 - 140), ancho del bulbo 99 ± 1.4 (98 - 100); distancia al anillo nervioso 227 ± 3.5 (225 - 230) y poro excretor desde la extremidad anterior 547 ± 4.2 (544 - 550). Vulva pos-ecuatorial 3427 ± 31.8 (3405 - 3450). Longitud del huevo 126 ± 2.1 (125 - 128); ancho del huevo 63 ± 2.1 (62 - 65) (Fig. 2).

Machos (basados en 2 ejemplares adultos) (μm): longitud máxima $3,879 \pm 28$ (3,859 - 3,900); ancho máximo 347 ± 10.6 (340 - 355); longitud del esófago (incluido el bulbo) 742 ± 59.4 (700 - 784); longitud del bulbo 118 ± 2.1 (117 - 120); ancho del bulbo 118 ± 2.1 (117 - 120); distancia al anillo nervioso 226 ± 68 (178 - 275) y poro excretor desde la extremidad anterior 551 ± 1.4 (550 - 552). Longitud de espículas 401 ± 1.4 (400 - 402). Cuatro pares de papilas precloacales ventrales, cinco adcloacales y cinco poscloacales, con 1 papila impar en el borde anterior a la cloaca (4:5:5 + 1) (Fig. 3).

Table 1. Host amphibians from the San Juan province parasitized by nematodes.**Tabla 1.** Anfibios huéspedes de la provincia de San Juan parasitados por nematodos.

Familia	Huesped	Nemátodos	Referencias
Bufonidae	<i>Rhinella arenarum</i> Hensel, 1867)	<i>Aplectana hylambatis</i> Baylis, 1927	González et al., 2013a
	<i>Rhinella spinulosa</i> (Wiegmann, 1834)	<i>Aplectana hylambatis</i> Baylis, 1928	Actual estudio
Leptodactylidae	<i>Leptodactylus luctator</i> (= <i>L. latrans</i>) Hudson, 1892	<i>Falcaustra sanjuanensis</i> González, Sanabria and Quiroga, 2013	Ramallo et al., 2016
	<i>Pleurodema nebulosum</i> (Burmeister, 1861)	<i>Aplectana nebulosa</i> Piñeiro- Gómez, Piñeiro- Gómez et al., 2017; Castillo, González and Sanabria, 2017	2022
Odontophrynidae	<i>Odontophrynus occidentalis</i> Cei, Ruiz and Beçak, 1982	<i>Falcaustra sanjuanensis</i>	González et al., 2013b
Ranidae	<i>Lithobates catesbeianus</i> Shaw, 1802	<i>Contraecaecum</i> sp.	González et al., 2014

En Argentina las diferentes especies de *Aplectana* parasitan especies de reptiles y anfibios de las familias Amphisbaenidae, Colubridae, Bufonidae, Ceratophryidae, Hylidae, Leptodactylidae y Odontophrynidae (Ramallo et al., 2008a, b; González & Hamann, 2015; Draghi, 2016; González et al., 2019). Dentro de la familia Bufonidae, se han reportado como endoparásitos de *Rhinella achalensis* (Cei, 1972), *R. arenarum* (Hensel, 1867), *R. diptycha* (Cope, 1862) y *R. major* (Müller and Hellmich, 1936) (Baker, 1980; González & Hamann, 2015; Ramallo et al., 2007; Ramallo et al., 2008b; González & Hamann, 2006).

El primer registro documentado en el parasitismo de *R. spinulosa* fue realizado en Perú por Chero et al. (2016) registrándose una comunidad de helmintos conformada por siete especies de metazoos parásitos: un digeneo *Gorgoderina chilensis* Travassos, 1922, un cestodo *Cylindrotaenia aff. americana* Jewell, 1916, cuatro nemátodos *A. hylambatis* Baylis, 1927; *A. vellardi* Travassos, 1926; *Hedruris moniezi* Ibáñez & Córdova, 1976 y *Rhabdias aff. pseudosphaerocephala* Kuzmin, Tkach & Brooks, 2007 y un acantocéfalo *Pseudoacanthocephalus lutzi* (Hamann, 1891) (Chero et al., 2016). Nuestro registro corresponde a la segunda mención en el parasitismo de *R. spinulosa* dentro de su rango de distribución desde Perú hasta Argentina.

Hasta el momento, solo ha sido reportado el endoparasitismo en cinco especies de anfibios Anuros (ver Tabla 1), de un total de 14 especies en la provincia de San Juan, Argentina (Castillo, 2022). Por lo que esta sería la sexta especie de anfibio con alguna mención parasitaria para esta provincia de Argentina.

Agradecimientos.– Agradecemos a la sub-secretaria de Medio Ambiente por los permisos otorgados. Agradecemos a los revisores por sus comentarios que ayudaron a mejorar el manuscrito.

LITERATURA CITADA

- Anderson, R.C., A.G. Chabaud & S. Willmott. 2009. Keys to the Nematode Parasites of Vertebrates. USA: CAB International, Cambridge.
- Anderson, R.M. 2000. Nematode Parasites of Vertebrates: Their Development and Transmission, 2nd Edition. New York, USA, CABI Publishing.
- Baker, M.R. 1980. Revision of Old World species of the genus *Aplectana* Railliet & Henry, 1916 (Nematoda, Cosmoceridae). Bulletin du Muséum National d'Histoire Naturelle 2:955-998.
- Barriónuevo, J.S. & C.S. Abdala. 2018. Herpetofauna de la Puna argentina: una síntesis. Serie Conservación de la Naturaleza: La Puna Argentina: Naturaleza y Cultura 24:209-228.
- Burse, C.R., S.R. Goldberg & F. Kraus. 2011. New Species of *Aplectana* (Nematoda: Cosmoceridae) in *Sphenomorphus pratti* from Papua New Guinea. Journal of Parasitology 97:654-660.
- Cabrera, A.L. & A. Willink. 1973. Biogeografía de América Latina. Monografía 13. Serie de Biología. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Washington DC. USA.

- Castillo, G.N. 2022. Comunidad parasitaria y análisis de asimetría fluctuante; dos herramientas para evaluar estrés ambiental en la fauna herpetológica de ambientes con distintos grados de perturbación en el centro- oeste de Argentina. Tesis Doctoral en Ciencias Biológicas, Departamento de Biología, Universidad Nacional de San Juan, Argentina.
- Castillo, G.N., C.J. González-Rivas & J.C. Acosta. 2021. El rol del sexo en la estructura de la población de nematodos en una especie de anfibio del Monte de Argentina. *Iheringia. Série Zoología* 111:1-9.
- Chabaud, A.G. & E.R. Brygoo. 1958. Cycle évolutif dun nématode cosmocercide, parasite de grenouilles malgaches. *Comptes Rendus de l'Academie des Sciences* 246:1771-1773.
- Chero, J., C. Cruces, J. Iannaccone, G. Sáez, L. Alvaríño, J. Luque & V. Morales. 2016. Comunidad de helmintos parásitos del sapo espinoso *Rhinella spinulosa* (Wiegmann, 1834) (Anura: Bufonidae) de Perú. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú* 27:114-129.
- Draghi, R. 2016. Diversidad de la Helmintofauna de Anuros de la Región Pampeana: un Estudio Comparativo en Ambientes Antagónicos. Tesis Doctoral en Ciencias Biológicas, Universidad Nacional de La Plata.
- González, C.E. & M.I. Hamann. 2006. Nematodos parásitos de *Chaunus granulatus major* (Müller & Hellmich, 1936) (Anura: Bufonidae) en Corrientes, Argentina. *Cuadernos de Herpetología* 20:43-49.
- González, C.E., V.I. Gómez & M.I. Hamann. 2019. Morphological variation of *Aplectana hylambatis* (Nematoda: Cosmocercidae) from different anuran hosts and localities in Argentina. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 91:1-28.
- González, C.E. & I.M. Hamann. 2015. Checklist of nematode parasites of amphibians from Argentina. *Zootaxa* 3980:451-476.
- González, C.E., L.B. Quiroga, D. Moreno & Sanabria, E.A. 2013a. Primer registro de *Aplectana hylambatis* (Nematoda, Cosmocercidae) para anfibios de la provincia de San Juan. *Cuadernos de Herpetología* 27:155-159.
- González, C.E., E.A. Sanabria & L.B. Quiroga. 2013b. *Falcaustra sanjuanensis* sp. nov. (Nematoda: Kathlaniidae) from *Odontophrynus* cf. *barroio* (Anura: Cycloramphidae) from Argentina. *Acta Parasitológica* 58:119-125.
- González, C.E., L.B. Quiroga & E.A. Sanabria. 2014. First survey of nematode parasites in introduced American bullfrogs (*Lithobates catesbeianus*) in Argentina. *Comparative Parasitology* 81:284-288.
- Piñeiro-Gómez, M.D., C.E. González & E.A. Sanabria. 2017. A new species of *Aplectana* (Nematoda: Cosmocercidae) parasite of *Pleurodema nebulosum* (Anura: Leptodactylidae) from the Monte desert, Argentina, with a key to Neotropical species of the genus *Aplectana* 4247:121-130.
- Quiroga, L., E. Sanabria, J. Acosta & G. Blanco. 2008. Guía de Sapos y Ranas del Departamento de Calingasta, San Juan. Editorial Zeta, Mendoza, Argentina.
- Ramallo, G., C.R. Bursey & S.R. Goldberg. 2007. Two new species of cosmocercids (Ascaridida) in the toad *Chaunus arenarum* (Anura: Bufonidae) from Argentina. *Journal of Parasitology* 93:910-916.
- Ramallo, G., C. Bursey, S. Goldberg, G.N. Castillo & J.C. Acosta. 2016. *Leptodactylus latrans*. Endoparasites. *Natural History Notes. Herpetological review* 47:279-280.
- Ramallo, G., C.R. Bursey & S.R. Goldberg. 2008a. A new species of Cosmocercidae (Ascaridida) in the worm lizard, *Amphisbaena bolivica* (Squamata: Amphisbaenidae), from Argentina. *Journal of Parasitology* 94:1361-1364.
- Ramallo, G., C.R. Bursey & S.R. Goldberg. 2008b. New species of *Aplectana* (Ascaridida: Cosmocercidae) in the toads, *Rhinella granulosa* and *Rhinella schneideri* (Anura: Bufonidae) from Northern Argentina. *Journal of Parasitology* 94:1357-1360.
- Suvires, G., B. Pereyra, J. Zambrano & M. Oviedo. 1999. Rasgos geomorfológicos regionales de la provincia de San Juan. CD. Síntesis del Cuaternario de la Provincia de San Juan. San Juan, Argentina: INGEO, UNSJ.
- Vaira, M., M. Akmentins, M. Attademo, D. Baldo, D.A. Barrasso, S. Barrionuevo, B. Basso, S. Cairo, R.N. Cajade, J.A. Cespedez, V. Corbalán, P. Chilote, M. Duré, C. Falcione, D. Ferraro, F.R. Gutierrez, M.R. 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.



BACK FROM THE BEYOND: DEFENSIVE BEHAVIOR OF THE BOGOTA ANADIA

ANADIA BOGOTENSIS (SQUAMATA: GYMNOPTHALMIDAE)

REGRESANDO DEL MÁS ALLÁ: CONDUCTA DEFENSIVA DE LA ANADIA DE BOGOTÁ *ANADIA BOGOTENSIS* (SQUAMATA: GYMNOPTHALMIDAE)

Alexandra Montoya-Cruz^{1,2*} & Ronald A. Díaz-Flórez³

¹Grupo de investigación Morfología y ecología evolutiva. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.

²Laboratory of Adaptations to Extreme Environments and Global Change Biology. Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Biología. Bogotá, Colombia.

³Semillero de Anfibios y Reptiles de la Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.

*Correspondence: amontoyacr@unal.edu.co

Received: 2023-09-24. Accepted: 2023-12-04. Published: 2023-12-11.

Editor: Jorge Eufrales Morales Mávil, México.

Resumen.— Los lagartos presentan diferentes comportamientos defensivos, donde podemos encontrar el comportamiento de simulación de muerte. Aquí presentamos el primer registro del comportamiento de simulación de muerte en *Anadia bogotensis*, una lagartija endémica de Colombia.

Palabras clave.— Lagartos, tanatosis, Colombia, endémica.

Abstract.— Lizards exhibit various defensive behaviors, including death-feigning behavior. Here, we present the first record of death-feigning behavior in *Anadia bogotensis*, an endemic lizard species of Colombia.

Keywords.— Lizards, death-feigning, Colombia, endemic.

Lizards exhibit a variety of defensive behaviors, ranging from passive to active strategies (Miranda et al., 2022). These defensive behaviors include tail autotomy, cloacal fluid expulsion, display of warning colors, tail movements, and notably, death-feigning behavior, known as thanatosis. In thanatosis, individuals simulate being dead by entering a state of immobility (Santos et al., 2010). During this behavior, individuals may become limp, occasionally protrude their tongue, have their eye pupils directed towards the eye's edge, and their body may partially or completely invert (Gehlbach, 1970; Kreiner, 2007; Toledo et al., 2011; Fernández-Guiberteau & Carrero, 2016).

This behavior has been observed in various lizard families, including Agamidae (Sengupta et al., 2020), Crotaphytidae (Gluesing, 1983), Dibamidae (Torres-Cervantes et al., 2004), Lacertidae (Dappen, 2010; Fernández-Guiberteau & Carrero, 2016), Liolaemidae (Rocha 1993; Santos et al., 2010), Scincidae (Langkilde et al., 2003; Patel et al., 2016), Sphaerodactylidae, and Tropiduridae (Galdino & Pereira, 2002; Gomes et al., 2004;

Koslodorf et al., 2004; Bertoluci et al., 2006; Vaz et al., 2012; Costa-Campos & Anaissi, 2020; Maia-Carneiro et al., 2021).

Anadia bogotensis (Peters, 1862) is a diurnal lizard with semifossorial habits, often found under vegetation, leaf litter, and rocks (Jérez & Calderón-Espinosa, 2014). It is an endemic species of Colombia, distributed in the departments of Cundinamarca, Boyacá, and Santander (Clavijo & Fajardo, 1981; Hernández-Camacho et al., 1992).

Here, we report the first instances of defensive death-feigning behavior in *A. bogotensis*. The initial observation occurred on May 29, 2022, at 14:31 h in the Chingaza National Natural Park, municipality of Fómeque, department of Cundinamarca, Colombia (4.55215° N, 73.797590° W, WGS84, 3410 m a.s.l.). An individual of *A. bogotensis* was found within the necromass of the plant *Espeletia grandiflora* (frailejon). During the process of capturing it for temperature and length measurements, the individual suddenly flipped onto its back and remained

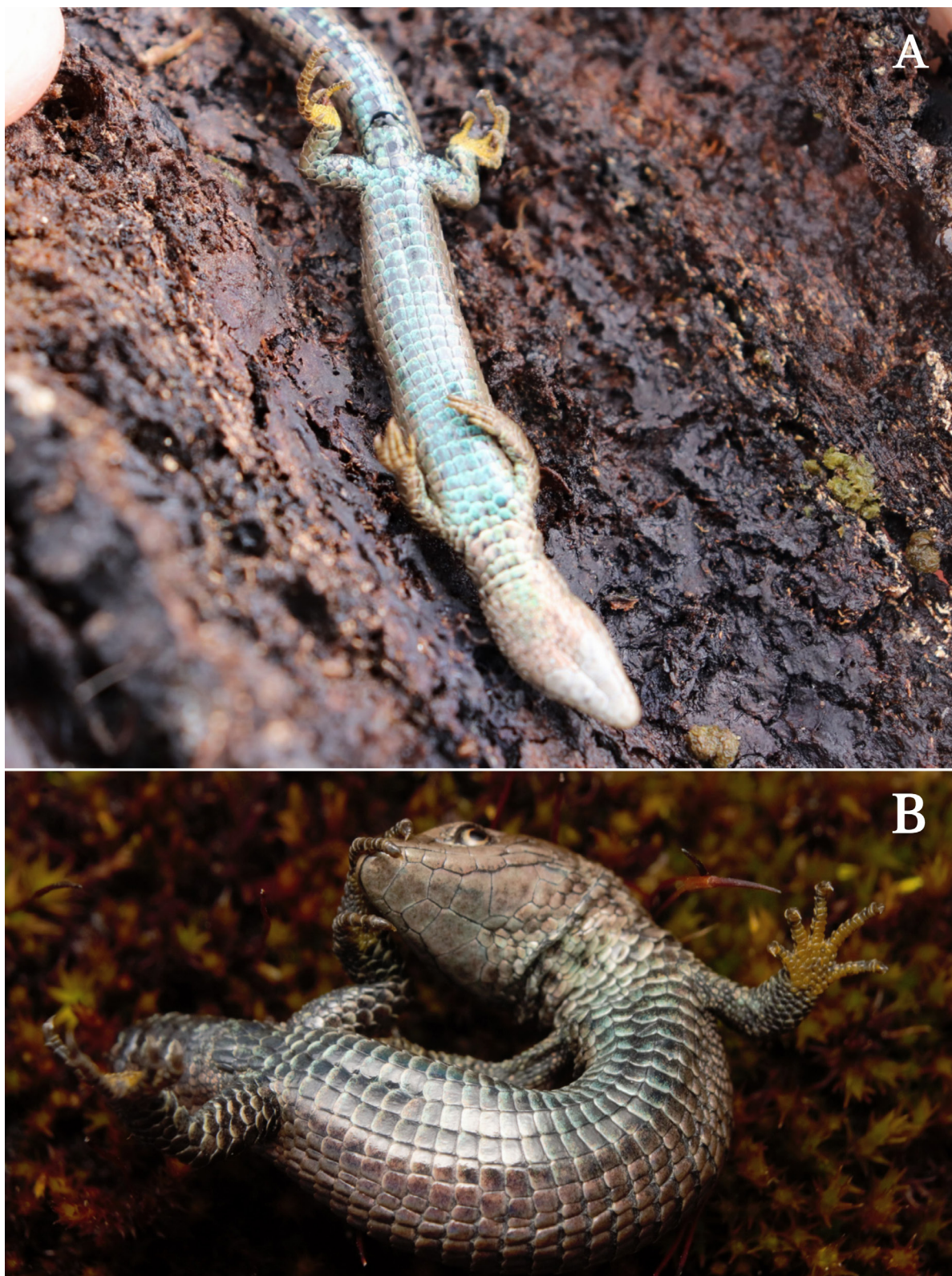


Figura 1. Individuos de *Anadia bogotensis* (A y B) mostrando comportamiento defensivo. / **Figure 1.** Individuals of *Anadia bogotensis* (A and B) showing defensive behavior.

motionless (Fig. 1A). After being placed back on the ground, it resumed movement and escaped within a few seconds.

A second event was documented on July 20, 2023, at 14:07 h, at the same location. An individual of *A. bogotensis* was found too beneath the necromass of a frailejon. Upon capturing it for longitudinal and body temperature measurements, this specimen, like the previous one, initiated erratic movements in an attempt to free itself, accompanied by cloacal secretions. Unable to escape, the individual eventually rolled onto its back and remained motionless (Fig. 1B). This behavior persisted for approximately 15 seconds, after which the lizard rolled over and escaped.

The defensive death-feigning behavior in ectotherms may be associated with the temperature of the environment, where at low temperatures, the frequency of this behavior is usually higher, since individuals may not be able to perform other defensive strategies such as escape (Miyatake et al., 2008). Considering that *A. bogotensis* is a high mountain species that is exposed to large temperature variations that can condition its performance, the use of behaviors such as the death-feigning could be a defensive alternative to escape, under unfavorable environmental temperature conditions.

Death-feigning behavior has been previously reported in lizards of the Gymnophthalmidae family, including *Alopoglossus angulatus*, *Neusticurus bicarinatus*, *Cercosaura* aff. *argulus*, *Arthrosaura reticulata*, and *Arthrosaura kockii* (Costa-Campos & Anaissi), *Micrablepharus atticolus* (Mesquita et al., 2018), *Placosoma gabellum* (Muscat et al., 2016), *Iphisa elegans* (Machado-Filho et al., 2018), and *Cercosaura schreibersii* (Tedesco et al., 2013), however, this is the first report of thanatosis in the *Anadia* genus and one of the few records of lizards displaying this behavior in Colombia (Rojas-Suárez et al., 2023).

Acknowledgements.– We thank the Chingaza National Natural Park for the permission to enter and the endorsement for the development of research projects.

CITED LITERATURE

- Bertoluci, J., J. Cassimiro & M.T. Rodrigues. 2006. Tropiciduridae (Tropicidurid lizards). Death feigning. *Herpetological Review* 37:472-473.
- Clavijo, J.J. & A.P. Fajardo. 1981. Contribución al Conocimiento de la Biología de *Anadia bogotensis* (Peters) (Sauria, Teiidae). Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 132p.
- Costa-Campos, C. & J.S.C. Anaissi. 2020. Death-feigning as defensive behaviour of eight lizard species of the Amazon rainforest. *The Herpetological Bulletin* 152:26-27.
- Dappen, N. 2010. *Podarcis pityusensis* (Ibiza Wall Lizard). Death feigning behavior. *Herpetological Review* 41:356-358.
- Galdino, C.A.B. & E.G. Pereira. 2002. *Tropidurus nanuzae* (NCN). Death feigning. *Herpetological Review* 33:54.
- Gehlbach, R.F. 1970. Death-feigning and erratic behavior in Leptotyphlopidae, Colubrid and Elapid snakes. *Herpetology* 26:24-34.
- Gluesing, E.A. 1983. Collared lizard predation: the effects of conspicuous morphology and movement. *Copeia* 1983:835-837.
- Gomes, F.R., T. Kohlsdorf & C.A. Navas. 2004. Thanatosis in *Eurolophosaurus divaricatus*: temperature and habituation effects. *Amphibia-Reptilia* 25:321-325.
- Fernández-Guiberteau, D. & F. Carrero. 2016. Thanatosis en lagartija roquera (*Podarcis muralis*), lagartija occidental ibérica (*Psammodromus occidentalis*) y culebra viperina (*Natrix maura*). *Butlletí de la Societat Catalana d'Herpetologia* 23:93-96.
- Hernández-Camacho, J., A. Hurtado-Guerra, R. Ortiz-Quijano & T.H. Walschburger. 1992. Centros de endemismo en Colombia. En Halfter, G. (Ed.). *La Diversidad Biológica de Iberoamérica I Acta Zoológica Mexicana, nueva serie Instituto de Ecología, AC, Xalapa, México*
- Jérez, A. & M. Calderón-Espinosa. 2014. *Anadia bogotensis* (Peters, 1862). Catálogo de anfibios y reptiles de Colombia 2:30-35.
- Kosldorf, T., M.T. Rodrigues & C.A. Navas. 2004. *Eurolophosaurus divaricatus* (NCN). Death feigning. *Herpetological Review* 35:390.
- Kreiner, G. 2007. *The Snakes of Europe. All Species From West of the Caucasus Mountains*. Edition Chimaira. Frankfurt am Main, Germany.
- Langkilde, T., L. Schwarzkopf & R. Alford. 2003. An ethogram for adult male rainbow skinks, *Carlia jarnoldae*. *Herpetological Journal* 13:141-148

- Maira-Carneiro, T., S. Langie-Santos & C.A. Navas, 2021. Defensive behaviors and microhabitat use of *Tropidurus catalanensis* (Squamata, Tropiduridae): body sizes and habitat openness / vegetation cover affect prediction of risk and flight distances. *North-Western Journal of Zoology* 17:204-211.
- Mesquita, G., D. Ferraz, W. Pereira, I. Farina & W. Vaz-Silva. 2018. Death-feigning as defensive behaviour in blue-tailed microteiid lizard *Micrablepharus atticolus* Rodrigues, 1996. *Herpetology Notes* 11:1065-1067.
- Miranda, R., J., Klaczko, J. Tonini & R. Albuquerque. 2022. Escaping from predators: a review of Neotropical lizards defence traits. *Ethology, Ecology & Evolution* 35:377-407.
- Miyatake, T., K. Okada & T. Harano. 2008. Negative relationship between ambient temperature and death-feigning intensity in adult *Callosobruchus maculatus* and *Callosobruchus chinensis*. *Physiological Entomology* 33:83-88.
- Patel, H., V. Naik & S.K. Tank. 2016. Death-feigning behavior in two species of *Lygosoma* (Squamata: Scincidae) from India. *Phyllomedusa* 15:191-194.
- Rocha, C.F.D. 1993. The set of defense mechanisms in a tropical sand lizard (*Liolaemus lutzae*) of southeastern Brazil. *Ciência e Cultura* 45:116-122.
- Rojas-Suárez, A.J., S. Estrada, A.C. Montes-Correa & J.D. Jiménez-Bolaño. 2023. Death-feigning in the Red-bellied Ground Lizard, *Stenocercus erythrogaster* (Hallowell 1856) (Squamata: Tropiduridae), in Colombia. *Reptiles & Amphibians* 30:e20083.
- Santos, M.B., M.C.L.M. Oliveira, L. Verrastro & A.M. Tozetti. 2010. Playing dead to stay alive: thanatosis in *Liolaemus occipitalis* (Squamata: Liolaemidae). *Biota Neotropica* 10:361-364.
- Sengupta, D., P. Deb & P. Auddy. 2020. Thanatosis in a Green Forest lizards, *Calotes calotes* (Linnaeus 1758). *Reptiles & Amphibians* 27:306-307.
- Toledo, L.F., I. Sazima & C.F.B. Haddad. 2011. Behavioural defences of anurans: an overview. *Ethology, Ecology and Evolution* 23:1-25.
- Torres-Cervantes, R.J., X. Hernández-Ibarra & A. Ramírez-Butista. 2004. *Anelytropsis papillosus* (Mexican Blind Lizard). Death feigning and autotomy. *Herpetological Review* 35:384
- Vaz, J., T. Elisei & B. Maria de Sousa, 2012. Anti-predator behaviour in the Brazilian lizard *Tropidurus itambere* (Tropiduridae) on a rocky outcrop. *Herpetological Bulletin* 120:22-28.



PRIMER REGISTRO DE POLIDACTILIA EN *ISTHMURA BELLII* (PLETHODONTIDAE) FIRST RECORD OF POLYDACTYLY IN *ISTHMURA BELLII* (PLETHODONTIDAE)

Cristhian Alejandro Peralta-Robles¹, Mauricio Tepos-Ramírez², Oscar Ricardo García-Rubio³, Alison Khadije Salinas-Olgún³, Ricardo Cervantes-Jiménez¹ & Fátima Soledad Garduño-Fonseca^{3*}

¹Coordinación de Gestión para la Sustentabilidad, Universidad Autónoma de Querétaro, Santiago de Querétaro, Querétaro, México.

²Departamento de Zoología/Pabellón de la Biodiversidad, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. Circuito Centro Cultural, Zona Cultural, Ciudad Universitaria, Coyoacán, CDMX, México.

³Laboratorio de Biogeografía e Integridad Biótica, Universidad Autónoma de Querétaro, Campus Aeropuerto, Santiago de Querétaro, Querétaro, México.

*Correspondencia: fgardunosoledad@gmail.com

Received: 2023-09-22. Accepted: 2023-12-05. Published: 2023-12-24.

Editor: Ricardo Montero, Argentina.

Abstract.— We report a case of polydactyly (presence of additional fingers on a limb) in a wild specimen of *Isthmura bellii* observed in La Pingüica, Pinal de Amoles, Querétaro.

Keywords.— Amphibians, limb, morphological anomaly, Sierra Gorda Biosphere Reserve, Sierra Madre Oriental.

Resumen.— Reportamos un caso de polidactilia (presencia de dedos adicionales en una extremidad) en un ejemplar silvestre de *Isthmura bellii* observado en La Pingüica, Pinal de Amoles, Querétaro.

Palabras clave.— Anfibios, anomalía morfológica, extremidad, Reserva de la Biosfera de Sierra Gorda, Sierra Madre Oriental.

Una anomalía morfológica se define como una morfología que se presenta fuera de los límites del rango de variación normal de un individuo (Johnson et al., 2001; Venerozo-Tlazalo et al., 2022; Reyes-Servín & Díaz-García, 2023). Las anomalías morfológicas en anfibios pueden ser causadas principalmente por los siguientes factores; predisposiciones genéticas y mutaciones (Aguillón-Gutiérrez, 2018; Correia et al., 2018), regeneración anómala después de una lesión o trauma (Thompson et al., 2014), exposición a la radiación UV (Blaustein & Johnson, 2003), estrés térmico (Elsdale et al., 1976), altas concentraciones de metales pesados en el hábitat (Rowe et al., 1996; Huang et al., 2014), enfermedades y agentes infecciosos (Sessions et al., 1999; Johnson et al., 2002), y contaminación del hábitat por pesticidas agrícolas (Sparling et al., 2015; Boccioni et al., 2021), siendo este último factor, uno de los más importantes para el desarrollo de anomalías morfológicas (Lunde & Johnson, 2012; Jorgewich-Cohen et al., 2019).

Es importante reconocer que los anfibios son especialmente susceptibles a varios de los factores anteriores debido a su piel permeable y muy vascularizada que permite el intercambio

de gases, de igual manera la dependencia de humedad en su hábitat, la cual es fundamental para su desarrollo (Parra-Olea et al., 2014). Este último aspecto es esencial en plethodontidos pues es en la piel donde se lleva a cabo gran parte de su respiración debido a que no tienen pulmones (Bryson et al., 2018).

En México existen varios registros recientes de anomalías morfológicas en anfibios, las más frecuentes son las siguientes: ectromelia (siete especies), ectrodactilia (cuatro especies), braquidactilia (cuatro especies), anoftalmia (tres especies), polimelia (dos especies), polidactilia (dos especies), micromelia (dos especies) e hipoplasia mandibular (dos especies), mientras que otras anomalías menos frecuentes son; escoliosis, sindactilia, microftalmia, polifalangia, hiperlordosis, plimelia, braquimelia, hemimelia y braquignatia, con solo una especie registrada para cada una (Venerozo-Tlazalo et al., 2022; Rangel-Torres et al., 2023; Reyes-Servín & Díaz-García, 2023, Olvera-Mendoza et al., 2023). Las anomalías morfológicas pueden encontrarse con una frecuencia variable en las poblaciones silvestres de anfibios, se considera que una población sana llega a tener hasta el 5% de los individuos que la componen con alguna anomalía morfológica

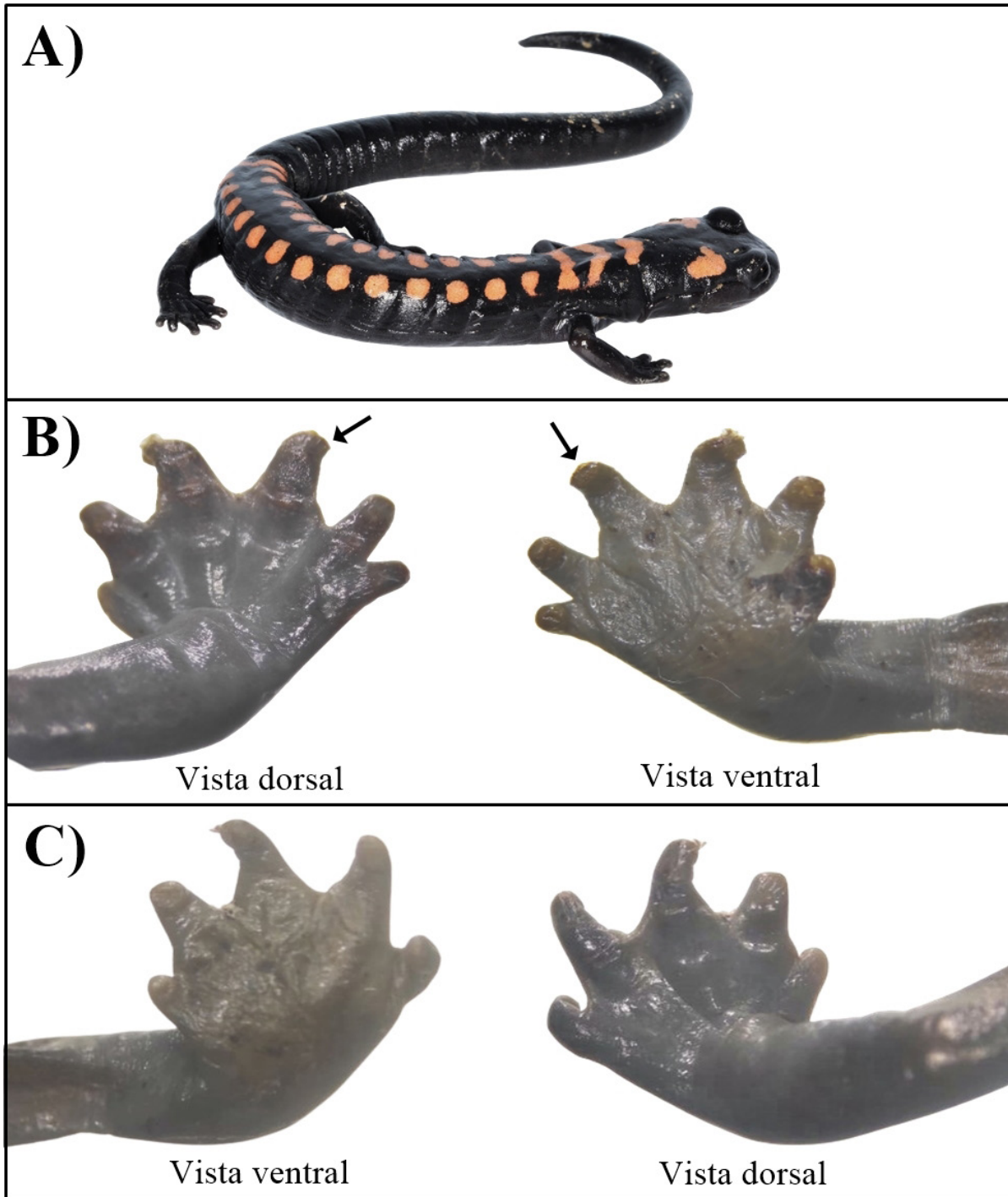


Figure 1. A) Wild specimen of *I. bellii* found in La Pingüica (photograph catalog number: CNAR-RF 957). B) Dorsal and ventral view of the right hind limb of *I. bellii*, where six fingers are observed, the extra finger is marked with a black arrow. C) Dorsal and ventral view of the left hind limb of *I. bellii*, which has the normal number of fingers (five). Photo: Oscar Ricardo García-Rubio.

Figura 1. A) Ejemplar silvestre de *I. bellii* encontrado en La Pingüica (número de catálogo de la fotografía: CNAR-RF 957). B) Vista dorsal y ventral de la extremidad posterior derecha de *I. bellii*, en donde se observan seis dedos, el dedo extra se encuentra señalizado con una flecha negra. C) Vista dorsal y ventral de la extremidad posterior izquierda de *I. bellii*, la cual cuenta con el número normal de dedos (cinco). Foto: Oscar Ricardo García-Rubio.

(Blaustein & Johnson, 2003), por lo tanto, es de suma importancia monitorear las poblaciones silvestres de anfibios mexicanos y reportar la ocurrencia de anomalías morfológicas, lo cual puede permitir identificar los factores que las ocasionan y en caso de que sean provocadas por el ser humano, promover acciones de conservación, sobre todo para especies que se encuentren en alguna categoría de riesgo. En Querétaro, se han reportado para la localidad de Alameda del Rincón en Amealco, dos ejemplares de *Ambystoma velasci* con braquidactilia y/o ectrodactilia, y uno más con polidactilia (Cruz-Pérez et al., 2009).

Isthmura bellii es una salamandra perteneciente a la familia Plethodontidae, se distribuye ampliamente en varias regiones de México, incluyendo el Eje Volcánico Transversal, el Altiplano Central, la porción oeste de la Sierra Madre del Sur y la porción sur de la Sierra Madre Oriental (Bryson et al., 2018). Su rango altitudinal va de los 730 a 3,444 m s.n.m. (Ponce-Rosales et al., 2022).

Un ejemplar hembra adulta de *I. bellii* (Longitud Hocico Cloaca (LHC): 73 mm, Longitud Total: 152 mm) fue encontrada el día 29 de agosto de 2021 a las 17:29 h, durante un muestreo en el cerro La Pingüica, municipio de Pinal de Amoles, Querétaro (21.1260° N, 099.6739° W, WGS84) a una elevación de 2,671 m s.n.m. El ejemplar se encontraba debajo de una roca en forma de laja, en un bosque de pino (*Pinus spp.*). Se fotografió al ejemplar *in situ* y posteriormente fue trasladado al Laboratorio de Biogeografía e Integridad Biótica de la Universidad Autónoma de Querétaro. Durante las mediciones morfométricas correspondientes, nos percatamos que, en la extremidad posterior derecha, el ejemplar contaba con seis dedos bien diferenciados (Fig. 1).

Este hallazgo representa el primer caso reportado de polidactilia en *I. bellii*. En La Pingüica, se tiene registro de otras especies de caudados (e.g., *Aquileurycea cephalica* y *Ambystoma velasci*), pero no se ha observado ningún ejemplar con alguna anomalía morfológica. De igual manera, dos ejemplares más de *I. bellii* del mismo sitio de colecta fueron revisados y no se encontraron anomalías morfológicas.

El cerro La Pingüica cuenta con poca afluencia de personas (y por ende de disturbio antropogénico) debido a que solamente existe un camino que conecta a las comunidades del norte del municipio de Pinal de Amoles, no hay zonas agrícolas cerca del punto muestreado, además de que la vegetación predominante se encuentra relativamente bien conservada, por lo que no es posible determinar exactamente un origen causal de la anomalía morfológica aquí reportada.

Agradecimientos.– Agradecemos el apoyo financiero brindado por el FONDEC UAQ-2021. Permiso de colecta emitido por SEMARNAT (SGPA/DGVS/00027/22) otorgado a Oscar Ricardo García-Rubio.

CITED LITERATURE

- Aguillón-Gutiérrez, D.R. 2018. Anomalías macroscópicas en larvas de anfibios anuros. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 1:8-21.
- Alberch, P. 1983. Morphological variation in the neotropical salamander genus *Bolitoglossa*. *Evolution* 37:906-919.
- Bryson Jr, R.W., E. Zarza, J.A. Grummer, G. Parra-Olea, O. Flores-Villela, J. Klicka & J.E. McCormack. 2018. Phylogenomic insights into the diversification of salamanders in the *Isthmura bellii* group across the Mexican highlands. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 125:78-84.
- Blaustein, A.R. & P.T.J. Johnson. 2003. The complexity of deformed amphibians. *Frontiers in Ecology and Environment* 1:87-94.
- Boccioni, A.P.C., R.C. Lajmanovich, P.M. Peltzer, A.M. Attademo & C.S. Martinuzzi. 2021. Toxicity assessment at different experimental scenarios with glyphosate, chlorpyrifos and antibiotics in *Rhinella arenarum* (Anura: Bufonidae) tadpoles. *Chemosphere* 273:128475.
- Correia, L.L., J.P.F.A. de Almeida, B.S. Lisboa & F.A. Nascimento. 2018. Brachydactyly in the toad *Rhinella granulosa* (Bufonidae) from the Caatinga of Brazil: a rare case with all limbs affected. *Herpetology Notes* 11:445-448.
- Cruz-Pérez, M.S., J.A. Rangel-Hernández, O. Roldan-Padrón, G.A. Soto-Alonso, U. Padilla-García & U.O. García-Vázquez. 2009. Presencia de malformaciones en *Ambystoma velasci* en Alameda del Rincón, Querétaro, México. *Boletín de la Sociedad Herpetológica Mexicana* 17:92-96.
- Elsdale, T., M. Pearson & M. Whitehead. 1976. Abnormalities in somite segmentation following heat shock to *Xenopus* embryos. *Journal of Embryology and Experimental Morphology* 35:625-635.
- Huang, M.Y., R.Y. Duan & X. Ji. 2014. Chronic effects of environmentally-relevant concentrations of lead in *Pelophylax nigromaculata* tadpoles: threshold dose and adverse effects. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 104:310-316.

- Johnson, P.T.J., K.B. Lunde, E.G. Ritchie, J.L. Reaser & A.E. Launer. 2001. Morphological abnormality patterns in a California amphibian community. *Herpetologica* 57:336-352.
- Johnson, P.T.J., K.B. Lunde, M. Thurman, E.G. Ritchie, S.N. Wray, D.R. Sutherland, J.M. Kapfer, T.J. Frest, J. Bowerman & A.R. Blaustein. 2002. Parasite (*Ribeiroia ondatrae*) infection linked to amphibian malformations in the western United States. *Ecological Monographs* 72:151-168.
- Jorgewich-Cohen, G., I. R. Cavalcanti & A. Kanasiro. 2019. Abnormalities in hylid frogs: a case study of schizodactyly in the striped snouted treefrog, *Scinax squaleirostris* (Lutz, 1925) (Amphibia: Anura: Hylidae). *Herpetology Notes* 20-23.
- Lunde, K.B. & P.T. Johnson. 2012. A practical guide for the study of malformed amphibians and their causes. *Journal of Herpetology* 46:429-442.
- Olvera-Mendoza, A. I., E. Hernández-Jiménez, C.A. Díaz-Marín, & A. Ramírez-Bautista. 2023. Primer registro de ectromelia en *Dryophytes eximius* (Anura: Hylidae) del centro de México. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 6:176-179.
- Parra-Olea, G., O. Flores-Villela & C. Mendoza-Almeralla. 2014. Biodiversidad de anfibios en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85:460-466.
- Ponce-Rosales, L., O. Hernández-Gallegos, O. Rangel-Torres & J. Jaso-Martínez. 2022. Límite de elevación de la salamandra *Isthmura bellii* (Grey, 1850) en México. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 5:36-38.
- Rangel-Torres, O., A.H. Coronel-Jiménez & L.F. Nieto-Toscano. 2023. *Incilius marmoreus* (Marbled Toad) Ectrodactyly. *Herpetological Review* 54:268.
- Reyes-Servín F.M. & J.M. Díaz-García. 2023. Primer caso de ectromelia en la rana termitera *Hypopachus variolosus* observado en el puerto de Veracruz, México. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 6:118-120.
- Rowe, C.L., O.M. Kinney, A.O. Fiori & J.D. Congdon. 1996. Oral deformities in tadpoles (*Rana catesbeiana*) associated with coal ash deposition: effects on grazing ability and growth. *Freshwater Biology* 36:723-730.
- Sessions, S.K., R.A. Franssen & V.L. Horner. 1999: Morphological clues from multilegged frogs: are retinoids to blame? *Science* 284:800-802.
- Sparling, D.W., J. Bickham, D. Cowman, G.M. Fellers, T. Lacher, C.W. Matson & L. McConnell. 2015. In situ effects of pesticides on amphibians in the Sierra Nevada. *Ecotoxicology* 24:262-278.
- Thompson, S., L. Muzinic, C. Muzinic, M.L. Niemiller & S.R. Voss. 2014. Probability of regenerating a normal limb after bite injury in the Mexican axolotl (*Ambystoma mexicanum*). *Regeneration* 1:27-32.
- Venerozo-Tlazalo, D.G., V. Vásquez-Cruz, D. Medina-Nogueira & J.A. de la Rosa-Pérez. 2022. Lista actual de anomalías morfológicas en anfibios mexicanos, con dos casos nuevos en el centro-oeste del estado de Veracruz. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 5:15-21.



ANOMALÍAS MORFOLÓGICAS EN *TRACHEMYS SCRIPTA ELEGANS* EN CAUTIVERIO: REGISTRO DE TRES CASOS

MORPHOLOGICAL ANOMALIES IN *TRACHEMYS SCRIPTA ELEGANS* IN CAPTIVITY: RECORD OF THREE CASES

Carlos Santiago Rosales-Martínez¹, Jesús Emanuel Mendiola Valdez², Armando H. Escobedo-Galván³ & Fabio G. Cupul-Magaña³

¹Justo Sierra 2807, Colonia Vallarta Norte, Guadalajara 44690, Jalisco, México.

²Heróica Matamoros, Tamaulipas, México.

³Centro Universitario de la Costa, Universidad de Guadalajara, Av. Universidad 203, Delegación Ixtapa, Puerto Vallarta 48280, Jalisco, México.

*Correspondence: fabiocupul@gmail.com

Received: 2023-08-04. Accepted: 2023-11-28. Published: 2023-12-24.

Editor: Itzcoatl Maldonado Reséndiz, México.

Abstract.— Morphological anomalies in reptiles have been associated to malnutrition, faulty incubation, environmental contamination and mutated genes. Herein, we reported three cases of morphological anomalies in two hatchlings and one stillborn of Red-eared Slider *Trachemys scripta elegans* in captivity. We observed bilateral cleft of upper jaw, cleft palate, hetero-omphalopagus twins in hatchlings, and a derodimus or double-headed stillborn. To date, this report represents the first photographic record and confirmation of this kind of anomalies in breeding farm Red-eared Slider.

Keywords.— Deromyde, gnathoschisis, omphalopagus, Red-eared Slider, teratology.

Resumen.— Las anomalías o malformaciones en reptiles pueden ser causadas por desnutrición, incubación defectuosa, contaminación ambiental o genes mutados. En la presente nota informamos tres casos de anomalías morfológicas en dos neonatos y un mortinato de tortuga jicotea de orejas rojas *Trachemys scripta elegans* en cautiverio. Observamos hendidura bilateral de la mandíbula superior, paladar hendido y gemelos onfalópagos (heterópagos) en los neonatos, así como un mortinato deródimo o bicéfalo. Hasta la fecha, estos informes de caso representan el primer registro fotográfico y confirmación de este tipo de anomalías morfológicas en tortugas de orejas rojas criadas en cautiverio.

Palabras clave.— Deródimo, gnatosquisis, Jicotea de Orejas Rojas, onfalópagos, teratología.

La tortuga jicotea de orejas rojas *Trachemys scripta elegans* (Weid, 1839), se distribuye naturalmente en Nuevo México y Texas en los Estados Unidos (además de algunos estados de las regiones centro noroeste, centro noreste y centro sureste del país), así como Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas en México (Legler & Voigt, 2013; Turtle Taxonomy Working Group, 2021). Esta especie alcanza una longitud de caparazón (LC) de 262 mm en hembras y 210 mm en machos, las hembras ponen entre 2 y 19 huevos por nido, el periodo de incubación varía de 58 a 79 días en función de la temperatura de incubación y, las crías, al nacer miden entre 30.1 mm y 32.7 mm de LC y pesan de 5.63 g a 7.4 g (Legler & Voigt, 2013).

Para esta subespecie se han registrado diversas patologías en embriones y neonatos, las cuales se manifiestan como

anomalías morfológicas por alteraciones genéticas, nutricionales, enfermedades infecciosas y/o exposición a condiciones ambientales adversas. Al respecto, Rothschild et al. (2012, 2013) recopilaron exhaustivamente varios de estos casos, tales como duplicación (de extremidades anteriores, bicefalia, gemelos siameses, gemelos siameses fusionados por la pelvis, siameses onfalópagos), anomalías en extremidades (acondroplasia), así como ciclopía, acortamiento de mandíbula superior, caparazón asimétrico, plastrón cóncavo, placas vertebrales anómalas, desviación axial del plastrón y osteopatías nutricionales. En esta nota informamos sobre tres casos de anomalías morfológicas en un mortinato y dos neonatos de *T. scripta elegans* criados en cautiverio en Matamoros, Tamaulipas, México (Fig. 1). Ninguno de los ejemplares fue manipulado, ni medido o sexado.



Figure 1. *Trachemys scripta elegans*. A) Newborn head with bilateral cleft of upper jaw or gnathoschisis, frontal view. B) The same specimen with gnathoschisis a two years after eclosion, anterolateral view. C) Derodimus stillborn, lateral view: yolk sac (yellow), and little head marked by the black arrow. D) Hetero-omphalopagus newborn twins (parasitic twin marked by the white arrow), ventral view. E) Big hetero-omphalopagus twin specimen a 20 days after eclosion. Images without scale.

Figure 1. *Trachemys scripta elegans*. A) Vista frontal de la cabeza de neonato con hendidura orofacial o gnatosquisis. B) Vista anterolateral del mismo ejemplar con gnatosquisis dos años después de su eclosión. C) Vista lateral de mortinato derómido: se observa el saco vitelino (amarillo) y, con una flecha negra, se señala la cabeza pequeña. D) Vista ventral de neonatos gemelos asimétricos (heterópagos) onfalópagos (la flecha blanca señala al gemelo parásito). E) Vista ventral del gemelo asimétrico grande 20 días después de su eclosión. Imágenes sin escala.

El primer caso fue un neonato de una nidada de dieciocho huevos, colocados dentro de una incubadora a temperatura de 30-31 °C y 80% de humedad (puesta 10 de mayo de 2020, eclosión

26 de junio de 2020, 47 días de incubación, éxito de eclosión del 100%). Observamos una abertura o hendidura grande en la parte frontal derecha de la mandíbula superior, en la maxila y

premaxila (Fig. 1A). La malformación craneofacial se extiende desde el borde afilado de la maxila, donde es más ancha, hasta casi tocar el nostrilo derecho en la premaxila, donde es más estrecha. Asimismo, el borde afilado de la premaxila y la parte frontal izquierda de la maxila está deformado, con una pequeña hendidura y el borde ondulado. El resto de la morfología no presentó anormalidades evidentes. Revisamos también una imagen de la misma tortuga, pero de dos años después de su eclosión, donde observamos sus mandíbulas abiertas y apreciamos la hendidura del paladar (Fig. 1B). Además, en la imagen se destaca el crecimiento de la pequeña hendidura frontal izquierda de la maxila, por lo que el ejemplar desarrolló una hendidura de tipo bilateral.

El segundo caso correspondió a un mortinato somatodicotómico o con bifurcación axial (bicéfalo) (Fig. 1C), que provino de una nidada de seis huevos eclosionados el 19 de mayo de 2021 (53 días de incubación en incubadora, temperatura y humedad de incubación de 29-31 °C y 90-95%, respectivamente; éxito de eclosión del 14.28%). En la imagen de la porción dorsolateral posterior de su cuello (cabeza sin malformaciones anatómicas aparentes), observamos la proyección de una pequeña cabeza malformada precedida por un cuello. Esta condición descrita, tal vez indique que la bifurcación de las cabezas es a nivel de la columna vertebral (Frye, 1991a; Hasel, 1992; Chapple, 1999; Anónimo, 2007a, b). En la pequeña cabeza apreciamos una zona oscura que identificamos como el área ocular, así como una pequeña sutura que aparenta ser la boca. La pequeña cabeza está orientada en el mismo plano de la cabeza y cuerpo normales. Este tipo de anomalía, donde ocurre bifurcación de la cabeza y el cuello, es denominado deródimo (Smith & Pérez-Higareda, 1987).

El tercer caso fue el de un neonato completamente desarrollado y sin malformaciones significativas, sólo una muesca en el borde del escudo marginal 2 (Fig. 1D), que formó parte de una nidada de nueve huevos eclosionados el 20 de mayo de 2022 (53 días de incubación, temperatura y humedad de incubación 28-29 °C y 80%, respectivamente; éxito de eclosión del 77%). Observamos, a nivel del ombligo cutáneo, el saco vitelino (amarillo), cordón umbilical (rosado) y probablemente parte del hígado (marrón rojizo). Justo en el margen de los elementos mencionados, que corresponde al borde del extremo posterior de la tortuga, se presenta una pequeña tortuga muerta de color azul lavanda. Se encuentra en posición decúbito dorsal y expone los escudos marginales derechos. Está unida al saco vitelino de la tortuga grande a través del cordón umbilical, por lo que es probable que el hígado observado pertenezca al pequeño ejemplar. Su cuerpo asemeja una masa amorfa de tejido. Hacia su extremo izquierdo,

se define la cabeza con dos áreas oculares y la pata anterior derecha en formación.

En el caso uno, la mandíbula hendida (labio leporino, hendidura orofacial o gnatosquisis) puede producirse durante la incubación y, posiblemente, esté asociada a temperaturas por arriba del óptimo de incubación (Frye, 1991b). Asimismo, es frecuente que un ejemplar con mandíbula hendida también presente paladar hendido. Lo anterior lo comprobamos al revisar la fotografía del mismo ejemplar, pero tomada dos años después de su eclosión (Fig. 1B). Si bien, aunque para *T. scripta* se han registrado casos de paladar hendido (Ippen, 1982), este es el primer informe de hendidura bilateral y paladar hendido en la especie. En el segundo caso, este fenómeno de bifurcación axial o deródimo se ha documentado previamente para la especie (Frye, 1991a; Hasel, 1992). Sus causas pueden ser tanto congénitas por alteraciones en el desarrollo embrionario y fusión parcial de embriones (Gvozdenović et al., 2021), o por causas ambientales como altas o bajas temperaturas de incubación, anoxia, exposición a toxinas y/o radiación (Wallach, 2007). En esta situación particular, destacamos la presencia de una cabeza formada, mientras que la otra es más pequeña y malformada.

La anomalía presentada en el tercer caso, la clasificamos dentro del grupo de los gemelos asimétricos (heterópagos) onfalópagos, ya que son de distinto tamaño y se encuentran unidos a nivel del abdomen (Castro-Maldonado et al., 2019). A estos gemelos también se les conoce como siameses, donde al más pequeño y menos desarrollado se le nombra parásito (Rothschild et al., 2013). Existen al menos dos registros de gemelos siameses en la subespecie, pero de los tipos toracoonfalópagos e isquiópagos; es decir, unidos de tórax y abdomen, así como a la pelvis, respectivamente (Szabuniewicz & McCrady, 1967; Chapple, 1999; Mader, 2006; Anónimo, 2007a; Rothschild et al., 2012).

En la especie *T. scripta* se ha documentado un fenómeno similar de desarrollo de gemelos. Se ha especulado que resulta de un desequilibrio en la absorción de nutrientes o la competencia por los nutrientes entre los embriones en desarrollo; además, otra explicación podría estar relacionada con mutaciones que afectan a uno de los gemelos en su desarrollo del eje embrionario, metabolismo o tasa de crecimiento (Hirasawa et al., 2019). De hecho, tuvimos la oportunidad de revisar una fotografía del mismo ejemplar, pero de 20 días posteriores a su eclosión (Fig. 1E), la cual reveló la no presencia del gemelo parásito ni del resto de los órganos, por lo que seguramente se desprendieron. Hasta ese momento, el gemelo normal continúa con un desarrollo favorable.

La ocurrencia y registro frecuente de anormalidades o teratologías en los reptiles, principalmente de los que habitan en ambientes acuáticos, puede ser una señal de procesos de contaminación por plaguicidas, principalmente provenientes de la agricultura y actividad urbana, que se encuentran actuando en su contra (Garcês et al., 2020). No obstante, también es importante tener en cuenta que las malformaciones en el desarrollo son multifactoriales, por lo que pueden estar involucradas enfermedades genéticas autosómicas, mutaciones puntuales, aberraciones cromosómicas, salud y nutrición materna, problemas mecánicos o hipertermia, así como desregulaciones de genes Hox (Martín-del-Campo et al., 2019, 2021).

Esta primera caracterización de las anormalidades observadas en la tortuga jicotea, invitan a realizar investigaciones posteriores sobre los agentes causantes de estas malformaciones en la especie. En particular, desarrollar trabajos relacionados con las temperaturas de incubación, pues se ha demostrado que las crías incubadas a altas temperaturas presentan una mayor frecuencia de anomalías morfológicas (Idrisova, 2018). Lo anterior es de suma importancia, ya que cada etapa de la historia de la vida de los reptiles, en especial la embrionaria, está siendo desafiada por el calentamiento global que puede modificar su expresión genética e inducir anormalidades (Sanger et al., 2021). Finalmente, vale mucho la pena, como lo señaló uno de los revisores anónimos del manuscrito, incluir evidencia sobre el tema publicado en textos periodísticos como los de Anónimo (2007a, b), Chapple (1999) y Hasel (1992); pues, al citarlos, hace mucho más visible la necesidad de formalizar la publicación de este tipo de hallazgos.

LITERATURA CITADA

- Anónimo. 2007a. Turtle with 2 heads. The Vindicator (Warren, Ohio). Domingo 27 de septiembre de 2007. <https://vindyardarchives.com/news/2007/sep/28/hturtle-with-2-heads/> [Consultado en octubre 2023]
- Anónimo. 2007b. Turtle makes do doubles takes: Pet store's oddity may live 20 years. The Grand Rapids Press (Grand Rapids, Michigan). Jueves 1 de octubre de 2007. https://mlive.newsbank.com/search?text=turtle+2+heads&pub%5B%5D=GRPB&date_from=&date_to=&content_added= [Consultado en octubre 2023]
- Castro-Maldonado, D., M.A. Pérez-Huitrón, X.L. Serrano-Almanza & B. Ramírez García. 2019. Gemelos onfalópagos: reporte de un caso. Acta Pediátrica Mexicana 40:267-273.
- Garcês, A., I. Pires & P. Rodrigues. 2020. Teratological effects of pesticides in vertebrates: a review. Journal of Environmental Science and Health, Part B 55:75-89.
- Chapple, C. 1999. Snake's alive, and it has 2 heads! Collector shows off 'flukes of nature'. The Times-Picayune (New Orleans, Louisiana). Jueves 30 de septiembre de 1999. https://www.newspapers.com/search/?query=The%20Times-Picayune&dr_year=1990-1999 [Consultado en octubre 2023]
- Frye, F.L. 1991a. Developmental abnormalities. Pp. 393-419. En F.L. Frye (Ed.), Biomedical and surgery aspects of captive reptile husbandry. Krieger Publishing Company, Malabar.
- Frye, F.L. 1991b. Common pathological lesions and disease processes, neoplasia. Pp. 276-609. En F.L. Frye (Ed.), Reptile Care: an Atlas of Diseases and Treatments. Volume 2. Neptune City, TFH Publishing.
- Gvozdenović, S., V. Iković & M. Nikolić. 2021. Dicephalism in Aesculapian snake, *Zamenis longissimus* (Serpentes, Colubridae) from Montenegro. Herpetology Notes 14:649-651.
- Hasel, S. 1992. The tale of a tiny turtle with 2 heads, 2 spines. Tampa Bay Times (St. Petersburg, Florida). Miércoles 7 de octubre de 1992, página 82. <https://tampabay.newspapers.com/image/323557360> [Consultado en mayo 2022]
- Hirasawa, T., A. Cantas & S. Kuratani. 2019. Twins at conspicuously different developmental stages in a turtle egg. Zoological Science 36:1-4.
- Idrisova, L.A. 2018. The effect of incubation temperature on deviations of pholidosis and malformations in Grass Snake *Natrix natrix* (L. 1758) and Sand Lizard *Lacerta agilis* (L. 1758). Pp. 70-74. En V.L. Vershinin & S.D. Vershinina (Eds.), The Second International Conference Amphibian and Reptiles Anomalies and Pathology: Methodology, Evolutionary Significance, Monitoring and Environmental Health". KnE Life Sciences, Ekaterinburg.
- Ippen, R. 1982. Ein Beitrag zu den angeborenen Mißbildungen der Reptilien. Verhandlungsbericht des Internationalen Symposiums über die Erkrankungen der Zootiere 24: 463-473.
- Legler, J.M. & R.C. Vogt. 2013. The Turtles of Mexico: Land and Freshwater Forms. University of California Press, Berkeley, California, USA.

- Mader, D.R. 2006. Perinatology. Pp. 365-375. En D.R. Mader (Ed.), Reptile Medicine and Surgery. Saunders, Philadelphia.
- Martín-del-Campo, R., I. Sifuentes-Romero & A. García-Gasca. 2019. Hox genes in Reptile development, epigenetic regulation, and teratogenesis. Cytogenetic and Genome Research 157:34-45.
- Martín-del-Campo, R., M.F. Calderón-Campuzano, I. Rojas-Leonart, R. Briseño-Dueñas & A. García-Gasca. 2021. Congenital malformations in Sea Turtles: puzzling interplay between genes and environment. Animals 11:444.
- Rothschild, B.M., H-P. Schultze & R. Pellegrini. 2012. Summary of Osseous Pathology in Amphibians and Reptiles. Pp. 11-53. En B.M. Rothschild, H-P. Schultze & R. Pellegrini (Eds.), Herpetological osteopathology: Annotated Bibliography of Amphibians and Reptiles. Springer, New York.
- Rothschild, B.M., H-P. Schultze & R. Pellegrini. 2013. Osseous and other hard tissue pathologies in turtles and abnormalities of mineral deposition. Pp. 501-504. En D.B. Brinkman, P.A. Holroyd & J.D. Gardner (Eds.), Morphology and Evolution of Turtles, Vertebrate Paleobiology and Paleoanthropology. Springer, Dordrecht.
- Sanger, T.J., L. Harding, J. Kyrkos, A.J. Turnquist, L. Epperlein, S.A. Nunez, D. Lachance, S. Dhindsa, J.T. Stroud, R.E.Jr. Diaz, Jr & B. Czesny. 2021. Environmental thermal stress induces neuronal cell death and developmental malformations in reptiles. Integrative Organismal Biology 3:1-18.
- Smith, H.M. & G. Pérez-Higareda. 1987. The literature on somatodichotomy in snakes. Bulletin of the Maryland Herpetological Society 23:139-153.
- Szabuniewicz, M. & J.D. McCrady. 1967. A case of "Siamese" twins in the turtle (*Pseudemys scripta elegans*). The Texas Journal of Science 19:232.
- 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 Ed.). En A.G.J. Rhodin, J.B. Iverson, P.P. van Dijk, C.B. Standford, C.B. Goode, K.A. 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 8:1-472.
- Wallach, V. 2007. Axial bifurcation and duplication in snakes. Part I. A synopsis of authentic and anecdotal cases. Bulletin of the Maryland Herpetological Society 43:57-95.



FIRST RECORD OF CONTRACTING AND THANATOSIS BEHAVIOUR IN THE GENUS *NYMPHARGUS* (ANURA: CENTROLENIDAE)

PRIMER REGISTRO DE LOS COMPORTAMIENTOS DEFENSIVOS CONTRACCIÓN Y TANATOSIS EN *NYMPHARGUS* (ANURA: CENTROLENIDAE)

Kevin J. López-Molina^{1,2,*}, Laura X. López-Pérez^{1,2}, Santiago Arango-Ospina^{1,2} & Juan Esteban Cáceres-Rave²

¹Grupo de Herpetología de la Universidad del Quindío (GHUQ), Armenia-Quindío (Colombia).

²Programa de Biología, Facultad de Ciencias Básicas y Tecnologías, Universidad del Quindío (Colombia).

*Correspondence: kevinjlopezm02@gmail.com

Received: 2022-11-17. Accepted: 2023-11-28. Published: 2023-12-24.

Editor: Andrés Rymel Acosta Galvis, Colombia.

Resumen.– En los últimos años, las ranas de cristal han sido especies modelo para diversos estudios relacionados a su ecología, evolución, sistemática, entre otras características asociadas. Sin embargo, en cuanto a comportamientos defensivos son pocos los estudios que describen las estrategias antipredatorias que pueden exhibir. En este trabajo documentamos dos comportamientos defensivos que no se habían reportado para el género *Nymphargus* y uno de ellos, es el primer reporte formal para la familia Centrolenidae.

Palabras Clave.– Centroleninae, Colombia, comportamiento defensivo, depredador-presa.

Abstract.– In recent years, the glass frogs have been model species for diverse studies related to ecology, evolution, and systematics, among other associated characteristics. However, regarding defensive behaviours few studies describe the antipredatory strategies that they can exhibit. In this work, we document two defensive behaviors that have not been reported for the genus *Nymphargus* and one of these, is the first record for the Centrolenidae family.

Keywords.– Centroleninae, Colombia, defensive behavior, predator-prey.

The glass frogs (Anura: Centrolenidae) are a family of Neotropical anurans that include 164 species distributed from Mexico to northern Argentina (Frost, 2023). In recent years, the studies to understand the systematic, diversity, natural history, and evolution of some traits of this charismatic family have increased, being one of the relatively best documented amphibian group in the Neotropical region (Guayasamin et al., 2009; Delia et al., 2020; Guayasamin et al., 2020; Duarte-Marín et al., 2022). However, despite the incredible increase in studies that allow us to understand several aspects of glass frogs, few studies document their defensive behaviors against a potential predator.

Ferreira et al. (2019) compiled all the information related to antipredatory mechanisms reported for anurans and only seven species of glass frogs have at least one description or report of defensive behavior. Predation events by vertebrates (snakes) and invertebrates such as arachnids, crustaceans, and insects have been recorded in this family (Villa, 1977; Hayes, 1983;

Vockenhuber et al., 2008; Delia et al., 2010; Hertz & Lotzkat, 2010; Delia et al., 2017). Thus, it is essential to document their defensive behaviors because they permit us to understand the ecology and evolution of predator-prey interactions. The objective of this work is to describe two defensive behaviors not previously reported in *Nymphargus pijao* Montilla, Arcila-Pérez, Toro-Gómez, Vargas-Salinas & Rada, 2023, an endemic glass frog of Colombia distributed in the slopes of the Cordillera Occidental and the western slope of Cordillera Central between 1480 and 2430 m.a.s.l. (Frost, 2023; Montilla et al. 2023).

Previously, the populations that correspond to *Nymphargus pijao* were misassigned to the species *N. griffithsi*, but based on evidence related to advertisement call, natural history, molecular information, internal and external morphology in adults and tadpoles, describe this new species (see Arcila-Pérez et al. 2017; Montilla et al. 2023). In particular, *N. pijao* presents a truncated snout in lateral and dorsal view, SVL in males: 22.1-27.3 mm - SVL in females: 24.6-28.6 mm, its dorsal coloration

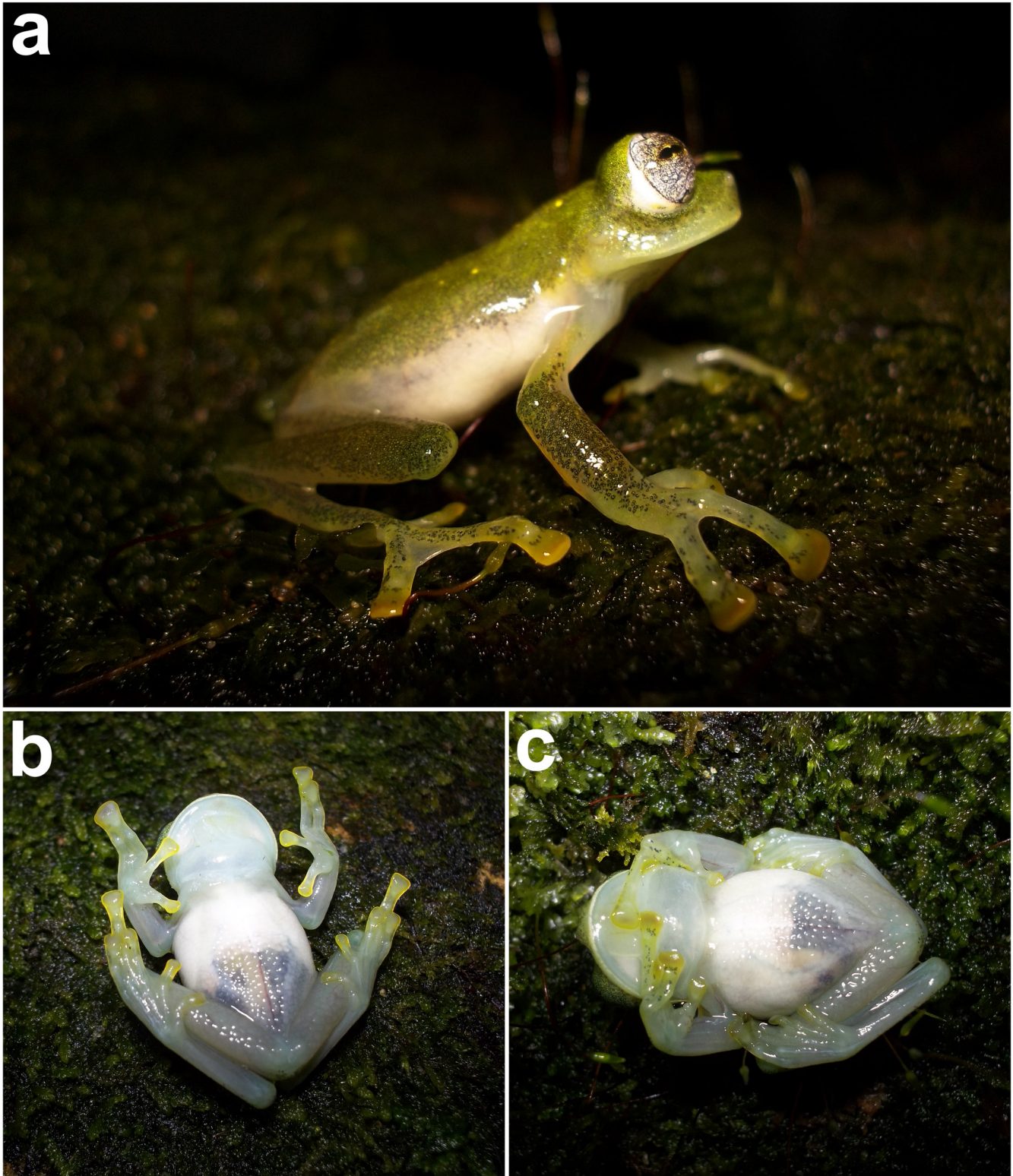


Figura 1. Individuos de *Nymphargus pijao* en diferentes posturas: a) posición "natural", b) desplegando el comportamiento de tanatosis y c) de contracción.

Figure 1. Individuals of *Nymphargus pijao* in different postures: a) "natural" position, b) displaying thanatosis, and c) contracting behavior.

is green with tiny clusters of melanophores and green-yellowish spots, green bones, absence of membrane on the outer fingers, white peritoneum in more than half and translucent visceral (not covered by iridophores) and differs from *N. griffithsi* by the absence of humeral spine (present in *N. griffithsi*, Montilla et al. 2023).

We observed three individuals of *N. pijao* in two nights on November 2020 at the “Cascadas de Río Verde” Nature Reserve, municipality of Córdoba, department of Quindío, Colombia (4.403918° N, 75.658302° W, elevation 2,404 m.a.s.l.). Individuals were captured and manipulated for 60-120 s, and their response was registered. All individuals remained motionless before being captured (Fig. 1a). During one minute, two of these bowed their heads, bent their limbs to contract them to their bodies, and remained immobile despite repeated manipulation attempts. In addition, when trying to separate one of the limbs, the individuals quickly returned the limb to its initial position (Fig. 1b). Furthermore, the remaining individual had a similar behavior but did not bow their head, flipped onto-back, had half-closed eyes, and did not shrink its limbs. Finally, we tried to repeat the same procedure with the other individuals and we noticed that when moving the limbs, they did not show any sign of resistance (Fig. 1c).

Based on these characteristics and as proposed by Toledo et al. (2010), such behaviors are known as contracting (or shrinking) and thanatosis (or death feigning). Both behaviors have been recorded in more than 20 anuran families, where the Hylidae, Bufonidae, and Leptodactylidae families have been the most representative ones (Ferreira et al. 2019). In Centrolenidae, our observations of contracting behavior are the first reports for this family and in the case of thanatosis, it is the first record for the genus *Nymphargus* since Toledo et al. (2010) reported it in *Vitreorana uranoscopa* (as *Hyalinobatrachium uranoscopus*).

Moreover, various explanations have been given for how these behaviors would work against a potential predator (see Brodie Jr, 1977; Toledo et al., 2010). Sazima (1974) suggests that contracting behavior would prevent serious injury to the frog's body since its position protects vital body parts (e.g., limbs) in the subjugation phase (sensu Toledo et al., 2010). In addition, it has been found that most of the species that present this behavior synergistically release secretions (Toledo et al., 2010), and in our case, we noticed that the three individuals when handled had a plant-like odor. In Centrolenidae, these odors only have been reported in *Centrolene quindianum*, *C. savagei*, and *N. grandisonae* (Escobar-Lasso & Rojas-Morales, 2012). Toledo et al. (2011) suggest these odors could act like a chemical camouflage or mimicry). About

thanatosis, remaining immobile could promote a disinterest in potential predators that require stimuli related to movement to feed, implying a possible survival to a particular predation event (Edmunds, 1974; Toledo et al., 2010). Finally, we suggest that these behaviors are not unusual in glass frogs, but a more focused effort is required to document such defensive strategies, and the odor secretion released by *N. pijao* needs to be described and chemically characterized.

Acknowledgements.- We used all ethic norms for the manipulating of the live animals and none animal was sacrificed. We thank Julio Diaz who owns the “Cascadas de Río Verde” Nature Reserve and allowed us to do this work and Ferney A. Osorio-Benitez for his assistance in fieldwork.

CITED LITERATURE

- Arcila-Pérez, L., J. Rios-Soto, S.O. Montilla, C. Londoño-Guarnizo & F. Vargas-Salinas. 2017. Vocalization and natural history in populations of a glassfrog assigned to *Nymphargus griffithsi* in the Central Andes of Colombia. *Herpetological Review* 48:275-280.
- Brodie Jr., E.D. 1977. Salamander antipredator postures. *Copeia* 3:523-535.
- Delia, J., D.F. Cisneros-Heredia, J. Whitney & R. Murrieta-Galindo. 2010. Observations on the reproductive behavior of a Neotropical glassfrog, *Hyalinobatrachium fleischmanni* (Anura: Centrolenidae). *South American Journal of Herpetology* 5:1-12.
- Delia, J., L. Bravo-Valencia & K.M. Warkentin. 2017. Patterns of parental care in Neotropical glassfrogs: fieldwork alters hypotheses of sex-role evolution. *Journal of Evolutionary Biology* 30:898-914.
- Delia, J., L. Bravo-Valencia & K.M. Warkentin. 2020. The evolution of extended parental care in glassfrogs: Do egg-clutch phenotypes mediate coevolution between the sexes? *Ecological Monographs* 90:e01411.
- Duarte-Marín, S., M. Rada, M. Rivera-Correa, V. Caorsi, E. Barona, G. González-Durán, & F. Vargas-Salinas. 2022. Tic, Tii and Trii calls: advertisement call descriptions for eight glass frogs from Colombia and analysis of the structure of auditory signals in Centrolenidae. *Bioacoustics* 1-38.
- Edmunds, M. 1974. *Defense in Animals: a Survey of Anti-Predator Defenses*. New York: EEUU. Longman Publishing Group.

- Escobar-Lasso, S. & J.A. Rojas-Morales. 2012. Antipredatory behaviors of the Colombian endemic glassfrog *Centrolene savagei* (Anura: Centrolenidae). Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural 16:226-232.
- Ferreira, R.B., R. Lourenço-de-Moraes, C. Zocca, C. Duca, K.H. Beard & E.D. Brodie. 2019. Antipredator mechanisms of post-metamorphic anurans: a global database and classification system. Behavioral Ecology and Sociobiology 73:1-21.
- Frost, D.R. 2023. 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. [Consulted in June 2023]
- Guayasamin, J.M., S. Castroviejo-Fisher, L. Trueb, J. Ayarzagüena, M. Rada & C. Vila. 2009. Phylogenetic systematics of Glassfrogs (Amphibia: Centrolenidae) and their sister taxon *Allophryne ruthveni*. Zootaxa 2100:1-97.
- Guayasamin, J.M., D.F. Cisneros-Heredia, R.W. McDiarmid, P. Peña & C.R. Hutter. 2020. Glassfrogs of Ecuador: diversity, evolution, and conservation. Diversity 12:e222.
- Hayes, M.P. 1983. Predation on the adults and prehatching stages of glass frogs (Centrolenidae). Biotropica 15:74-76.
- Hertz, A. & S. Lotzkat. 2010. *Cochranella albomaculata* (White-spotted Cochran Frog). Predation. Herpetological Review, 41:194.
- Montilla, S.O., L.F. Arcila-Pérez, M.P. Toro-Gómez, F. Vargas-Salinas & M. Rada. 2023. A multidisciplinary approach reveals a new species of glassfrog from Colombia (Anura: Centrolenidae: *Nymphargus*). Zootaxa 5271:1-48.
- Sazima, I. 1974. Experimental predation on the leaf-frog *Phyllomedusa rohdei* by the water snake *Liophis miliaris*. Journal of Herpetology 8:376-377.
- Toledo, L.F., I. Sazima & C.F. Haddad. 2010. Is it all death feigning? Case in anurans. Journal of Natural History 44:1979-1988.
- Villa, J. 1977. A symbiotic relationship between frog (Amphibia, Anura, Centrolenidae) and fly larvae (Drosophilidae). Journal of Herpetology 11:317-322.
- Vockenhuber, E.A., W. Hödl & U. Karpfen. 2008. Reproductive behaviour of the glass frog *Hyalinobatrachium valerioi* (Anura: Centrolenidae) at the tropical stream Quebrada Negra (La Gamba, Costa Rica). Stapfia 88:335-348.



NUEVO REGISTRO DE *RHADINAEAE TAENIATA AEMULA* (SQUAMATA: DIPSADIDAE) PARA PUEBLA, MÉXICO

A NEW RECORD OF *RHADINAEAE TAENIATA AEMULA* (SQUAMATA: DIPSADIDAE) FROM PUEBLA, MEXICO

Omar Gibran Rodríguez-Barrera¹, Melisa Rodríguez-Barrera² & Uri Omar García-Vázquez^{3*}

¹Facultad de Ciencias Biológicas, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Boulevard Valsequillo y Av. San Claudio, C.U., 72570, Puebla, México.

²Santa Ana, Puebla, 75830, México.

³Laboratorio de Sistemática Molecular, Carrera de Biología, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México, Batalla 5 de Mayo SN, Ejercito de Oriente C.P. 09230, Ciudad de México.

*Correspondencia: urigarcia@gmail.com

Received: 2023-09-02. Accepted: 2023-11-22. Published: 2023-12-27.

Editor: Irene Goyenechea Mayer Goyenechea, México.

México: Puebla: Municipio de Santiago Miahuatlán: San José Las Minas (18.56611° N, 97.38306° W; WGS84; 2074 m s.n.m.), 22 de junio de 2020. El espécimen fue encontrado aproximadamente a las 10:00 horas, en una zona rodeada por vegetación xerófila con izotal y bosque de pino-encino, con mayor abundancia de *Beaucarnea purpusii*, *Brahea nitida*, *Yucca periculosa* y *Pinus pseudostrobus*.

El ejemplar, un macho con una LT de 440 mm y una LHC de 324 mm, fue fotografiado y liberado en el lugar de colecta. Las fotografías, fueron verificadas por Juan Carlos Sánchez García y depositadas en la colección digital del Museo de Zoología, de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad

Nacional Autónoma de México (MZFG-IMG 293-299; Fig. 1A y B). Este ejemplar representa el primer registro de *R. taeniata aemula* para el estado de Puebla (Woolrich-Piña et al., 2017), y amplía su área de distribución aproximadamente 79 Km en línea recta al noreste del punto más cercano conocido en la localidad de San Pedro, municipio de Mazatlán Villa de Flores, Oaxaca (GBIF, 2023).

Cabe resaltar que en Julio del 2022 se reportó, en la plataforma Naturalista, un avistamiento de esta especie, en el municipio de Atexcal, Puebla, a una distancia de aproximadamente 35 Km SO en línea recta del presente registro (18.397308° N, 97.661125° W; WGS84, <https://www.inaturalist.org/observations/126102231>),



Figure 1. Adult specimen of *Rhadinaea taeniata aemula* from the municipality of Santiago Miahuatlán, Puebla, México. A) Dorsal view of specimen. B) Lateral view of head.

Figura 1. Ejemplar adulto de *Rhadinaea taeniata aemula* del municipio de Santiago Miahuatlán, Puebla, México. A) Vista dorsal del espécimen. B) Vista lateral de la cabeza.



Figure 2 (Above). Habitat of *Rhadinaea taeniata aemula* at San José Las Minas, Puebla.

Figura 2 (Arriba). Hábitat de *Rhadinaea taeniata aemula* en San José Las Minas, Puebla.

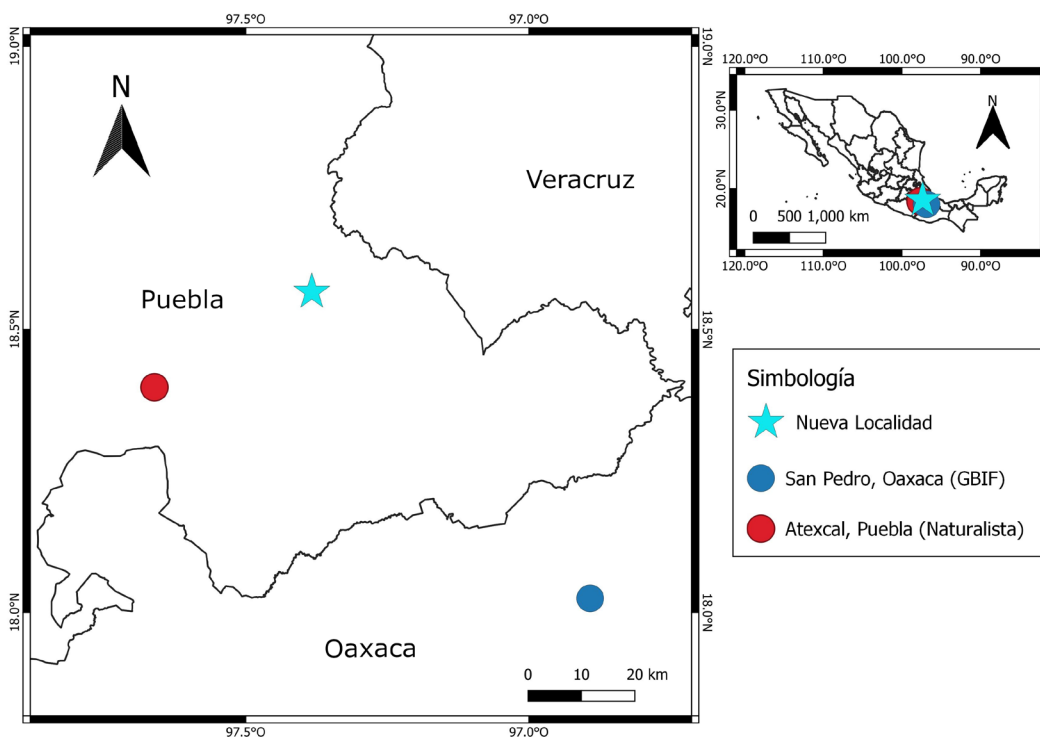


Figure 3 (Left). New record of *Rhadinaea taeniata aemula* and nearest known localities (INEGI, 2019).

Figura 3 (Izquierda). Nuevo registro de *Rhadinaea taeniata aemula* y localidades conocidas más cercanas (INEGI, 2019).

lo cual indica que *R. taeniata aemula* presenta una mayor distribución al sur-sureste del estado.

Agradecimientos.— A Alma Delia Flores Gómez y Gerardo Bazán Sosa por su apoyo en el trabajo de campo. A la Universidad Nacional Autónoma de México y al CONAHCyT por las becas DGAPA, UNAM (PAPIIT-IN 216619) y (A1-S-37838) respectivamente, otorgadas a U. O. García-Vázquez.

LITERATURA CITADA

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2019. Marco Geoestadístico Integrado. INEGI, México.

GBIF (Global Biodiversity Information Facility). 2023. *Rhadinaea taeniata*. Occurrence Download. <https://doi.org/10.15468/dl.k2th6d> (Consultado en febrero 2023).

Woolrich-Piña, G.A., E. García-Padilla, D.L. DeSantis, J.D. Johnson, V. Mata-Silva & L.D. Wilson. 2017. The herpetofauna of Puebla, Mexico: composition, distribution, and conservation status. *Mesoamerican Herpetology* 4:790-884.



FIRST CONFIRMED RECORD OF THE ROSY BOA (*LICHANURA TRIVIRGATA*) IN NATIVIDAD ISLAND, PACIFIC OF BAJA CALIFORNIA: A REAPPEARANCE AFTER 75 YEARS?

PRIMER REGISTRO CONFIRMADO DE LA BOA ROSADA DEL NOROESTE (*LICHANURA TRIVIRGATA*) EN ISLA NATIVIDAD, PACÍFICO DE BAJA CALIFORNIA: ¿REAPARICIÓN DESPUÉS DE 75 AÑOS?

Cecilia Soldatini¹, Víctor Hugo González-Sánchez^{2*}, Joel Aaron López-Hernández¹, Gemma Abaunza³, Jorge Andrés Morales-Rico¹, Jorge Cristerna³ & Yuri Vladimir Albores-Barajas^{3,4}

¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada - Unidad La Paz, Miraflores 334, La Paz, Baja California Sur 23050, Mexico.

²Universidad Autónoma del estado de Quintana Roo (UQROO) campus Cozumel. Av Andres Q Roo s/n, Sin Nombre, 77600 San Miguel de Cozumel, Q.R.

³Universidad Autónoma de Baja California Sur. Km. 5.5 Carr. 1. La Paz, B.C.S., Mexico.

⁴CONAHCYT. Consejo Nacional de Humanidades Ciencia y Tecnología. Av. Insurgentes Sur 1582, Col. Crédito Constructor. Alcaldía Benito Juárez, C.P. 03940, Mexico City, Mexico.

*Correspondence: biologovhgs@gmail.com

Received: 2023-09-13. Accepted: 2023-12-07. Published: 2023-12-27.

Editor: Carlos Alberto Hernández Jiménez, México.

The Peninsula of Baja California, and its adjacent islands, has a long history herpetofaunistic studies, despite the remoteness, isolation, and difficult access inherent to islands, the biodiversity of the Baja California's Pacific Islands is mostly considered well-known. And little has change about our knowledge of herpetofaunistic diversity in those islands since Grismer's book in 2002. According with González-Sánchez et al. (2023), the insular systems of the Pacific of Baja California host 40 species of herpetofauna, 36 of them are reptiles, including 16 snakes. Although Natividad (27.92° N, 115.15° W, within the

patterns, with dorsal ground color dark gray, brown, dull yellow, or tan; with one dorsal and two lateral, serrate, or well-defined stripes. Those stripes may be nearly black, dark brown, brick red, orange, or tan, and may or may not be distinct from dorsal ground color; iris silver, gray, or orangish (Grismer, 2002). It is listed in NOM-059-SEMARNAT-2010 (DOF, 2019) under the "Amenazada" (Threatened) category, included in the Appendix II of the Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora (CITES; UNEP-WCMC, 2023), and catalogued as Least Concern (LC) by the International Union for Conservation of Nature (IUCN; Hammerson, 2019).

El Vizcaíno Biosphere Reserve, Fig. 1) is a large desert island (6 km long and 2.5 km wide at its maximum, with an area of 1,000 ha), not far from mainland (5 km north of Punta Eugenia, Mulegé municipality, Baja California Sur, Mexico) and one of few Mexican islands with permanent human settlements (~300 inhabitants), until today only two reptile species were confirmed in the island: *Uta stansburiana* commonly named Common Side-blotched Lizard and *Aspidoscelis tigris* known as Tiger Whiptail lizard.

Lichanura trivirgata commonly known the Rosy Boa is a small-medium sized snake (Snout-Vent Length, SVL= ~110mm), although mostly known for its characteristic rosaceous coloration, its populations are very variable in their color

The species distribution ranges from southwestern Arizona and southern California to most of the coast of Sonora and through the Baja California Peninsula to Los Cabos region with a notorious gap in the Vizcaino Peninsula (Grismer, 2002; Reynolds & Henderson, 2018; Wallach et al., 2014). Although unconfirmed reports in the mid-1990's from Rancho San Ramon in the Sierra Santa Clara indicate that *L. trivirgata* may be present in the Vizcaíno Peninsula (Grismer et al., 1994). Regarding its distribution in the insular systems of Baja California, *L. trivirgata* has confirmed records in Cedros and Santa Margarita islands in the Pacific, while in the Gulf of California is reported in Ángel de la Guarda, Carmen, Cerralvo, Coronados, Espíritu Santo, Mejía, San Marcos and Tiburón (González-Sánchez et al., 2023).

On June 20th, 2023, Cecilia Soldatini, Joel Aaron Lopez Hernandez, Gemma Abaunza, and Jorge Andrés Morales, found a specimen of *L. trivirgata* in Isla Natividad's southern region (27.860612° N, 115.171325° W; WGS84; ~47 m a.s.l.; figure 1) within a Shearwater (*Puffinus opisthomelas*) and Western Gull (*Larus occidentalis*) colony area in a desert scrub landscape, in a site very scarcely and sparsely vegetated with nonnative and native plants, sage and short barrel cacti.

The specimen of *L. trivirgata* was observed during a night survey at 23:00 h (06:00 UTC). It was moving very slowly due to low temperatures. The photographic evidence (Figs. 2 and 3) was vouchered in San Diego Natural History Museum

(SDSNH_HerpPC_05488 and SDSNH_HerpPC_05489) verified by Bradford Hollingsworth.

This record constitutes only the third insular confirmed population in the Pacific of Baja California, and it is also just the third reptile species reported for Natividad. The presence of *L. trivirgata* in Natividad was hinted by Bostic (1975), who listed a catalogued specimen in the San Diego Natural History Museum (SDSNH 39002) collected in 1948. However, the whereabouts of that specimen is unknown, and has been recorded in their database as "missing" for many years. Furthermore, there is not acknowledgment that a museum specimen once existed (Bradford Hollingsworth, *pers. comm.*). Thus, subsequent authors



Figura 1. Localización del sitio de avistamiento (marcador rojo) de la boa rosada del noroeste (*Lichanura trivirgata*), en Isla Natividad, al interior de la Reserva de la Biosfera El Vizcaino, Baja California Sur, México

Figure 1. Location of the observation site (red mark) of the Rosy Boa (*Lichanura trivirgata*), on Natividad Island, within Reserva de la Biosfera El Vizcaino, Baja California Sur, Mexico.



Figura 2. *Lichanura trivirgata* (Boa Rosada del Noroeste) observada en Isla Natividad, dentro del área de colonias de pardela mexicana (*Puffinus opisthomelas*) y gaviota occidental (*Larus occidentalis*). Voucher de la foto: SDSNH_HerpPC_05488. Foto: Jorge Andrés Morales-Rico.

Figure 2. The Rosy Boa (*Lichanura trivirgata*) observed on Natividad Island in the Black-vented shearwater (*Puffinus opisthomelas*) and Western Gull (*Larus occidentalis*) colonies area. Photo voucher: SDSNH_HerpPC_05488. Photo: Jorge Andrés Morales-Rico.

as Ottley (1978), Yingling (1982), and Grismer (2002), made only tentative statements, or even omitted any mention of it (e.g., Reynolds & Henderson, 2018; Wallach et al., 2014; González-Sánchez et al., 2023).

It is notorious that its occurrence is confirmed 75 years after the possible collection of SDSNH 39002 (if it ever existed) and almost 50 years since Bostic (1975) hinted its existence in Natividad Island. Since this island has a permanent human settlement, and has been visited frequently by biologists, the fact it took so much time to find a specimen suggest that: 1) It never has been common on the island, and this could be due natural population demographics, and/or 2) the snake is rare due the deleterious effects invasive mammal species may have had on this snake, since cats were introduced in the early 1920's by fishermen to "control" local populations of *Peromyscus maniculatus*, with some other reintroduction events in the

following decades. The impacts that feral cats had on the sea birds from Natividad have been documented extensively, for example, Keitt et al. (2002) documented 25 cats killed 1,012 Black-vented Shearwaters (*Puffinus opisthomelas*) every month. Still, nothing is known about the effects feral cats had on the herpetofauna of Natividad in nearly a century, in which those mammals were abundant on the island until its eradication in 1998-2000 (Keitt et al., 2002). This is not an improbable scenario since it wouldn't be the first time that a long-time unseen reptile "reappears" some years after the eradication of an invasive mammal (González-Sánchez et al., 2023).

Also, since *L. trivirgata* is now confirmed in Cedros and Natividad islands, it is also likely that it can or could inhabit in other nearby islands from the Vizcaíno Peninsula, such as the San Benito Archipelago. Even more, the Natividad Island population of *L. trivirgata* could have important value for conservation and



Figura 3. Acercamiento del espécimen de boa rosada del noroeste (*Lichanura trivirgata*) observada en Isla Natividad. Voucher de la foto: SDSNH_HerpPC_05488. Foto: Jorge Andrés Morales-Rico.

Figure 3. Close up of the Rosy Boa (*Lichanura trivirgata*) specimen observed on Natividad Island Photo voucher: SDSNH_HerpPC_05488. Photo: Jorge Andrés Morales-Rico.

taxonomic studies, since the nearby Cedros island is the type locality of the endemic subspecies *L. trivirgata bostici* (Spitteri & College, 1994), and there is a chance that Natividad's *L. trivirgata* population may belong to this subspecific group.

Acknowledgements.— We thank Bradford Hollingsworth for his insightful comments about the whereabouts of the SDSNH 39002 specimen and also to two anonymous reviewers whose comments improved the quality of our manuscript.

CITED LITERATURE

- Bostic, D.L. 1975. A Natural History Guide to the Pacific Coast of North Central Baja California and Adjacent Islands. Biological Education Expeditions. Vista, California. USA.
- DOF. 2019. MODIFICACIÓN del Anexo Normativo III, Lista de especies en riesgo de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Hammerson, G.A. 2019. *Lichanura trivirgata*. In: IUCN Red List of threatened species. <http://www.iucnredlist.org> [Accessed: August 2023]
- Keitt, B.S., C. Wilcox, B.R. Tershy, D.A. Croll & C.J. Donlan. 2002. The effect of feral cats on the population viability of black-vented shearwaters (*Puffinus opisthomelas*) on Natividad Island, Mexico. *Animal Conservation* 5:217-223.
- González-Sánchez, V.H., J. Johnson, O. Frausto-Martínez, L.M. Mejía Ortiz, A. Pereira-Corona, M.D.P. Blanco-Parra, P.

- Charruau & C.A. Niño-Torres. 2023. The Herpetofauna of the Insular Systems of Mexico. *Diversity* 15:921.
- Grismer, L.L. 2002. Amphibians and Reptiles of Baja California, Including its Pacific Islands and the Islands in the Sea of Cortés. University of California Press. Berkley, California. USA.
- Grismer, L.L., J.A. McGuire & B.D. Hollingsworth. 1994. A report on the herpetofauna of the Vizcaíno Peninsula, Baja California, México, with a discussion of its biogeographic and taxonomic implications. *Bulletin of the Southern California Academy of Sciences* 93:45-80.
- Ottley, J.R. 1978. A new subspecies of the snake *Lichanura trivirgata* from Cedros Island, Mexico. *The Great Basin Naturalist* 38:411-416.
- Reynolds, R.G. & R.W. Henderson. 2018. Boas of the world (Superfamily Boidae): A checklist with systematic, taxonomic, and conservation assessments. *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology* 162:1-58.
- Spiteri, D.E. & C. College. 1994. A Further Analysis of the Cedros Island Boa, *Lichanura trivirgata bostici*. *Bulletin of the Chicago Herpetological Society* 29:248-250.
- UNEP-WCMC (Comps.). 2023. The Checklist of CITES Species Website. CITES Secretariat, Geneva, Switzerland. Compiled by UNEP-WCMC, Cambridge, UK. <http://checklist.cites.org>. [Accessed: August 2023]
- Wallach, V., K.L. Williams & J. Boundy. 2014. Snakes of the World: a Catalogue of Living and Extinct Species; CRC Press. Boca Ratón, Fl. U.S.A.
- Yingling, P.R. 1982. *Lichanura, L. trivirgata*. Catalogue of American Amphibians and Reptiles (CAAR), Society for the Study Amphibians and Reptiles. 294:1-2.



AGGRESSIVE BEHAVIOR OF *RHEOHYLA MIOTYMPANUM* (ANURA: HYLIDAE) IN NORTHERN HIDALGO, MEXICO

CONDUCTA AGRESIVA DE *RHEOHYLA MIOTYMPANUM* (ANURA: HYLIDAE) EN EL NORTE DE HIDALGO, MÉXICO

Lizzeth A. Torres-Hernández^{1*}, César A. Díaz-Marín¹, Héctor R. Eliosa-León², Cinthya Mendoza-Almeralla¹ & Aurelio Ramírez-Bautista¹

¹Laboratorio 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, 42184, Mineral de La Reforma, Hidalgo, México.

²Facultad de Ciencias Biológicas, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Blvd. Valsequillo y Av. San Claudio, Ed. BIO 1 CU, Col. Jardines de San Manuel, 72570, Puebla, Puebla, México.

*Correspondence: lizzeth.torres97@gmail.com

Received: 2023-09-21. Accepted: 2023-11-17. Published: 2023-12-27.

Editor: José Manuel Serrano, México.

Resumen.— Los anuros se comunican principalmente por medio de cantos, los cuales pueden ser clasificados en tres categorías (reproductivos, defensivos y agresivos) de acuerdo con el contexto social en el que se desarrollen. Los cantos agresivos suelen ser emitidos por los machos para la defensa de recursos (p. ej. sitios de canto y hembras), generalmente acompañados por agresiones físicas. Aquí, reportamos el comportamiento agresivo entre dos machos de *Rheohyla miotympanum*, posiblemente desencadenado por la defensa del sitio donde ocurre el canto y por la oportunidad de amplexo (hembra receptiva, aproximadamente a 80 cm de la escena). Este comportamiento se caracterizó por el contacto físico (lucha) y la emisión de cantos agresivos entre ambos machos. Futuras observaciones conductuales durante los cantos, con evaluaciones de la proximidad y densidad de congéneres, podría contribuir a nuestra comprensión de las principales causas del comportamiento agresivo de los machos de esta y otras especies de anuros.

Palabras clave.— Cantos, machos, pelea, sitios de canto, rana.

Abstract.— Anurans communicate primarily through calls, which can be classified into three categories (reproductive, defensive, and aggressive) according to the social context in which they occur. Aggressive calls are usually produced by males to defend resources (e.g., calling sites and females), generally accompanied by physical aggression. Here, we report aggressive behavior between two *Rheohyla miotympanum* males, possibly triggered by defense of the calling site and for the opportunity for amplexus (receptive female, approximately 80 cm from the scene). This behavior was characterized by physical contact (fight) and the emission of aggressive calls between both males. Future behavioral observations during calls, with the assessment of the proximity and density of conspecifics, could add to our understanding of the main causes related to the male aggressive behavior of this and other anuran species.

keywords.— Calling sites, calls, fight, frog, males.

Bioacoustics studies have been essential to understand the acoustic communication mechanisms used by various biological groups (e.g., anurans, insects, birds, mammals) under different social contexts (Tubaro, 1999). In amphibians, anuran calls are the functional unit of their communications systems (Toledo et al., 2015), and involve different types of behavioral traits (Cocroft & Ryan, 1995; Dapper et al., 2011). Anuran calls can be categorized according to the social context of the signaler and the receiver (intraspecific and interspecific; Bogert, 1960; Wells, 1977a, b;

Wells, 1988), and their main function, such as reproductive, defensive, and aggressive calls (Toledo et al., 2015). These latter types of calls are emitted mainly in an intraspecific conflictive context, during close contact or fights among males (Toledo et al., 2015; Köhler et al., 2017), in which they defend their calling sites from nearby conspecifics (Wells, 2007).

When these calls are not enough to drive intruders from territories, males often resort to physical aggression in a variety



Figura 1. Macho adulto de *Rheohyla miotympanum* en Chilijapa, Tepehuacán de Guerrero, Hidalgo, México. Foto: César A. Díaz-Marín.

Figure 1. Adult male of *Rheohyla miotympanum* in Chilijapa, Tepehuacán de Guerrero, Hidalgo, Mexico. Photo: César A. Díaz-Marín.

of ways, including jumping on opponents, pushing them from calling sites, or fighting with their forelimbs (intertwined or not; Tunner, 1976; Wells, 1977b; Rodrigues et al., 2003; Wogel et al., 2004).

Here we describe the aggressive behavior of *Rheohyla miotympanum* (Cope, 1863; Fig. 1) in an intraspecific context. This hylid frog is categorized as Least Concern (LC) on the IUCN red list (IUCN, 2023), but it does not have a protection category by national laws NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT, 2010), and is widely distributed in lowlands (1,000 m a.s.l.) and highlands (2,282 m a.s.l.) of Mexico, from the states of Nuevo León and Coahuila to Hidalgo, Oaxaca, Veracruz, and Chiapas (Frost, 2023). On the 13th of March 2023 at 21:14 h, at Chilijapa, Tepehuacán de Guerrero, Hidalgo, Mexico (21.01547° N, 98.86936° W, WGS84, 1,358 m a.s.l.), after a strong storm of approximately one hour, we were studying the reproductive calls of *R. miotympanum* when we observed an aggressive behavior between two males of this species, through a physical and acoustic confrontation. Hereafter, we consider the resident male as the male perched in the bush at the time of the observation, and the intruder male as the male that arrived at the bush later.

Resident male was perching on a leaf of a bush at a height above the ground of 126.2 cm and at 110.5 cm from the nearest stream, when an intruder male jumped onto the resident male's bush, which caused a physical and acoustic fight (with calls) between both males. The resident male jumped on the dorsum of the intruder male and hit him repeatedly with his hindlimbs, which caused that the intruder male to jump into a near bush. This fight was accompanied by a series of calls from both males. We registered the calls at 48000 Hz sampling frequency, 16-bit resolution and WAVE format with a TASCAM DR-40X digital recorder fitted with two internal unidirectional microphones, placed approximately 30 cm from the males. After the fight, we captured each male and measured their snout-vent length (SVL) and body mass (BM) with a digital caliper (± 0.002 cm precision) and a digital scale (0.1 g precision), respectively.

We obtained acoustics attributes of calls with Raven Pro 1.6.5 software (Bioacoustics Research Program, Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, NY), using Hann window, FFT size 2048 and overlap 95%. The seven acoustic attributes were the notes number, two temporal (duration and interval between calls) and four spectral attributes (peak frequency, minimum frequency, maximum frequency, and bandwidth). Subsequently, we

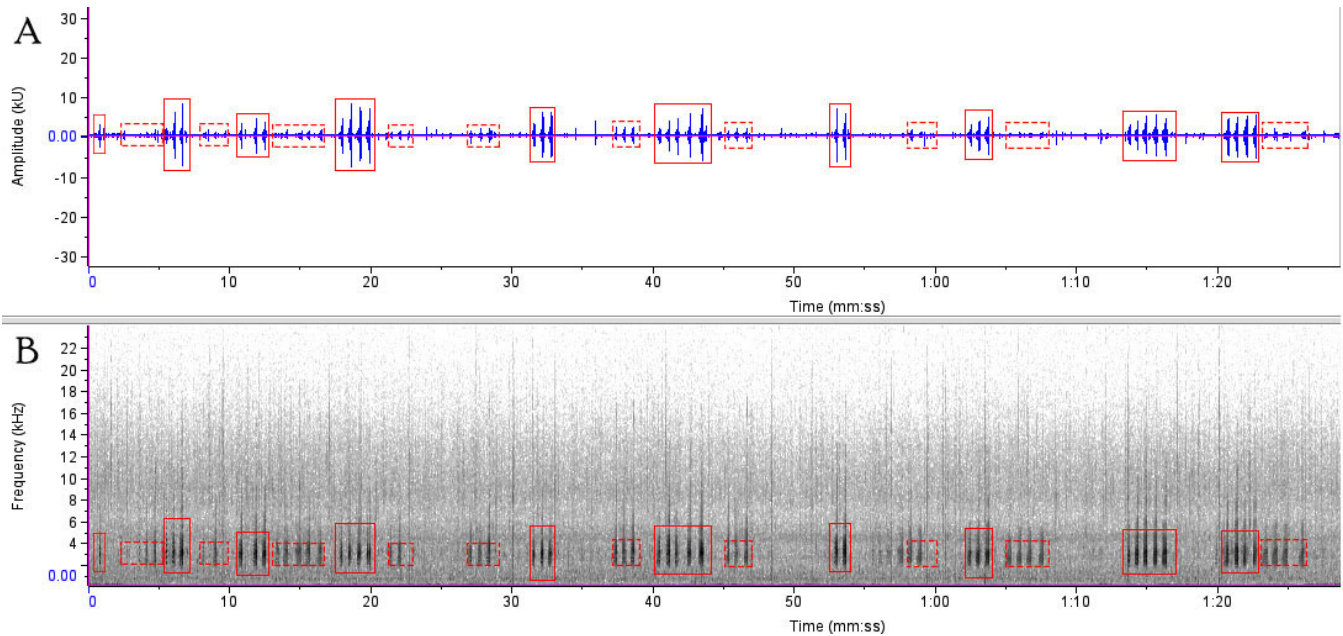


Figura 2. Oscilograma (A) y espectrograma (B) del canto territorial entre dos machos de *Rheohyla miotympanum*. La línea roja continua corresponde al macho residente, y la línea roja discontinua corresponde al macho intruso.

Figure 2. Oscillogram (A) and spectrogram (B) of the territorial call between two *Rheohyla miotympanum* males. The solid red line corresponds to the resident male and the red dashed line corresponds to the intruder male.

performed Wilcoxon tests (Zar, 2010) to determine possible differences between males in acoustic attributes. All statistical analyses were performed in R software (v. 4.3.1, R Core Team, 2023), using the plotrix and ggplot2 packages. Results are presented as means $\pm$ SE unless indicated otherwise.

The acoustic interaction lasted 1.28 min (MZFC-HEC4467, Fonoteca de Anfibios, Universidad Nacional Autónoma de México) and was composed of 20 calls, 10 from each male (Fig. 2). The notes number and the temporal attributes of the calls (duration and interval between calls) showed no significant

statistical differences between the two types of males (resident and intruder; Table 1), while peak frequency ($W = 76$, $P = 0.05$), minimum frequency ($W = 22$, $P = 0.04$), maximum frequency ($W = 100$, $P = 0.0002$), and bandwidth ($W = 100$, $P = 0.0002$) showed significant differences, although the variation in peak frequency was marginal.

The means of the three spectral attributes (peak frequency, maximum frequency, and bandwidth) were higher in the calls of the intruder male than in those of the resident male (Fig. 3A-C), while the minimum frequency was higher in the calls of

Tabla 1. Estadística descriptiva de los atributos acústicos similares del macho residente e intruso de *Rheohyla miotympanum*. Los parámetros de la prueba de Wilcoxon se muestran para las comparaciones de atributos entre machos.

Table 1. Descriptive statistics of the similar acoustic attributes of the resident and intruder male of *Rheohyla miotympanum*. Wilcoxon test parameters are also shown for attribute comparisons between males.

Male	Notes number	Duration (s)	Interval between calls (s)
Resident	3.3 $\pm$ 0.40	1.76 $\pm$ 0.30	7.16 $\pm$ 0.93
Intruder	3.4 $\pm$ 0.34	2.02 $\pm$ 0.29	7.07 $\pm$ 1.33
	$W = 51$, $P = 0.97$	$W = 56$, $P = 0.68$	$W = 39$, $P = 0.93$

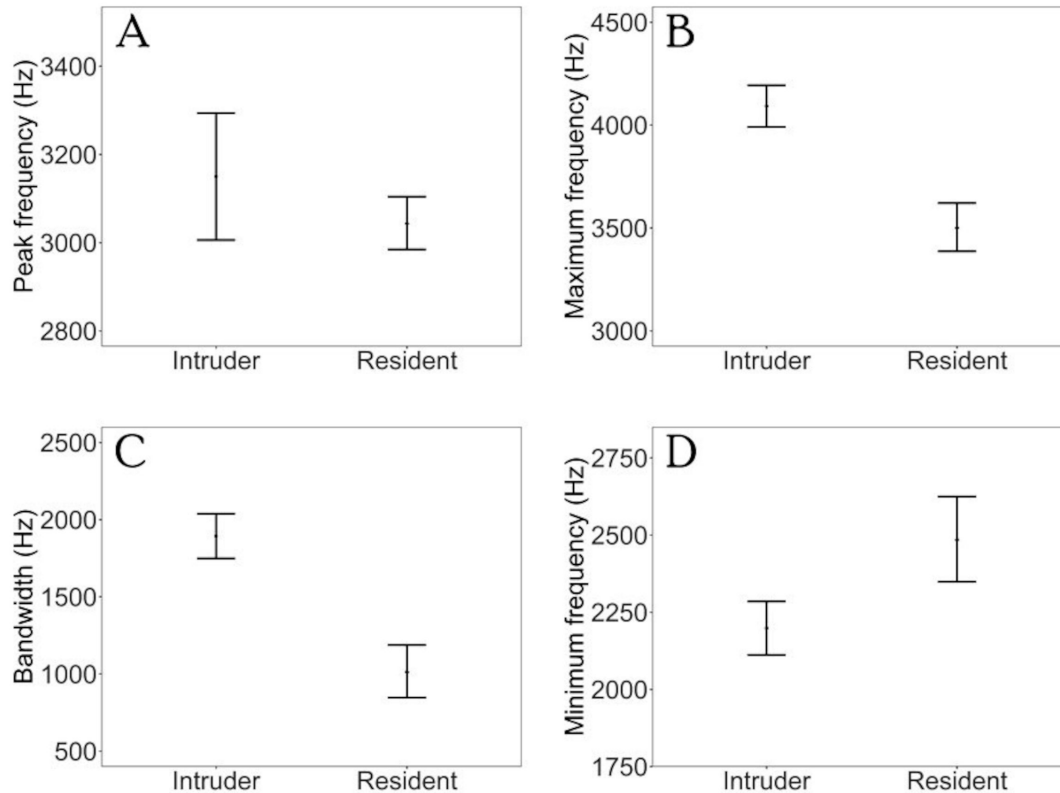


Figura 3. Variación en frecuencia dominante (A), frecuencia máxima (B), ancho de banda (C), y frecuencia mínima (D) entre el macho intruso y residente de *Rheohyla miotympanum*. Las barras de error representan intervalos de confianza al 95%.

Figure 3. Variation in peak frequency (A), maximum frequency (B), bandwidth (C), and minimum frequency (D) between the intruder and resident male of *Rheohyla miotympanum*. Error bars represent 95% confidence intervals.

the resident male than in those of the resident male (Fig. 3D). Despite these results, in this fight the resident male won (i.e., kept his perch site), which was slightly larger (SVL: 29.20 mm) and heavier (1.4 g) than the intruder male (SVL: 29.01 mm, BM: 1.2 g).

This observation suggests that males of *R. miotympanum* actively choose and defend (acoustically and physically) a perch site with specific characteristics (e.g., height above ground and near to stream), where they can attract mates. Therefore, according to Toledo et al. (2015), it is possible to subcategorize this aggressive call as territorial, due to the defense of the perch site, and fighting, due to physical contact between both males. In this hylid species, males are generally more abundant than females, so this territorial behavior may occur not only for the defense of calling sites but also for other resources, such as the limited number of receptive females during the reproductive season.

In the study area, approximately 80 cm away from these males, we found a female with visible eggs in her ventral cavity, indicating that she was probably reproductively mature and receptive. Future studies of the calling behavior of this and other anuran species with behavioral observations of calling individuals and assessment of the proximity and density of conspecifics (females and males) in a specific area could to determine the main causes of aggressive behavior (e.g., calling sites, feeding, females, acoustic space).

Acknowledgements.- We thank the authorities of Chilijapa and the Department of Ecology of Tepehuacán de Guerrero, for allowing us to carry out this study and supporting us with relevant information on the sites where the species inhabits. We thank Dr. Ronald A. Fernández Gómez for his assistance in obtaining the acoustic attributes of the aggressive calls of both males. We thank CONAHCYT for the scholarship granted to the first author of this paper (LATH, CVU: 1270883) for her master's studies at the Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. We

thank SEMARNAT for granting the scientific collection permit (SPARN/DGVS/04611/23) to carry out this study. We thank anonymous reviewers and José Manuel Serrano for their helpful comments that improved this work.

CITED LITERATURE

- Bioacoustics Research Program. 2023. Raven: Interactive Sound Analysis Software [Computer software]. Version 1.6.5. <https://ravensoundsoftware.com/>. The Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, New York, USA.
- Bogert, C.M. 1960. The influence of sound on the behavior of amphibians and reptiles. Pp. 137-320. In W.E. Lanyon & W.N. Tavolga (Eds.), *Animal Sounds and Communication*. AIBS, Washington, D.C., USA.
- Cocroft, R.B. & M.J. Ryan. 1995. Patterns of advertisement call evolution in toads and chorus frogs. *Animal Behaviour* 49:283-303.
- Cope, E.D. 1863. On *Trachycephalus*, *Scaphiopus* and other Batrachia. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia* 15:43-54.
- Dapper, A.M., A.T. Baugh & M.J. Ryan. 2011. The sounds of silence as an alarm cue in túngara frogs, *Physalaemus pustulosus*. *Biotropica* 43:380-385.
- Frost, D.R. 2023. 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. [Consulted in June 2023]
- International Union for Conservation of Nature and Natural Resources (IUCN). 2023. Amphibian specialist group. *Rheohyla miotympanum*, in: IUCN Red List of threatened species. <https://www.iucnredlist.org/species/55566/3030964> [Consulted in November 2023]
- Köhler, J., M. Jansen, A. Rodríguez, P.J.R. Kok, L.F. Toledo, M. Emmrich, F. Glaw, C.F.B. Haddad, M.O. Rödel & M. Vences. 2017. The use of bioacoustics in anuran taxonomy: theory, terminology, methods and recommendations for best practice. *Zootaxa* 4251:1-124.
- R Core Team. 2023. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>
- Rodrigues, D.J., T.S.F. de Souza & P.L. Filho. 2003. *Phyllomedusa sauvagii* (Painted-belly leaf frog). Physical combat. *Herpetological Review* 34:232.
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental- especies nativas de México de flora y fauna silvestre- 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.
- Toledo, L.F., I.A. Martins, D.P. Bruschi, M.A. Passos, C. Alexandre & C.F.B. Haddad. 2015. The anuran calling repertoire in the light of social context. *Acta Ethologica* 18:87-99.
- Tubaro, P.L. 1999. Bioacústica aplicada a la sistemática, conservación y manejo de poblaciones naturales de aves. *Etología* 7:19-32.
- Tunner, H.G. 1976. Aggressives Verhalten bei *Rana ridibunda*, *Rana lessonae*, und der hybriden *Rana esculenta*. *Zoologischer Anzeiger* 200:386-390.
- Wells, K.D. 1977a. The courtship of frogs. Pp. 233-362. In D. Taylor & S. Guttman (Eds.), *The Reproductive Biology of Amphibians*. Plenum, New York, USA.
- Wells, K.D. 1977b. The social behaviour of anuran amphibians. *Animal Behaviour* 25:666-693.
- Wells, K.D. 1988. The effect of social interactions on anuran vocal behavior. Pp. 433-454. In B. Fritzsch, M.J. Ryan, W. Wilczynski, T.E. Hetherington & W. Walkowiak (Eds.), *The Evolution of the Amphibian Auditory System*. Wiley, New York, USA.
- Wells, K.D. 2007. Anuran vocal communication. Pp. 268-337. In K.D. Wells (Ed.), *The Ecology and Behavior of Amphibians*. The University of Chicago Press, Chicago, Illinois, USA.
- Wogel, H., P.A. Abrunhosa, J.P. Pombal Jr. 2004. Vocalizations and aggressive behavior of *Phyllomedusa rohdei* (Anura: Hylidae). *Herpetological Review* 35:239-243.
- Zar, J.H. 2010. *Biostatistical Analysis*, 5th edition. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey. USA.

